Der Versuch, die Lücke zu schliessen : über die Vorfertigung im Bauprozess : von der Teilfertigung zum Ganzen

Autor(en): **Menz, Sacha**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Werk, Bauen + Wohnen**

Band (Jahr): **98 (2011)**

Heft 1-2: **Vorgefertigt = Préfabriqué = Prefabricated**

PDF erstellt am: **15.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-144948

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Der Versuch, die Lücke zu schliessen

Über die Vorfertigung im Bauprozess – Von der Teilfertigung zum Ganzen

Sacha Menz Der Gedanke einer ganzheitlichen Vorfertigung – in einem Atemzug vom Zeichenbrett zur Baustelle – bleibt auch 200 Jahre nach der «Erfindung» des industriellen Bauens weit entfernt von einer möglichen Realität.

Mit dem Begriff «Vorgefertigt» verbinden wir zunächst die industrielle und maschinelle Fertigung von Bauteilen. Diese kann auch in kleinen Serien manuell erfolgen. Die Vorfertigung von Bauteilen, ob nun maschinell oder manuell, ist in der geschichtlichen Betrachtung der Architektur kein Novum. Verschiedene Typen von vorgefertigten Bauteilen haben sich im Bauwesen etabliert: Als Teile des Tragwerks in Form von Stützen, Trägern und Tafeln; als Elemente der Verkleidung im Bereich von Fassaden und Hüllen oder als Einbauten, wie Nasszellen oder Küchenfertigteilen. Marcel Meili bemerkte 1985 in dieser Zeitschrift, dass wir in der Grosstafelbauweise von einem grossformatigen, konstituierenden Grundelement ausgehen, welches, mit wenig Varianten innerhalb eines gewissen Spielraumes, eine Kombinatorik von gegenseitigen Zuordnungen erlaubt.[1] Die Nahtstellen zwischen den Tafeln bilden Fugen, ein Netz von Kittbahnen also, das den Baukörper mit immerhin 20 mm Breite durchschneidet.

Die Grosstafelbauweise ist uns von den Plattenbauten sozialistischer Wohnbauprojekte aus der Nachkriegszeit her bekannt, und der Prozess der uniformen Herstellung und des repetitiven Fügens wird häufig von einem schalen Beigeschmack begleitet. Daneben zeigt die Geschichte, dass das Fügen von gleichmässigen, vorgefertigten Teilen durchaus architektonisch sensibel thematisiert werden kann.

Standards, Tektonik und Mechanisierung

Typen, die sich aus mustergültigen Lösungsansätzen entwickelten, sind als Standards in der Baukunst etabliert. Erste Beispiele finden sich in der Baukunst der Nomadenvölker: Vorgefertigte Stäbe wurden in der Herstellung der Tragstrukturen von Schutzbauten verwendet. Jeder Ortswechsel führte zur Demontage der

[1] Marcel Meili, Vorfabrikation – Entwerfen, in: wbw 11|1985, S. 50–51.

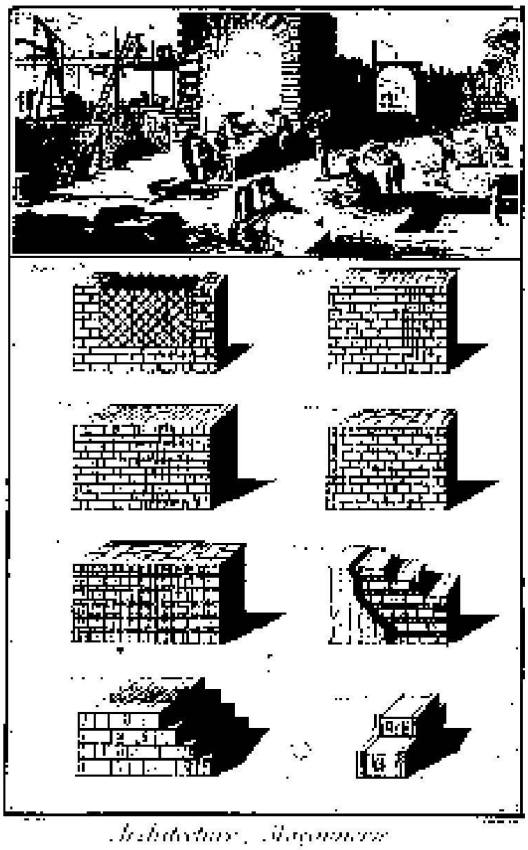
Bild: Sacha Menz

Zelte, um sie am nächsten Ort wieder aufzubauen. Man beschaffte sich für den Transport geeignete Elemente, die der damaligen Mobilität entsprachen. Lange Planungsphasen und Anleitungen waren unnötig und die Nomaden konnten sich auf über Jahrhunderte gewachsene Technologietransfers im Auf- und Abbau verlassen. Die Grundzüge des Bauens in Serie waren im Ansatz erfunden.

Das Entwickeln von Bausystemen, die dem Fügen von Einzelteilen folgend zu räumlichen Konstrukten und letztlich zu Gebäuden führen, beschäftigt Architekten gleichsam wie Ingenieure und Unternehmer. Die überraschende Einführung von im Hochbau anzuwendenden Serienfertigungen führte ab dem 19. Jahrhundert ebenso schnell auch zu deren Verwerfung, denn das Bauen gewann an gesellschaftlicher Bedeutung und positionierte sich als Bau-Kunst. Das Artefakt als Werk eines Autors stand über dem seriell Hergestellten. So waren es die Ingenieure – in ihrer Definition als Autoren zurückhaltender als ihre Architektenkollegen –, die das handwerklich entwickelte und gefertigte Bauteil in die Serienreife überführten und sich auf dessen Relevanz im Bauen beriefen. Dies zum Trotz der Architekten.

Gottfried Sempers Erkundungen über das Fügen regelmässiger und einheitlicher Bauteile zu einem System finden sich in «Der Stil». Am Beispiel eines Dachgebälks erkennt er den durchaus ernst zu nehmenden Prozess der Vorfertigung von Holzstäben, die von Zimmerleuten zu einem System gefügt, ein räumliches Gebälk beschreiben. Semper bezeichnet diesen Schritt als «Kunst des Zusammenfügens», der auch für andere Werke der Baukunst als massgebend festgehalten wurde und in den verschiedenen Phasen der Stilgeschichte seine Wirkung entfaltete.

Bausystem U70 Isocell von Angelo Mangiarotti, Brianza / Como, 1969. – Bild aus: Uta Hassler und Hartwig Schmidt (Hrsg.), Häuser aus Beton, Wasmuth Verlag, Tübingen und Berlin 2004.



Verschiedene Mauerwerks-Verbände. – Bild aus: Diderot d'Alembert, Encyclopédie, Paris 1751.

Im «Almanach d'architecture moderne» (1925) widmete Le Corbusier ein Kapitel dem Bauen in Serie und beschwor den neuen Geist des Bauens in der Suche nach Standards und nach Perfektion. Das Ungefähre fand seine Ablösung im Exakten und die Schönheit ihre Grundzüge in der Ökonomie. Die Ökonomie wurde zum Schlüssel des menschlichen Handelns und dieses wiederum fand seine Durchsetzungskraft in der Maschine. Ab jetzt verfügte der Mensch über ein Mittel zur Realisierung klarer Konzepte innerhalb einer vorgegebenen Reinheit. Der Widerstand gegen das Serienobjekt schien gebrochen und die Liebe zum Schönen und Perfekten war bestärkt.

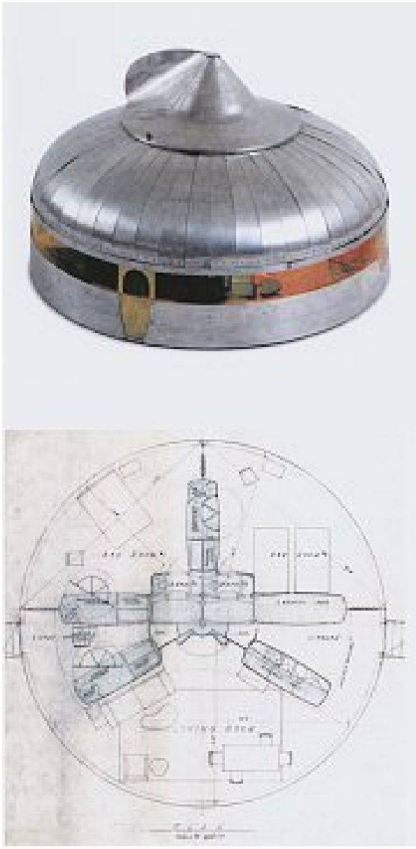
Im 18. Jahrhundert erfand Jacques de Vaucanson anhand der Dekomposition menschlicher Bewegungen und der darauf folgenden maschinellen Re-Komposition derselben einen Automaten, der das Musizieren von zwölf Liedern beherrschte. Die Beschreibung stammt aus Siegfried Giedions «Mechanization takes command» (1948). Sie dokumentiert die Anziehung zwischen dem Mirakulösen und dem Utilitaristischen. Den mechanischen Flötisten überliess Vaucanson der Pariser Akademie der Wissenschaften zur Prüfung. Mit dem mechanistischen Abbild, das mit beweglichen Lippen, einer Zunge zur Kontrolle der Luftzufuhr und beweglichen Fingern mit ledernen Spitzen die Öffnungen der Flöte steuerten, bedrängte er das katholische Weltbild des unersetzlichen Menschen. Doch Vaucanson ging noch weiter: Im Anschluss fertigte er aus mehr als tausend beweglichen Einzelteilen einen Automaten, der einer Ente glich, Körner schluckte und mit wackelnden Kopfbewegungen und der Verbreitung von Rauch nach einer Weile eine Art Entenkot ausschied.

Von Systemen zum vorgefertigten Haus

Der Automat steht sinnbildlich für eine Entwicklung, die der Mechanisierung den Boden bereitete; der seriellen Produktion stand nun nichts mehr im Weg. Vermehrt beschäftigten sich Ingenieure und Unternehmer mit den Folgen der Mechanisierung und entwickelten Bauteiltypen. Diese Typen wiederum liessen sich jeweils zu ganzen Bausystemen fügen und in der Folge tauchten komplette Tragwerksysteme, Deckenverkleidungssysteme, Fassadenmodule usw. auf. Architekten verfügten über die Virtuosität und Kompetenz, die vorgefertigten Systeme zu variieren, sie räumlich-architektonisch zu gliedern und zu einem Ganzen zu fügen. Doch die Bauteilsysteme blieben immer nur Teile des übergeordneten Systems Gebäude. Das System-Haus war noch nicht geboren. Es war die Suche nach dem

Treppe im Pavillon de l'Esprit Nouveau, ausgeführt durch «La Construction Tubulaire Soudée». – Bild aus: Le Corbusier, Vers une Architecture, Les Editions G. Crès et Cie, Paris 1924.

Enten-Automat von Vaucanson, zeitgenössische Fotografie aus dem 19. Jh., in: C. Spillemaecker, Vaucanson & l'homme artificiel, Presses universitaires de Grenoble, Grenoble 2010.



«Wichita House» von Buckminster Fuller. – Bild aus: Bergdoll B. Christensen, Home Delivery, Birkhäuser, Basel und Boston 2008.

ganzheitlichen System, die den Architekten Richard Buckminster Fuller antrieb, das Gebäude als integralen Typus zu verstehen und zu denken. Mit diesem Ansatz ging er über das Fügen einzelner Elemente hinaus. Mit der Entwicklung des «Wichita House» näherte sich Buckminster Fuller dem konstruktiven Prinzip der seriellen Fertigung von Gebäuden.

Er betrieb Bauforschung nicht unter Laborbedingungen. So ist auch das «Wichita House» als experimentelle Fassung eines Versuches der vereinheitlichten und seriellen, für die breite Masse bereitgestellten Produktion eines Gebäudetypus zu verstehen. Erfahrungen aus der empirischen Entwicklung des «Dymaxion-House» bildeten die Basis dazu. Am Ende waren es jedoch das Wissen, der Einfluss sowie die Erfahrung von Flugzeugingenieuren der Beech-Aircraft Inc., welche die Gedanken Buckminster Fullers 1947 in die Realität umzusetzen vermochten. In den Fünfzigerjahren beschäftigte sich John Entenza, Herausgeber von «Arts & Architecture» mit der Entwicklung ökonomischer Wohnbauten, den «Case Study Houses» in Kalifornien. Der von ihm finanzierte und von namhaften Architekten umgesetzte Modellversuch etablierte interessanterweise neue Formen des Wohnens, aber keine neuen allgemein anwendbaren Bausysteme. Die bauliche Umsetzung fand mittels bereits vorhandener Technologien vor Ort statt, gepaart mit handwerklicher Tradition.

Neben Buckminster Fuller und den Entwicklern der «Case Study Houses» war es Jean Prouvé, der sich mit der Suche nach einer standardisierten Gebäudestruktur beschäftigte. Prouvé erkannte die Fähigkeit von Architekten, bestehende Systeme zu variieren und in einen räumlichen Zusammenhang zu bringen. In seiner eigenen Produktionsfirma für Türen aus Stahlblech versuchte er die Produktionsprozesse zur Herstellung von vorgefertigten Gebäudeteilen aus Metall zu rationalisieren. Mit der Entwicklung der «Maison Tropicale» führte er ein vereinheitlichtes und mobiles Bausystems ein, das heute noch als Ikone im Fertigbau Bestand hat. Sein Interesse galt der seriellen und industriellen Fertigung von Bauteilen und der daraus abgeleiteten individuellen Anpassung von Bausystemen an verschiedene Typologien. Hier wie in den USA spielten neu entwickelte Fertigungstechniken aus der Flugzeugindustrie eine wesentliche Rolle. Der Zeitgeist war offen und neue Werkstoffe wie beispielsweise Aluminium vermochten sich auch in der Gebäudeindustrie zu etablieren.

Das Lösen der Tragstruktur von der Hülle und dem Innenausbau kann als eine der vielen Errungenschaften der Moderne betrachtet werden. Daraus entwickelten

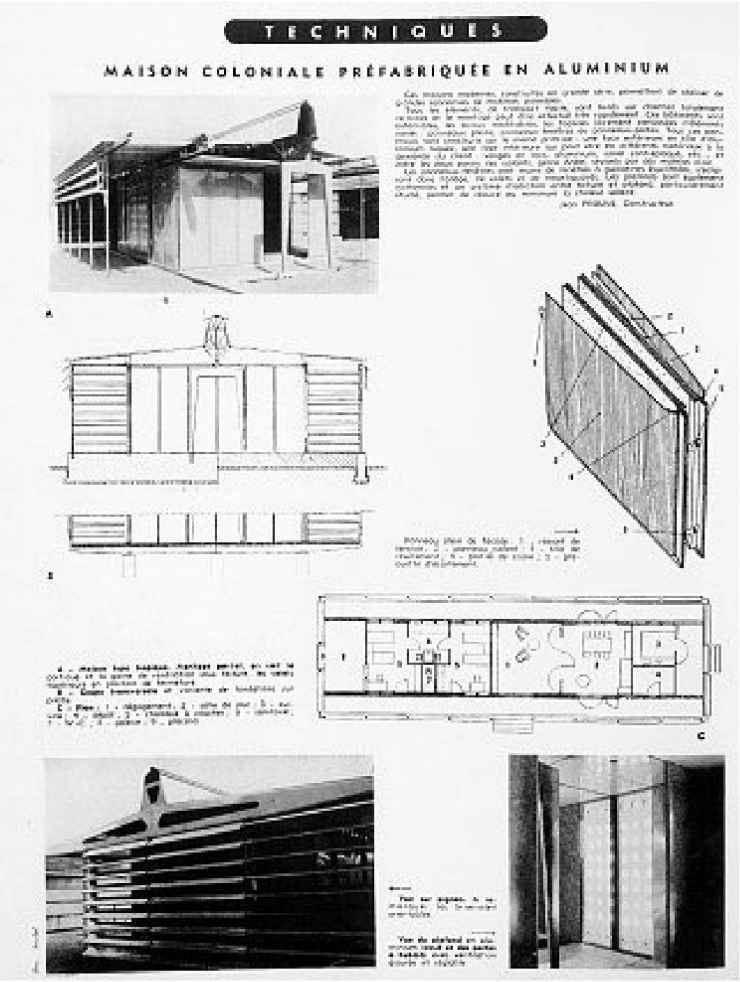
Craig Ellwoods Case Study House #17 (Beverly Hills, 1954–55) im Bau. Bild aus: H. Singerman (Hrsg.), Blueprints for Modern Living, Museum of Contemporary Art, Los Angeles 1989.

Jean Prouvé: Montage des Prototypen eines Hauses 6 x 6 für Kriegsgeschädigte, 1944–45 auf dem Gelände der Werkstatt in der Rue des Jardiniers in Nancy. – Bild aus: A. von Vegesack (Hrsg.), Jean Prouvé, Die Poetik des technischen Objekts, Vitra Design Stiftung, Weil am Rhein 2006.

sich neue Typen und Systeme, die in ihrer Multiplikation industriell hergestellte Produkte förderten und eine neue Art räumlicher und struktureller Definition in der Architektur einführten. Die Debatte fand unmittelbar nach dem Zweiten Weltkrieg wohl ihren ersten Höhepunkt. Es waren die neuen Bausysteme und die Typisierungen, mit Hilfe derer Architekten operierten und aus gleich geformten Teilen überraschende und klar gegliederte räumliche Kompositionen fügten. Der konstruktive Raster und das damit verbundene Arbeiten nach System sowie das repetitive Fügen aus standardisierten Typen gehören zu den Grundkompetenzen der modernen Architektur. Standards wie Schleuderbeton-Stützen, Holztafel-Elemente, Fassadenmodule, vorgefertigte Nasszellen und viele mehr kommen auf Baustellen laufend zum Einsatz. Sie alle unterwerfen sich einer konstruktiven Ordnung.

Den Versuch, architektonische Vorfertigung in eine Formel zu packen, finden wir in Kieran und Timberlakes Publikation «Refabricating Architecture» (2004). Qualität und Zweck eines Gebäudes stehen in ihrer Aussage direkt proportional zu Ausführungskosten und Erstellungsterminen. «Quality x Scope = Cost x Time». Qualität und Zweckzuweisung (Quality x Scope) sind wünschenswerte Aspekte, die grundsätzlich mit dem Begriff des Handwerks gelesen werden und in der Folge das Industrielle per se ausschliessen. Kosten und Termine (Cost x Time) sind hingegen eher als Grenzwerte zu betrachten und im Industriellen zu finden. Das heisst, dass zum Erreichen einer höheren Qualität und eines bestimmten Nutzens mehr Zeit und Geld einzusetzen ist. Die Vorfertigung kann diesem Axiom womöglich entgegenwirken, bis anhin aber nur auf der Ebene der Vorfertigung von Teilen und nicht innerhalb des gesamten Planungs- und Bauprozesses. Die vollständige industrielle Herstellung eines Gebäudes beschreibt eine neue, noch unerreichte Ebene.

Mit dem Begriff des industriell gefertigten Hauses, der vor rund 200 Jahren das erste Mal aufkam, sind wir lange nicht am Ende. Dem stetigen Wachstum verfallen, um in möglichst kurzer Zeit günstigen Wohnraum bereitzustellen, sucht die Bauindustrie nach neuen Methoden, den Bauprozess einerseits zu vereinheitlichen und andererseits – wie die einschlägige Immobilienbranche zu proklamieren pflegt – das Produkt zu individualisieren. Unter dem industriellen Prozess des Hausbaus verspricht man sich eine wesentlich reduzierte Bereitstellungszeit, tiefere Erstellungskosten und eine höhere Ausführungsqualität dank kontrollierbarer und sich ständig wiederholender Prozesse. Heute



Ausschnitt aus «Techniques et Architecture» no. 3–4, Décembre 1949. Bild aus: A. Pérez, Jean Prouvé, La Maison Tropicale, Centre Pompidou, Paris 2009.

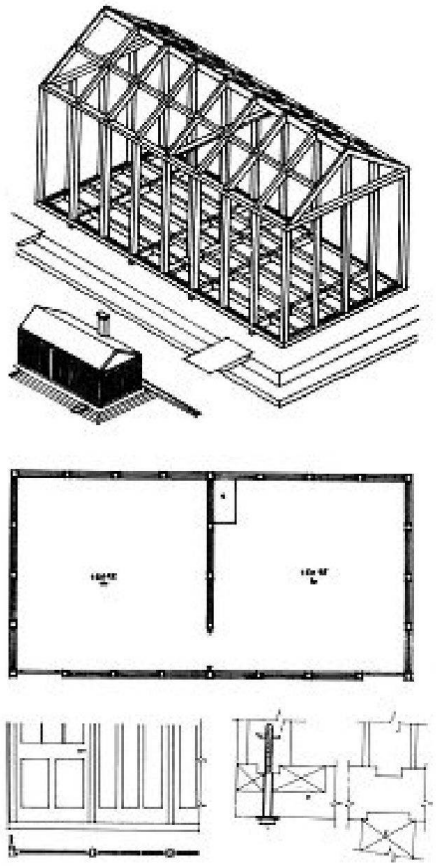
kommen die Aspekte der optimierten Stoffflüsse, der energetischen Betrachtung und der erwähnten Individualisierung hinzu. Auch wenn sich die Vorfertigung von Einfamilienhäusern vor allem in den USA zu einem Standard durchgesetzt hat, bleibt deren Produktion in geschützten Werkhallen doch eher handwerklich und die Grösse der Gebäude richtet sich nach der Breite und Durchfahrtshöhe der zu befahrenden Anfahrtswege. Dem gleicht die Industrie der Fertighäuser, die in Japan und Deutschland grosse Erfolge feiert. Auch sie ist weit vom Gedanken einer ganzheitlichen Vorfertigung entfernt. In einem weiteren Schritt geht es nicht mehr allein um das Aneinanderreihen von Teilen und der Überwindung der daraus resultierenden Fuge, sondern das Etablieren eines ganzheitlichen tektonischen Prozesses vor Ort und nicht im geschützten Bereich einer Werkhalle.

Die Lücke

In diesem Sinn besteht sie immer noch, die Lücke zwischen dem Entwurf und dem eigentlichen Bauen. Immer wieder waren und sind es vor allem Ingenieure, die den Versuch nicht scheuen, diese Lücke zu schliessen. In einem Atemzug vom Zeichenbrett zur Baustelle lautet hier die Devise, und Ziel ist es, Automaten aus Datensätzen der Planungsphasen zu füttern und zu steuern. Vaucanson hätte seine wahre Freude gehabt! Die frühen 1980er Jahre in Japan zeigten erste Versuche solcher Einsätze von Baurobotern in der Herstellung von einzelnen Bauteilen wie Wänden und das Versetzen von Stützen auf Baustellen. Zehn Jahre später folgt die japanische Bauindustrie mit dem Einsatz automatisierter Bausysteme (ABCS-Automated Building Construction Systems). Der Baufortschritt dieser Bauautomaten erfolgte in der Vertikalen. Die Automaten konnten Tragsysteme in Stahl verschweissen, Böden giessen und Wände versetzen. Der weitere Ausbau wurde traditionell durch Handwerker vor Ort gefertigt. In sieben bis neun Tagen wurden ganze Stockwerke von bis zu 900 Quadratmetern versetzt. Die Systeme setzten sich nicht durch, die Kosten der Entwicklung eines solchen Bauautomaten, der einmalig jeweils für ein Gebäude entwickelt wurde, rechneten sich nicht.

So gesehen bleibt der Gedanke eines durchgehenden Vorfertigungsprozesses, der die Produktion einer Raumzelle oder eines Gebäudes ermöglicht, bis anhin unübersetzt. Der Planungs-, Produktions- und Bauprozess ohne Lücken im Sinn einer direkten Umsetzung von Geplantem zum Vorgefertigten und daraufhin zu einem gefügten Ganzen, wie es die Automobilproduk-

«Losing Control». – Bild aus: S. Kieran und J. Timberlake, Refabricating Architecture, Mc Graw-Hill Companies, NYC 2004.



«Portable Colonial Cottage» von John Manning, ca. 1833. – Bild aus: G. Herbert, Walter Gropius und Konrad Wachsmann, The Dream of the Factory-Made House, MIT Press, Massachusetts 1984.

tion seit Toyota lebt, ist noch weit weg von einer möglichen Realität. Vereinzelt kommt die Idee des Einsatzes von Robotern innerhalb des Bauprozesses wieder auf, vor Ort oder im Werk. Tendenzen wie die digitale Fabrikation finden ihre Umsetzung in den Forschungshallen der Hochschulen und der Industrie. Sie begnügen sich zurzeit noch mit der Herstellung von einfachen Systemen wie Trägern, Stützen und Fassadenverkleidungen, also dem einzelnen Bauteil, ohne die Komplexität von integrierten Systemen zu überwinden. Bis anhin ist es noch nicht gelungen, ein komplettes und dichtes Wandmodul mit integrierten Öffnungen serienreif herzustellen, um es in Folge maschinell auf der Baustelle zu versetzen.

Vielleicht ist die Umsetzung der eben erwähnten Gedanken auch nicht entscheidend. Es werden auf keinen Fall Automaten sein, welche die zurzeit anstehenden Fragestellungen von Stadtentwicklungen sowie der Ein-Tonnen-CO_2-Emissionsgesellschaft lösen werden. Vielmehr scheint mir, als bewege sich die Zukunft der Vorfertigungstechnologien eher auf die Beantwortung stilistischer Fragen zu, um formalen Anforderungen zu entsprechen. Die Entwicklung von neuen Typologien, sei es im Wohnungsbau oder in gewerblichen Bauten, sollte uns mehr bewegen. Die besten Antworten hierfür liefert immer noch der Architekturwettbewerb als Beitrag innerhalb der architektonischen Forschung.

Sacha Menz ist ordentlicher Professor für Architektur und Bauprozess an der ETH-Zürich, Vorsteher des Instituts für Technologie in der Architektur und Mitinhaber des Architekturbüros sam architekten und partner ag in Zürich.

Vorfabrikation und Transport ganzer Häuser in den USA. – Bild: Sacha Menz

résumé **La tentative de combler la lacune** Au sujet de la préfabrication dans le processus de la construction – De la fabrication partielle à un tout Le développement de systèmes de construction qui, par l'assemblage de pièces détachées, mènent à des réalisations spatiales et finalement à des bâtiments, concerne aussi bien les architectes que les ingénieurs et les entrepreneurs. Mais nous sommes loin d'en avoir fini avec le terme de maison fabriquée industriellement, qui émergea pour la première fois il y a environ 200 ans. Même si la préfabrication de maisons familiales est devenu la norme aux Etats-Unis, leur production dans des ateliers abrités reste encore très artisanale et la taille de la maison dépend encore de la largeur et de la hauteur de passage des routes d'accès. L'industrie des maisons livrées clé en main, qui a beaucoup de succès au Japon et en Allemagne, y ressemble. Elle est aussi très éloignée de l'idée d'une préfabrication globale. L'étape suivante ne consiste plus seulement à assembler des éléments, mais à établir un processus constructif global sur place, en dehors du domaine protégé d'un atelier. En ce sens, la lacune entre le projet et le véritable acte de la construction existe toujours. On est encore très loin d'un processus de planification, de production et de construction continu, dans le sens d'une réalisation directe de ce qui a été planifié jusqu'à son exécution préfabriquée puis à son assemblage en un tout, selon un processus qui serait comparable à la production automobile telle qu'on la connaît depuis Toyota.

summary **Attempting to Close the Gap** On prefabrication in the building process – from partial fabrication to the whole The development of building systems in which individual parts are fitted together to make spatial constructions and, ultimately, buildings occupies architects as much as it does engineers and entrepreneurs. But with the concept of the industrially produced building that first surfaced about 200 years ago we have certainly not reached the end. Even though the prefabrication of single-family houses has, above all in the USA, become a standard process, their production in protected factory buildings still remains more like handcraft, and the size of the buildings is often determined by the widths and clear heights of the routes on which the several parts are brought to their destination. The same is true of the prefabricated house industry, which enjoys great success in Germany and Japan. It, too, is far removed from the idea of holistic prefabrication. In the next step to be taken the issue will no longer be just arranging the parts in rows but establishing a holistic tectonic process on site rather than in the protected area of a factory. In this sense the gap between design and actual construction still exists. The design, production and building processes without intermediate gaps, i. e. the direct translation of the plan into prefabricated parts and, subsequently, into a complete entity, which is the way cars have been produced ever since Toyota, is still far from being a potential reality. ■

Automatisierte Baustelle in Japan, Bauverlauf der ABCS (Automated Building Construction Systems). – Bild aus: M. Eidenbenz, P. Filipaj und S. Menz (Hrsg.), Changes, VDF Hochschulverlag, Zürich 2010.