

FERTIGTEILBAU IN CHINA

Friedrich Prem & Zhang Shecan

1. VORBEMERKUNG

Der ÖIAV hat sich in Zusammenarbeit mit WCCC World Construction Client Council dem Thema Industrialisierung des Bauwesens und der Fertigteilbauweise gewidmet. Aus dieser gemeinsamen Initiative entstand ein Praxis-Forum in Wien am 24.10.2019, das in einem eigenen Beitrag zusammengefasst wird.

Friedrich Prem bezeichnet in seinem durchaus provokanten Beitrag zur industriellen Vorfertigung die industrielle Revolution im Bauwesen als eine verpasste Chance.

China ist ein Land, dessen Bauwesen aus europäischer Sicht grosse Beachtung genießt. Die Bauvolumina, die Grösse und die Dynamik der Bauprojekte sind in China von einer Dimension, die in Europa undenkbar ist oder geworden ist.

Ein Vergleich zwischen der Entwicklung in China und Europa ist für die Leser/innen der ÖIAZ von hohem Interesse, auch

wenn er nur Teilaspekte betrachtet. In diesem Sinne verstehen wir zwei Beiträge, die im Wege der WCCC den ÖIAV erreicht haben und die wir in vollem Umfang im Mitgliederbereich unserer Webseite wiedergeben.

Hier in der ÖIAZ stellen wir die beiden Beiträge in Form einer Zusammenfassung vor:

1. Hintergrund und Stand der Entwicklung der Fertigteilbauweise in China

LI Congxiao, LIU Ruonan, ZHANG Jian, WANG Yu, HUANG Chen, GUO Zhipeng CCSTC, China Construction Science and Technology Group

2. Chancen und Herausforderungen für den Fertigteilbau in China

Entwicklung, Marktsegmente, technische Standards und Fallstudien, LU Qiu, 5+1 Werkhart Group, South-east University China



2. HINTERGRUND UND STAND DER ENTWICKLUNG DER FERTIGBAUWEISE IN CHINA

Die Autoren stellen die Entwicklungsgeschichte der Fertigteilbauweise in China dar und geben einen Überblick über Technologie, Normen und Entwicklung des Fertigteilbaumarktes in China.

Wesentliche Charakteristika des Fertigteilbaus sind standardisierte Planung, werksseitige Fertigung, montageartige Bauausführung, integrierte Innenarchitektur, IT-gestütztes Management und intelligente Anwendungen zur Verlagerung von vor-Ort-Arbeiten in Fabriken.

Die Entwicklungsgeschichte der Fertigteilbauweise in China beginnt bereits in den 1950er Jahren und setzt sich konsequent bis heute fort. In den 1990er Jahren bahnte sich eine rasante Entwicklung der Immobilienwirtschaft in China an. Die herkömmliche Wohnungswirtschaft wurde mit Hilfe moderner Wissenschaften und Technologien beschleunigt umgestaltet. 2007 wurde ein gemeinsames Zentrum für Forschung und Entwicklung von der Vanke-Gruppe und der Firma BYPC (Beijing Yugou Precast Concrete Engineering) errichtet. Die Tsinghua-Universität und die chinesische Akademie für Bauforschung CABR führten zahlreiche Tests hinsichtlich des Erdbebenschutzes durch. Standardwohnungsbautypen wurden entwickelt. Normen für ein monolithisches Struktursystem in Fertigteilbauweise wurden bekannt gegeben.

Die Entwicklung des Bauwesens erfolgt in Fünfjahresplänen. Das Ministerium für Wohnungsbau MoHURD förderte und identifizierte integrierte Pilotstädte auf nationaler Ebene. Lokale Regierungen initiierten Begünstigungen, so dass der Fertigteilbau in China schnell zu wachsen begann.

Fertigteilbauten setzen sich aus vorgefertigten Elementen und Baugruppen zusammen, aus Beton, Stahl oder Holzkonstruktion. Der Schwerpunkt der Modernisierung der Wohnungswirtschaft lag und liegt auf der Organisation der gesamten Wertschöpfungskette und auf dem Entwicklungsprozess im gesamten Lebenszyklus. Es geht um die Bündelung und Optimierung von Ressourcen aller Segmente unter Einbindung aller Akteure.

Vergesellschaftete Produktion, hohe Arbeitsteilung und Zusammenarbeit in der Gesellschaft zeichnen diese Wertschöpfungskette aus. 2013 leitete der Staatsrat den „Aktionsplan Grünes Bauen“ (Green Building Action Plan) ein, der vorsieht, das Normensystem in den Bereichen Konstruktion, Bauausführung und Bauteilherstellung zur Förderung der Industrialisierung des Bauwesens beschleunigt aufzubauen. Eine grössere Auswahl von Normteilen war zu bieten, um die Universalität und Einsetzbarkeit zu verbessern.

2015 wurde auf der zentralen Konferenz über Stadtarbeit gefordert, die Fertigteilbauweise zu verbreiten. Entsprechende Anleitungen wurden erlassen. Die Modernisierung der Wohnungswirtschaft und die Realisierung von bezahlbaren Bauprojekten für Wohnungen stellen ein wichtiges Instrument der Regierungen aller Ebenen in China dar.

Typisches Konstruktionselement ist das Fertigbausystem mit Scherwandkonstruktion, jenes mit Rahmenkonstruktion und jenes mit Rahmen-Scherwandkonstruktion.

Bei der **Scherwandkonstruktion** dient die aussteifende Wandscheibe auch als Trennwand. Es gibt keine Balken, aber aussenliegende Säulen. Je nach Vorfertigungs- und Anschlussart der wesentlichen kraftaufnehmenden Bauelemente lässt sich das Fertigbausystem mit Scherwandkonstruktion unterteilen in

- » monolithisches Fertigbausystem
- » System mit Verbund-Scherwandkonstruktion
- » System mit mehrschichtiger Scherwandkonstruktion

Immer werden Fertigteile mit nachträglich einbetonierten Strecken verbunden. Nur die Verbindung von horizontalen Bewehrungsstäben erfolgt unterschiedlich. Einige charakteristische Abbildungen zeigen typische Verbindungen wie z.B. bei vertikalen Bewehrungsstäben durch Muffenstösse mit Vergussmörtel, das in China am weitesten verbreitete System.

Die Verbindungssysteme unterscheiden sich von Unterneh-

men zu Unternehmen. Vertikale Bewehrungsstäbe werden auch durch Übergreifungsstösse mit spiralförmigen Bügeln und eingemörtelten Ankern verbunden, wobei die Fugen mit Vergussmörtel verfüllt werden.

Andere Unternehmen verwenden eine von Australien übernommene Verbindungstechnik durch Übergreifungsstösse mit Metallfaltbälgen und eingemörtelten Ankern.

Scherwand mit Verbundplatten wird bei mehrgeschossigen Häusern, nicht jedoch bei Hochhäusern eingesetzt und nur bei niedriger Erdbebenintensität. Die Verbund-Scherwand ist hinsichtlich ihrer Schubtragfähigkeit weniger belastbar als andere Fertigteil-Scherwände oder Ortbeton-Scherwände in gleicher Dicke. Nachträglich einbetonierte Randelemente verbessern die Lastabtragung.

Die mehrschichtige Scherwandkonstruktion wird zur Zeit eher wenig angewandt, hat aber wegen ihrer hohen Effizienz und Einfachheit vielversprechende Aussichten mit der Entwicklung der neuartigen Urbanisierung.

Das **Fertigbausystem mit Beton-Rahmenkonstruktion** ist in den letzten Jahren in China entstanden. Technologien aus Japan sind eingeflossen. Dieses System ist geeignet für mehrgeschossige Häuser oder nicht allzu hohe Hochhäuser. Es findet vor allem bei Werkhallen, Lagerhäusern, Kaufhäusern, Parkhäusern, Bürogebäuden, Unterrichtsgebäuden, Krankenhäusern und Geschäftsgebäuden seine Anwendung. Diese Bauten verlangen grosse offene Räume mit relativ flexiblen Anordnungsmöglichkeiten von Innenräumen.

Der Betonfertigrahmen mit nachträglichem Betonieren in Anschlusszonen ist sehr verbreitet. Fertigteilbalken und Fertigteilsäulen werden eingesetzt. Längsbewehrungen in Balken werden in Balken-Säule-Anschlusszonen übergreifend oder verankert verbunden. Aus Frankreich wurde das Scope-System mit Einsatz von Spannbeton-Fertigteilbalken und Verbundplatten übernommen. Diese Konstruktionssystem wurden von Chinesen weiterentwickelt und ausgereift. Ein Beispiel dafür ist das PPEFF-System (Precast Prestressed Efficient Fabricated Frame). Die Montage ist ähnlich effizient wie bei Stahlkonstruktion. Die seismischen Anforderungen sind erfüllt.

Bei der **Fertigteil-Rahmen-Scherwandkonstruktion** werden die senkrechte und waagrechte Krafteinwirkung von Rahmen und Scherwand gemeinsam aufgenommen. Sowohl Scherwand als auch Rahmen lassen sich flexibel anordnen. Grosse Räume und grössere Anwendungshöhe werden ermöglicht. Unterschiedliche Gebäudefunktionen können erfüllt werden. Bei zentraler Anordnung der Scherwände entsteht eine Rahmen-Kernschacht-Konstruktion. Der Schacht hat eine hohe Struktursteifigkeit und Tragfähigkeit und dient als vertikaler Verkehrskern für Treppen und Aufzüge.

Die Rahmenkonstruktion am Rand des Gebäudes bildet ein zweites System gegen Seitenkraft. Zwischen Rahmen und

Kernschacht entsteht ein grösserer, nutzbarer Freiraum. Diese Konstruktion ist gut geeignet für Hochhäuser und Wolkenkratzer, Büro-, Hotel-, Appartement- und Mehrzweckgebäude.

Die Autoren befassen sich auch mit Fertigbausystemen in **Stahlkonstruktion**, wobei die Stahlbauteile in Fabriken vorgefertigt werden. In letzter Zeit kommen diese wieder vermehrt zum Einsatz. Es hat sich das integrierte Haus entwickelt, das Konstruktion, Wärmedämmung, Schallschutz, Wasser, Strom, Heizung, Lüftung, Energieeffizienz, Intelligenz und hochwertige Innenarchitektur vereint. Die Inneneinrichtung erfolgt werksseitig und wird auf der Baustelle montiert. In etwa 25 Tagen kann ein gesamtes Gebäude beträchtlicher Grössenordnung zusammengebaut werden.

Die Holzressourcen haben sich in China stark verringert, dennoch kommt moderne **Holzbautechnik** zum Einsatz, insbesondere für kleinere Bauten und Villen.

Zuletzt geben die Autoren einen Überblick über die wichtigsten Normen Fertigteilbau in China und beschreiben die laufende Forschung und Entwicklung. Wassereinsparung, Regenwassernutzung, Recycling von Bauabfällen und Entsorgung sind Gegenstand der Forschung. Integrierte Technologien steigern Qualität und Leistung.

Eine Grafik zeigt den dynamischen Anstieg von 2012 bis 2017. Zahlreiche sektorale Verzweigungen und spezifische Bedürfnisse in neuen Marktsegmenten bestimmen die Wertschöpfungsketten. Mehr als 1.500 Unternehmen befassen sich mit der Konstruktion und Ausführung von Fertigteilbauten, unterteilt in Planer (Architekten), Bauunternehmen und industrielle Hersteller.

Zuletzt wird auf Unterschiede zwischen Nord- und Südchina eingegangen, wobei insbesondere klimatische Bedingungen Baukonstruktion und Bauweise spezifisch beeinflussen.

China formuliert auch Entwicklungsziele für Fertigbauweise. Es wird angestrebt, in etwa 10 Jahren einen Anteil von 30% von Fertigteilbau an Neubauplänen zu erreichen. Gesetzliche und rechtliche Vorschriften, technische Normen und das Aufsichtssystem werden schrittweise vervollständigt. Die konkreten Ziele finden sich im 13. Fünfjahresplan von 2016 bis 2020 und werden dementsprechend für die nächste Periode wieder fortgeschrieben.

Regionale Entwicklungsziele für Städte und Provinzen werden ebenso formuliert wie für die nationale Politik. Auch Hindernisse bei der Entwicklung der Fertigteilbauweise in China werden kurz angesprochen. Der Markt ist noch nicht gross genug und die vor- und nachgelagerte Wertschöpfungskette noch nicht ausgereift. Modulare und generell harmonisierte Gestaltungs-, Produktions- und Installationsstandards fehlen bisweilen wie z.B. für Mechatronik, Innenarchitektur, Einrichtung und Zubehöre.

Weitere politische Steuerungsmassnahmen zur Entwicklung des Fertigteilbaus sind noch erforderlich, das Aufsichtssystem ist noch weiter zu harmonisieren. Die technische Forschung und Entwicklung könnten noch systematischer erfolgen. In der Forschung werden einzelne Technologien betont, wobei gesamthafte Forschung sinnvoll wäre. Auch die Produktauslegung und ganzheitliche Konzeptionierung sollte weiterentwickelt werden, ebenso wie die Vielfalt der architektonischen Entwürfe. Fachkräfte fehlen, der Fachkräftemangel verschärft sich weiter.

In Summe wird die Entwicklung als noch in der Anfangsphase befindlich beschrieben.

3. CHANCEN UND HERAUSFORDERUNGEN FÜR DEN FERTIGTEILBAU IN CHINA

Entwicklung, Marktsegmente, technische Standards und Fallstudien

Der Autor beschreibt die unterschiedlichen Gründe für die Industrialisierung des Bauwesens in China, Europa und den USA. Die dynamische Entwicklung von Neubauwohnflächen in chinesischen Städten hat zu einem Urbanisierungsgrad von ca. 60% geführt. Drei Gründe werden genannt, die Industrialisierung des Bauwesens und den Fertigteilbau in China tatkräftig zu fördern

- » die herkömmliche Bauweise verbraucht viele Ressourcen und verursacht viel Bauschutt und Umweltbelastung; die Nachhaltigkeit ist zu verbessern
- » nach 40 Jahren rasanter Entwicklung erheben Verbraucher und Bauinvestoren Anspruch auf Bauprodukte von höherer Qualität; qualitativ hochwertige Bauprodukte aus moderner industrieller Herstellung, die Bedürfnisse nach ökologischen, kulturell interessanten, intelligenten und lebenswerten Produkten erfüllen
- » die politischen Entscheidungsträger sehen in der Industrialisierung des Bauwesens und im Fertigteilbau eine unabdingbare Voraussetzung für die Umwandlung der Bauwirtschaft von einem Hochgeschwindigkeitswachstumsmodell in eine Qualitätsentwicklungsphase.

Angemessene Unterstützungsmaßnahmen und Fördermechanismen wurden festgelegt, Industrieressourcen und Sozialkapital in diese Sektoren eingeführt.

Die bis 2020 gesetzten Ziele scheinen erreicht zu werden. Mit ca. 630.000 Mio. m² verbauter Fläche an Fertigteilbauten entspricht dies etwa der zehnfachen gesamten fertiggestellten Baufläche in Deutschland im Jahr 2017.

Ca. 200 Unternehmen (Stand 2017) sind als industrielle Stützpunkte für die Fertigteilbauweise anerkannt. Die Zahl der Unternehmen im ganzen Land, die sich tatsächlich mit Forschung, Konstruktion, Herstellung und Installation von

Fertigteilbau beschäftigen, übersteigt diese Zahl bei weitem. In China versteht man unter Fertigteilbau nicht nur die Bauweise mit Herstellung in Werkhallen und Montage auf der Baustelle, sondern auch die Montagequote für Innenarchitektur und Innenausstattung.

Lt. Statistik vom Dezember 2018 der China Concrete and Cement Products Association verzeichnen die chinesischen Betonfertigteilwerke ein explosionsartiges Wachstum. Im Laufe dieses Jahres sind 300 neue Werke und 500 Produktionslinien entstanden, im Überwiegenden für den Wohnungsneubau.

Als Beispiel werden Unternehmensgruppen angeführt, die in China und in Übersee 100 Forschungs-, Entwicklungs- und Produktionsstandorte betreiben und tausende Projekte erfolgreich abgeschlossen haben.

Ein typisches Beispiel ist eine Investition von 500 Mio. RMB in zwei vollautomatische Produktionslinien nach deutscher Lizenz für die Herstellung von Verbundplatten mit einer zentralen Prozess-Steuerung. Dazu kommen eine automatische Stahlverarbeitungslinie eines italienischen Unternehmens sowie zwei vollgeschliffene umweltfreundliche Betonfertigstellungsanlagen eines Schweizer Unternehmens. Für den gesamten Produktionsprozess wurde ein Cloud-Informationssystem mit 5D-BIM-Anwendung implementiert. Jährlich werden ca. 1 Mio. m³ Betonprodukte hergestellt, wie z.B. Verbund-Scherwände, Verbundplatten, Treppen, Balkone, Erker etc.

Der Autor beschreibt auch die Stahlkonstruktion, die sich besonders für die Fertigteilbauweise eignet, bis hin zu Wolkenkratzern und Stahlkonstruktionen mit großer räumlicher Spannweite. Die Marktnachfrage wächst rasant, ebenso wie die Zahl der Hersteller und Bauunternehmen. Manche chinesischen Gesellschaften haben mehr als 1.000 solcher Projekte in 50 Ländern realisiert.

Eine andere typische Ausformung von Stahlkonstruktionen sind kaltgeformte, dünnwandige Profilstahlstrukturen. Diese Leichtbaukonstruktionen fanden in geringem Umfang bei der Immobilienentwicklung Anwendung.

Ein weiteres Einsatzgebiet ist die Innenarchitektur. Durch die Fertigteilbauweise können viele „nasse“ Arbeitsvorgänge vermieden werden. Dadurch steigt die Qualität. Vorgefertigte Bauteile für die Innenarchitektur werden in Werkhallen hergestellt und komplett auf die Baustellen ausgeliefert. Dabei geht es um Wände, Decken, Fußböden, integrierte Küchen und Sanitäranlagen.

Die Abhängigkeit von traditionellen Handwerkern wird überwunden, und damit die Ressourcenknappheit. Charakteristika sind standardisierte Planung, werksseitige Fertigung, Montage vor Ort und digitale Koordination von Bauteilen.

Durch die Produktionsweise in Fabriken wird die traditionelle Handarbeit aufgewertet. Qualität und Bauzeit hängen

nicht mehr nur von der Geschicklichkeit des Baupersonals im traditionellen Verfahren ab. In China mangelt es an hoch qualifizierten Handwerkern.

Die Innenarchitektur mit Fertigteilen erleichtert auch Wartung und Reparatur. Die systematische Trennung von Rohrleitungen und Konstruktion ermöglicht eine flexible Anpassung von Räumen, ohne die Hauptstruktur des Bauwerkes zu beschädigen oder Gefahren verbergen zu müssen. Ersatzteile für kleine Reparaturen stehen jederzeit zum Austausch bereit.

Es wird darauf geachtet, dass die Materialien der Bauteile wasserdicht, brandsicher und ölbeständig sind.

Es gibt auch einige Nachteile zu berichten. Einer davon ist der hohe Investitionsbedarf sowohl in Forschung und Entwicklung als auch in die Produktion, aber auch in Logistik und Informationsmanagement.

Ein anderes Thema können Fugen sein, die in Abhängigkeit von der Wandstruktur deutlich sichtbar bleiben.

Um solche Nachteile zu lindern, wird geforscht, sowohl in Verfahren, als auch in Materialien wie z.B. Trockenverfahren oder Ersatz von Zementsubstraten durch Metallsubstrate. Der konsequente Einbau von Subsystemen wie Fussbodenheizung, Türsystemen, Wasserversorgung, Abwasserentsorgung, Drainage und Küchensystemen führt zu systematischer Qualitätsverbesserung.

Auch auf Holzkonstruktionen, die traditionell in China herausragende Bauwerke haben entstehen lassen, wird eingegangen. Heute hat Holz nur einen eher kleinen Anteil im Städtebau, allerdings wächst das Interesse.

Der Autor geht auf Fragen der Definition für den Fertigteilbau ebenso wie auf öffentliche Förderungen ein. Ein wesentliches Thema ist die Integration von Gebäudehülle, Hauptkonstruktion und mechatronischer Ausstattung. Dafür sind entsprechende Anforderungen zu erfüllen, die in Form von Beurteilungskriterien formuliert sind.

Die wichtigsten technischen Standards für den Fertigteilbau in China werden beschrieben. Eine Kontroverse über die Förderung von Fertigteilbauweise in China wird abgehandelt. Wichtige Fallbeispiele für den Fertigteilbau werden beschrieben und illustriert, Details dazu siehe auf unserer Webseite www.oiaz.at.

Im Fazit verweist der Autor darauf, dass eine Studie über die geforderten Standards europäischen Unternehmen dabei helfen wird, die technischen Anforderungen und das Kompetenzniveau des Fertigteilbaus in China zu verstehen, Marktchancen zu erkennen, und damit Design-Arbeiten und technische Zusammenarbeit optimal zu gestalten.

Die meisten Sachverständigen in China betrachten den Fertigteilbau bzw. die Industrialisierung des Bauwesens als die richtige, zukunftsorientierte Entwicklung für die chinesische Bauindustrie.

