



Aufgenommen auf dem Lagerplatz der
Stüssi Betonvorfabrikation Dällikon,
einer der grössten Anbieter der Schweiz.
(Bild: Francesca Giovannelli)

Industrielles Bauen = Vorfertigung + ?

Der Paradigmawechsel in der Bauwirtschaft wird geprägt durch die Veränderung der Kundenbedürfnisse. Ist es im traditionellen Baumarkt noch ausreichend, klar definierte Leistungen im Preiswettbewerb bereitzustellen, verlangen die Kunden zunehmend Systemleistungsangebote als kundenspezifische Lösung für die Erfüllung ihrer Bedürfnisse. Zur Realisierung von Systemleistungen sind erhöhte Anforderungen an die Bauprozesse in Bezug auf Durchgängigkeit und kontinuierliche Wertschöpfung zu stellen. Industrielles Bauen stellt die Prozesse und Systematiken hierfür bereit.

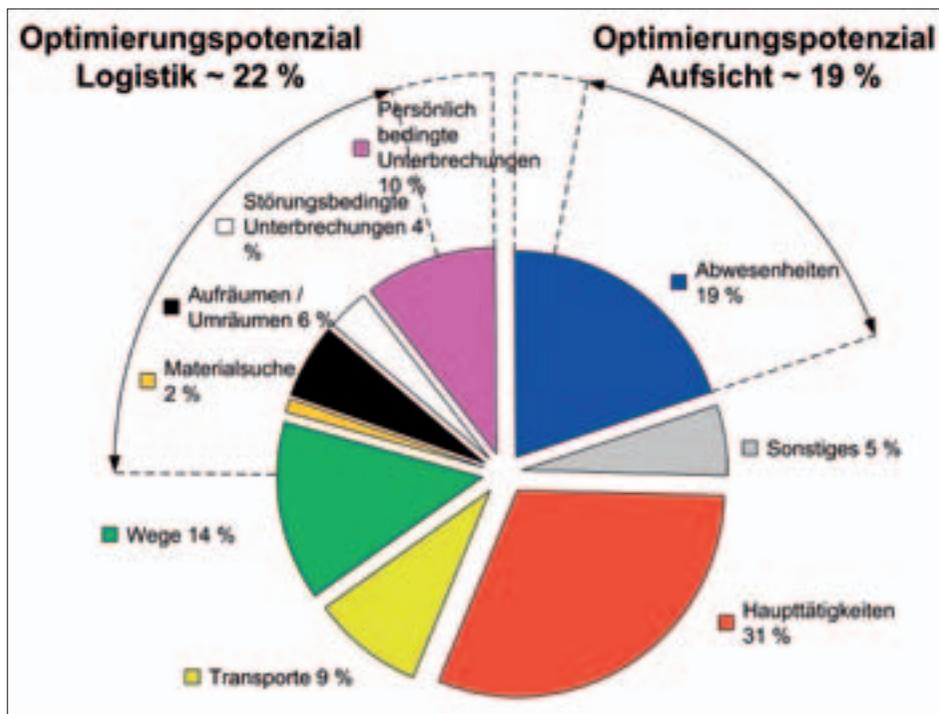


Bild 1: Potenziale zu Kostensenkung: Nutzung der Arbeitszeit².

Systemleistungen sind also ganzheitliche, lebenszyklusoptimierte und wirtschaftlich herstellbare Lösungen, die die Kundenbedürfnisse optimal erfüllen und über eine reine Ressourcenbereitstellung von Arbeitskräften und Material weit hinausgehen. In allen Industriezweigen werden materielle Produkte, wo immer es die Randbedingungen (Art des Produktes und Einsatz- bzw. Verwendungsort) erlauben, unter kontrollierten Bedingungen im Schutz der Fabrik durch automatisierte Fertigungs- und Produktionsanlagen hergestellt. Mit zunehmender Berücksichtigung der Kundenwünsche wurde die ursprünglich auf Massenproduktion ausgerichtete Fabrikfertigung weiterentwickelt und auf andere Produktionstypen wie Mass Customization umgestellt. Auch für Gebäude bestehen grosse Potenziale der industriellen Fertigung für straffe Bauproduktionsprozesse mit vergleichsweise kurzen Realisierungszeiten gegen-

über der traditionellen Vor-Ort-Bauweise (Bild 1).¹ Diese Potenziale lassen sich umso mehr ausschöpfen, je mehr Prozesse unter kontrollierten Bedingungen offsite durch automatisierte Fertigung in der Fabrik ausgeführt werden.

Entwicklung seit den 70er-Jahren – von der Serien- zur Einzelfertigung

Die industrielle Vorfertigung von Betonbauteilen war bereits in den frühen 70er-Jahren in vielen Ländern Europas verbreitet. Insbesondere im Wohnungsbau wurden standardisierte Elemente in der Trag- und Fassadenkonstruktion als Serienprodukte hergestellt, um den hohen Nachfragebedarf nach bezahlbarem Wohnraum³ zu decken. Die reduzierte Anzahl an Elementvariationen und deren Standardisierung ermöglichte es, kostengünstig Wohnraum bereitzustellen. Im Ergebnis führte die Serienproduktion zur Deckung des Wohnraumbedarfes und zu Grossraumsiedlungen

aus uniformen Gebäudetypen und Gebäudesystemen, die das heutige Bedürfnis nach individuellem Wohnraum jedoch nicht mehr erfüllen und dem Verständnis von urbanem Leben nicht mehr entsprechen. Denn mit der Verbesserung der Wirtschaftslage in Europa wuchs auch das Bedürfnis nach individuellem, architektonisch anspruchsvollerem Wohnraum. Diese Fokussierung auf die Kundenbedürfnisse ist der zentrale Aspekt industriellen Bauens. Um diese Kundenorientierung wirtschaftlich erreichen zu können, müssen industrielle Herstellungsverfahren wie Mass Customization in den Bauprozess integriert werden.

Entwicklungen durch neue Technologien

Die Möglichkeiten der Technologisierung im Bauwesen nehmen sowohl offsite wie auch onsite kontinuierlich zu.⁴ Leistungsfähige Softwarelösungen sind heute für die Umsetzung von Ideen in eine vorfertigungsfähige Planung samt Datenpool und Objektinformationsdatenbank (Building Information Modeling – BIM) verfügbar. Die Planung kann bereits dreidimensional erfolgen, alle erforderlichen Gewerke umfassen und eine produktionsgerechte Elementierung berücksichtigen. Auch die Automatisierung von Betonfertigteilanlagen entwickelt sich seit mehr als 20 Jahren.⁵ Palettenumlaufsysteme mit Magnetschalungssystemen, Schalungs-, Entschalungs- und Bewehrungsrobotern, die Automatisierung des Materialtransportes⁶ sowie Optimierung der Prozesssysteme⁷ ermöglichen insgesamt deutlich effizientere Herstellprozesse⁸.

Neue, leichter zu verarbeitende, hochfeste, ultraleichte oder sogar diffus transparente Betone, alternative Bewehrungs- und Verbindungssysteme und Automatisierungslösungen verschaffen dem Baustoff Beton und seinen Verarbeitern neue Möglichkeiten und Perspektiven. Die Materialforschung und die Entwicklung des Betons von Drei-Stoff-System (Zement, Wasser, Zuschlag) zum Fünf-Stoff-System (Zement, Wasser, Zuschlag, Betonzusatzmittel, Betonzusatzstoffe) führen dabei einerseits zu Innovationssprüngen hinsichtlich der Betoneigen-



Bild 2: Sichtbare Optimierungspotenziale im Neubau.

schaften, andererseits aber auch zu höherem Know-how-Bedarf bei der Optimierung des Betons auf den gewünschten Einsatzzweck während der Planungsphase und bei der Verarbeitung während der Ausführungs- bzw. Herstellungsphase. Diesen höheren Anforderungen können kontrollierte Fertigungsbedingungen besser gerecht werden. So wird sich auch der Kernbereich der Betonfertigteilbranche, die Betontechnik und Betontechnologie, in den nächsten Jahren enorm weiterentwickeln und führt zu neuen Potenzialen und Herausforderungen für die Betonfertigteilwerke in der Schweiz.

Industrielles Bauen – (k)ein alter Hut?

Industrielles Bauen wurde also bisher hauptsächlich mit der Vorfertigung von (Beton-) Elementen verknüpft. Industrielles Bauen, reduziert auf diese Vorfertigung ist tatsächlich ein «alter Hut». Doch manchmal wird selbst ein «alter Hut» durch noch ältere oder gar keine ersetzt (Bild 2).

Industrielles Bauen darf nicht auf die Vorfertigung allein reduziert werden, sondern muss in einer ganzheitlichen Sichtweise weit umfassender betrachtet werden. Industrielles Bauen betrifft nicht nur die Automatisierung einzelner Arbeitsschritte,

sondern auch das Produkt und die gesamte Wertschöpfungskette.

Dazu gehören die ganzheitliche Produkt- und Prozessoptimierung, um eine hohe Produkt- und Produktionseffizienz unter Berücksichtigung der industriellen Prozessgestaltung (stetig wertschöpfungsorientiert) und der Mass Customization (systematisiert, standardisiert, rationalisiert und flexibilisiert) zu erreichen.

Eine Prozessgestaltung in industrieller Weise bedeutet:

- die Umsetzung ganzheitlichen Denkens vom Gebäude als das Produkt der Bauwirtschaft und die Planung des Gesamtprozesses
- die Integration von Planung und Produktion, d. h. die Abstimmung der Planung auf die Produktion und die Berücksichtigung produktionsrelevanter Sachverhalte in der Planung
- die Sicherstellung eines kontinuierlichen Informationsflusses, z. B. durch die digitale Kette mit BIM. Die digitale Kette mit BIM führt dabei die relevanten Informationen zusammen und stellt diese räumlich unabhängig zu jeder Zeit den betreffenden Akteuren zur Verfügung



Bild 3: Automatisierte Fertigung von Betonelementen⁹.

Mass Customization

Die Umsetzung Industrieller Prozesse darf nicht nur auf die Planungs- oder auf die Ausführungsphase beschränkt werden. Gerade industrielle Prozesse beinhalten die Vereinigung von Planung und Ausführung (Produktion). Die Planung muss mit dem Ergebnis des «virtuellen» Gebäudes die antizipierten Kundenbedürfnisse vollumfänglich erfüllen (Design-to-Value). Das geplante Gebäude muss jedoch auch wirtschaftlich herstellbar, d. h. produzierbar sein (Design-to-Production). Letztendlich muss das zum optimalen Zeitpunkt fertiggestellte Gebäude auch wirtschaftlich zu betreiben sein und eine optimale Leistungsperformance ausweisen (Production-to-Market).

Individuelle Bauten erfordern individuelle Herstellungsmethoden. Erfolgt die individuelle Herstellung im Rahmen eines industriellen Prozesses, müssen flexible Fertigungsmethoden eingesetzt werden. Mass Customization ist die Antwort des industriellen Bauprozesses auf die individuellen Kundenbedürfnisse. Mass Customization bedeutet die automatisierte Vorfertigung individueller Produkte mit der Serie EINS zu nur unwesentlich höheren Kosten als Produkte der Serienproduktion (Bild 3). Heute ist aufgrund der handwerklichen Produktionstechniken bei den schweizerischen Betonelementherstellern noch eine Serienanforderung gegeben, um unter diesen Rahmenbedingungen wirtschaftlich fertigen zu können. Die Automatisierung der Betonelementproduktion wird jedoch weiter voranschreiten und zukünftig die wirtschaftliche Produktion individualisierter Elemente im Schutz der Fabrik ermöglichen. Mass Customization setzt industrielle Prozesse bereits in der Planung voraus. Planende müssen auch im Hochbau verstärkt auf die Herstellungsmethoden eingehen und wie im Tunnel- oder Brückenbau die Möglichkeiten der Herstellung in die Systemwahl integrieren. Zusätzlich müssen die Prozesse zwischen Planung und Ausführung viel stärker vernetzt werden, um durch «Design-to-Production» effiziente Herstellungsprozesse zu verwirklichen und Abfall und Verschwendung der heutigen Planungs- und Bauprozesse zu reduzieren. Planung und Produktionsplanung müssen interagieren. Mass Customization ist für den Einzelprozess und für die Einzelemente auch gleichbedeutend mit Systematisierung und mit Standardisierung der Elemente und Prozesse. In Bezug auf das Gesamtsystem bedeutet Mass Customization Flexibilisierung und Rationalisierung durch Plattformlösungen. Weitere Industrialisierungsprinzipien wie «KVP»¹⁰, «Pull statt Push»¹¹ oder der Verzicht auf «Making-do»¹² müssen selbstverständlich mit integriert werden. «KVP»,

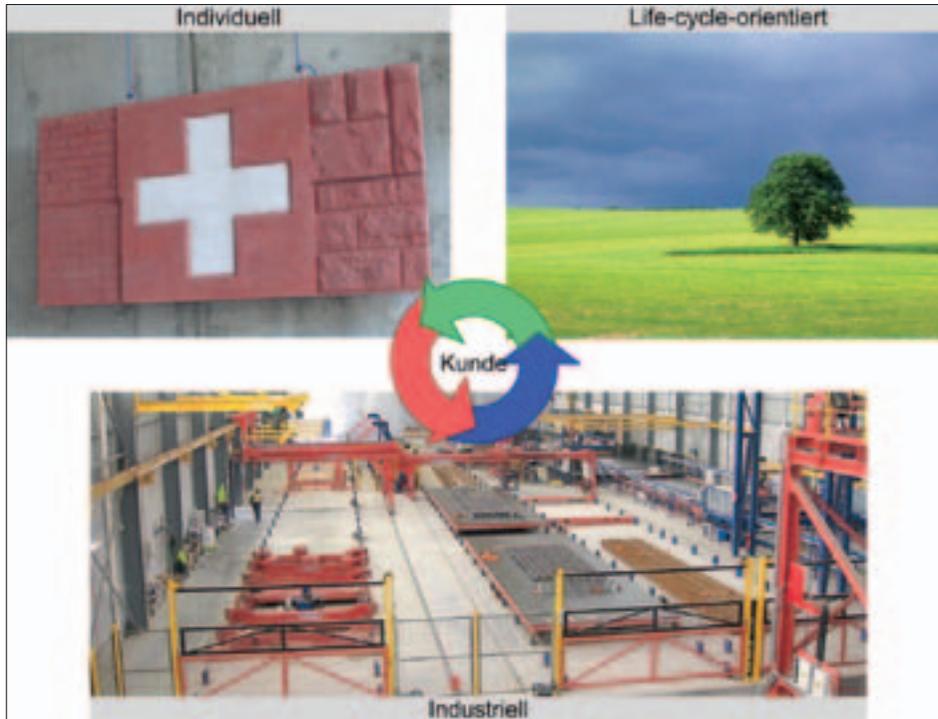


Bild 4: Der Kunde steht im Zentrum des industriellen Bauens¹⁴.

kontinuierlicher Verbesserungsprozess ist sicherlich allen bekannt. Er wird jedoch trotz seiner immanenten Bedeutung für jede Unternehmenstätigkeit bei vielen Akteuren der Baubranche vernachlässigt. «Pull statt Push» beseitigt die heute so selbstverständliche, aber ressourcenverschwendende Informationsflut. Das ineffiziente «Verstreuen» der Informationen nach dem Giesskannenprinzip muss abgestellt werden. Akteure die Informationen benötigen, müssen diese umgehend auf Anforderung erhalten. Dies setzt voraus, dass die Prozesse entsprechend strukturiert wurden und die Informationsanforderung an den richtigen Adressaten gestellt werden kann. «Making-do» ist auch in der Baubranche weit verbreitet. Prozesse werden begonnen obwohl wesentliche Informationen nicht vorliegen. Solche Verhal-

tensmuster machen Prozesse ineffizient und müssen daher abgestellt werden.

Digitale Kette und BIM

Die aus den Kundenziele (Leistungs- und Nutzungsziele, Kostenziele, Terminziele, Qualitätsziele) abgeleiteten Kundenanforderungen werden durch den Architekten und die Fachingenieure im Planungsprozess in Form von Planunterlagen und Beschreibungen materialisiert. Diese erste Geburtsphase im Lebenszyklus eines Gebäudes steckt voller Hürden und ist kein gradliniger, sondern ein iterativer Prozess. Dabei müssen die Kundenanforderungen kontinuierlich erfasst und effektiv in eine Planung umgesetzt werden. Traditionell definiert die Planungsphase das zu errichtende Bauwerk über mehr oder weniger detaillierte Pläne und Beschreibungen, die in der Form für Menschen lesbar und verständlich, jedoch für eine maschinelle Produktion ungeeignet sind. Dadurch wird die Industrialisierung im Bauprozess massgeblich behindert. In einigen Branchen wurde diese Schnittstelle schon weitgehend überwunden und ist die Automatisierung der Herstellungsprozesse so weit fortgeschritten, dass durch die direkte Weiterverarbeitung der Planungsdaten diese in der Herstellung von Bauteilen genutzt werden können (z. B. beim CNC-Fräsen von Holzbauteilen, beim Herstellen von Betonelementen auf automatisierten Plattformsystemen). Die digitale Kette verbindet den Datenpool der Planung über alle Leistungsphasen und Gewerke mit der Produktion und Aus-

führung und schafft eine Grundlage, Design und Produktion enger miteinander zu verknüpfen und so auch einen Know-how-Transfer von der Produktion in die Planung sicherzustellen (Design-to-Production). Diese Verknüpfung und die stringente Ausrichtung aller Prozesse der Planung und Ausführung an der Wertgenerierung für den Kunden (Value Engineering) wird eine wesentliche Anforderung an Architekten und Ingenieure in der Zukunft sein. BIM (Building Information Modeling) ist Bestandteil dieser digitalen Kette. BIM ist ein Konzept zur Informationsaufnahme, -verarbeitung und -bereitstellung in Bezug auf Gebäude und den im gesamten Lebenszyklus eines Gebäudes anfallenden Informationen. Dazu gehört insbesondere auch die (virtuelle) Abbildung eines Gebäudes mit den für dessen Lebensphasen notwendigen Informationen. BIM sammelt, verarbeitet und verteilt die Informationen, die für die jeweilige Phase bei der Entstehung und im Betrieb des Gebäudes relevant sind.

Das Modell wird nach den Anforderungen und mit den Inhalten der jeweiligen Phase erstellt. Das Ergebnis ist also fest definiert, während der Prozess der Erstellung des Modells, d. h. der Designprozess, selbst nicht festgelegt ist. Dies ermöglicht die Weiterentwicklung der internen Prozesse des Designers im Designprozess.

BIM eröffnet somit neue Möglichkeiten der Untersuchung von Lösungsalternativen und deren Bewertung. Das Grundprinzip von BIM, dass die Informationen während des Designprozesses akkumuliert werden und damit das BIM nicht in jeder Phase neu entwickelt werden muss, ist ein wesentlicher Effizienzsteigerungsfaktor für unsere Branche.

Zugegeben, BIM und die digitale Kette werden noch einige Zeit benötigen, bis sie sich vollends und nutzenbringend in der Praxis etabliert haben. Beispiele aus anderen

Forschungsprojekte zum Thema

Forschungsprojekte, die sich mit dem industriellen Bauen auseinandergesetzt haben, sind beispielsweise:

- Kooperationen und innovative Vertriebskonzepte. Entwicklung eines Geschäftsmodells für den individuellen Fertigteilebau¹⁵
- Branchenplattform und Vorfertigungsplanungsgesellschaft für den individuellen Fertigteilebau¹⁴
- Industrielles Bauen – Leitfaden für KMU-Geschäftsführer¹⁷
- Industrielles Bauen – Neue Wege für innovative KMU¹⁸
- Beton mit Kopf¹⁹

Autoren

T. Rinas und G. Girmscheid
 Prof. Dr.-Ing. Gerhard Girmscheid
 M.ASCE, John O. Bickel Award 2004 und 2005
 Professor für Bauprozess- und Bauunternehmensmanagement
 Vorsteher Institut für Bau- und Infrastrukturmanagement
 ETH Zürich
 CH-8093 Zürich
 Dipl.-Ing. Thomas Rinas
 Wissenschaftlicher Mitarbeiter und Doktorand
 Institut für Bau- und Infrastrukturmanagement
 ETH Zürich
 CH-8093 Zürich

Ländern zeigen jedoch, dass BIM im Planungs- und Bauprozess auch bei öffentlichen Bauherren zukünftig eine weit wichtige Rolle spielen wird als sich die meisten Architekten und Ingenieure heute vorstellen. Akteure, die diese Entwicklungen früh implementieren, werden Wettbewerbsvorteile haben. So haben öffentliche Auftraggeber verschiedener Länder beispielsweise bereits Kooperationen zur Intensivierung der BIM-Nutzung gebildet.¹³ Aus diesen Entwicklungen wächst die Überzeugung, dass sich BIM im traditionell schwerfälligen Bauprozess durchsetzen wird.

Fazit

Vorfabrikation ist ein wesentliches Element industriellen Bauens. Vorfertigung führt durch systematisierte Prozesse in der Fabrik zu Produktverbesserungen und Produktivitätssteigerungen. Industrielles Bauen umfasst jedoch nicht nur die Vorfertigung von Elementen, sondern die gesamte Wertschöpfungskette.

Produkt- und Prozessdenken gepaart mit Kundenorientierung und Mass Customization sind die wesentlichen Aspekte industriellen Bauens.

Architekten und Ingenieure sind die Designer des zukünftigen Objektes und damit in erster Linie auch verantwortlich für den Nutzen, den das Objekt später stiftet und für die Kosten, die das Objekt im Lebenszyklus verursacht. Architekten und Ingenieure müssen lernen, unsere Gebäude als Produkte zu begreifen, die über zugesicherte Eigenschaften für den Lebenszyklus verfügen und für deren Einhaltung die Leistungsersteller zukünftig garantieren werden müssen. Industrielles Bauen beherrscht den gesamten Wertschöpfungsprozess, beginnend bei der Planung des nutzenstiftenden Objektes (Design-to-Value), fortgeführt in einer optimalen Verschmelzung von Planung und Produktion bzw. Herstellung (Design-to-Production) und abgeschlossen mit einer wirtschaftlichen und kürzest möglichen Herstellung (Production-to-Market). Designer und Produzenten müssen enger zusammenrücken, die Fragmentierung überwinden und gemeinsame Wertschöpfung betreiben. Die Überwindung der Lücke zwischen Planung und Ausführung ist Grundvoraussetzung für industrielle Prozesse und industrielles Bauen. Dazu müssen die bisherigen Projektabwicklungs- und Wettbewerbsformen überdacht und umgestaltet werden. Vorschläge hierfür kommen aus Forschungsprojekten (Kooperatives Geschäftsmodell) und aus Entwicklungen der Bauindustrie (Bauen nach Smart). Alle Akteure der Bauwirtschaft sind aufgerufen, die Chancen industriellen Bauens in seiner ganzheitlichen Dimension zu ergreifen und im Bauprozess zu verwirklichen, um die

Produkteffizienz und die Produktionseffizienz der Baubranche im Vergleich zu anderen Wirtschaftszweigen für unsere Kunden zu erhöhen und damit die Zukunft Bau (individuell, industriell und life-cycle-orientiert) zu gestalten (Bild 4). 

¹ Vgl. Girmscheid, G. (Bauunternehmensmanagement 2010) und Boenert, L., Blömeke, M. (Logistikkonzepte 2003)

² Boenert, L., Blömeke, M. (Logistikkonzepte 2003)

³ Vgl. Ekhart, H. (Industrialisierung im Bauen 1995) und Bongers, I. (Europa-Haus 1998)

⁴ Vgl. Girmscheid, G., Scheublin, F. (Industrialisation 2010)

⁵ Vgl. z. B. Planek, K., Hanser, D. C. (Steuerungslösungen 2008), S. 4

⁶ Vgl. z. B. Pandoke, M. (Robotertechnik 2008)

⁷ Vgl. STRAUCH, J. (Integrierte EDV-Systeme 2008)

⁸ Vgl. Ballard, G., et al. (Precast Concrete Fabrication 2003) und Dawood, N. N.

(Precast Concrete Industry 1995)

⁹ Weckenmann (Homepage 2011)

¹⁰ Girmscheid, G. (Bauunternehmensmanagement 2010)

¹¹ Pull statt push, um die Informationsflut im Planungs- und Bauprozess einzudämmen und die Bereitstellung nicht verwertbarer Informationen (=Ressourcenverschwendung) zu unterbinden, sowie um die Informationskontinuität sicherzustellen

Literatur

Ballard, G., Harper, N., Zabelle, T. (Precast Concrete Fabrication 2003):

Learning to See Work Flow. An Application of Lean Concepts to Precast Concrete Fabrication. Engineering, Construction and Architectural Management 10, Nr. 1, 2003, S. 6 – 14.

Bärthel, J. (Industrielles Bauen 2002):

Industrielles Bauen. Leitfaden für KMU-Geschäftsführer. Vdf Hochschulverlag AG an der ETH, Zürich, 2002.

Boenert, L., Blömeke, M. (Logistikkonzepte 2003):

Logistikkonzepte im Schlüsselfertigbau zur Erhöhung der Kostenführerschaft. Bauingenieur 78, Nr. 6, 2003, S. 277 – 283.

Bongers, I. (Europa-Haus 1998):

Europa-Haus – Vorfertigung als Wohnungsbau der Zukunft. BFT Betonwerk + Fertigteiltechnik 63, Nr. 4, 1998, S. 31 – 36.

Dawood, N. N. (Precast Concrete Industry 1995):

Scheduling in the Precast Concrete Industry Using the Simulation Modelling Approach. Building and Environment 30, Nr. 2, 1995, S. 197 – 207.

Ekhart, H. (Industrialisierung im Bauen 1995):

Industrialisierung im Bauen. Modulares Baukastensystem. architektur (Wien) 2, Nr. 7, 1995, S. 56 – 59.

Girmscheid, G. (Bauunternehmensmanagement 2010):

Strategisches Bauunternehmensmanagement. Prozessorientiertes integriertes Management für Unternehmen in der Bauwirtschaft. Springer, Heidelberg, 2010.

Girmscheid, G., Scheublin, F. (Industrialisation 2010):

New Perspective in Industrialisation in Construction – A State-of-the-Art Report (CIB Publication 329). Eigenverlag des IBB an der ETH Zürich, Zürich, 2010.

Hofmann, E. (Industrielles Bauen 1999):

Industrielles Bauen – Neue Wege für innovative KMU. Eigenverlag des IBB an der ETH Zürich / Stäubli AG, Zürich, 1999.

¹² «making-do» bedeutet, Prozesse zu beginnen, obwohl die notwendigen Vorbedingungen nicht erfüllt oder die notwendigen Informationen bzw. Ressourcen nicht vorhanden sind; ein Problem der Verschwendung, das sehr typisch ist für die Baukonstruktion. Vgl. zum «making-do» Koskela, L. (Making-do 2004),

¹³ «One of the most significant of the recent developments has been the intensified cooperation between public owners in the utilization of models. On 2 November 2006, a meeting was arranged in Washington in which the GSA and Coast Guard (USA), Statsbygg (Norway), Erhvervs- og Byggestyrelsen (Denmark), PSIBouw (the Netherlands) and Senate Properties (Finland) entered into a preliminary agreement on signing a cooperation agreement and presenting a common statement on the use of models.» Aus Senate Properties (BIM Guidelines 2007), Abschnitt «Senate Properties: BIM Requirements 2007, Volume 1: General part», Appendix 1

¹⁴ Stüssi Betonvorfabrikation AG (Bild oben links); Weckenmann Anlagentechnik GmbH+Co.KG (Bild unten); http://wallpaperstock.net/landschaft-baum_wallpapers_7984_1280x1024_1.html (Bild oben rechts)

¹⁵ Rinas, T., Girmscheid, G. (Geschäftsmodell 2010)

¹⁶ Rinas, T., et al. (Branchenplattform und Vorfertigungsplanungsgesellschaft 2008)

¹⁷ Bärthel, J. (Industrielles Bauen 2002)

¹⁸ Hofmann, E. (Industrielles Bauen 1999)

¹⁹ Zürcher Hochschule Winterthur, et al. (BETONmitKOPF 1999), Zürcher Hochschule Winterthur, et al. (BETONmitKOPF 2002)

Koskela, L. (Making-do 2004):

Making-do – The Eighth Category of Waste. In: (Hrsg.): Proceedings of the 12th Annual Conference; International Group for Lean Construction (IGLC), Copenhagen, Denmark, 2004, S. 3 – 12.

Pandoke, M. (Robotertechnik 2008):

Neue Robotertechnik bei Heembeton. BFT Betonwerk + Fertigteil-Technik, Concrete Plant + Precast Technology 74, Nr. 5, 2008, S. S.22 – 29.

Planek, K., Hanser, D. C. (Steuerungslösungen 2008):

Mit innovativen Steuerungslösungen Maßstäbe setzen. BFT Betonwerk + Fertigteil-Technik, Concrete Plant + Precast Technology 74, Nr. 1, 2008, S. 4 – 12.

Rinas, T., Girmscheid, G. (Geschäftsmodell 2010):

Kooperationen und innovative Vertriebskonzepte. Geschäftsmodell für den individuellen Fertigteilbau. Eigenverlag des IBI, Zürich, 2010.

Rinas, T., Kröcher, M., Girmscheid, G. (Branchenplattform und Vorfertigungsplanungsgesellschaft 2008):

Branchenplattform und Vorfertigungsplanungsgesellschaft für den individuellen Fertigteilbau. Zürich, 2008.

Senate Properties (BIM Guidelines 2007):

BIM Guidelines. Helsinki, Finland, <http://www.senaatti.fi/document.asp?siteID=2&docID=588>.

Strauch, J. (Integrierte EDV-Systeme 2008):

Ein integriertes EDV-System für Betonfertigteilwerke. BFT Betonwerk + Fertigteil-Technik, Concrete Plant + Precast Technology 74, Nr. 6, 2008, S. 4 – 13.

Weckenmann (Homepage 2011):

Homepage Weckenmann Anlagentechnik & Co. KG. www.weckenmann.de, 11.02.2011.

Zürcher Hochschule Winterthur, Arndt, T., Bräm, M. (BETONmitKOPF 1999):

Innovationsstrategie I, Innovationsprojekt BETONmitKOPF. Zürcher Hochschule Winterthur, Winterthur, 1999.

Zürcher Hochschule Winterthur, Arndt, T., Bräm, M. (BETONmitKOPF 2002):

Innovationsprojekt Betonelementbau Forschungsbericht März 2002 des Innovationsprojektes BETONmitKOPF. Zürcher Hochschule Winterthur, Winterthur, 2002.