



Bild 1/2: Oricrete: Origami im Bauwesen am Beispiel einer Textilbetonfaltwerkschale.
Foto: Peter Winandy

Rostislav Chudoba, Martin Claßen, Josef Hegger, Sergej Rempel,
Alexander Stark, Norbert Will, Jan van der Woerd

Bauen mit Betonfertigteilen

Produktionsprozesse im Bauwesen unterscheiden sich deutlich von Vorgängen in der stationären Industrie. Die Produktion einer Bauleistung entsteht als Auftragsfertigung entsprechend den Wünschen und Zielvorgaben eines Kunden, in der Regel unter witterungsabhängigen Produktionsbedingungen von Baustellen sowie unter Mitwirkung eines großen Kreises von Akteuren aus unterschiedlichen Fachdisziplinen. Im Gegensatz zum Produktionsprozess in anderen Wirtschaftsbereichen wie der stationären Industrie, wo Produkte in hohen Stückzahlen hergestellt werden, handelt es sich bei Bauwerken in der Regel um Unikate, die den individuellen



Anforderungen des Auftraggebers sowie den regionalen Bau- und Ausführungsvorschriften angepasst sind. Produktionsprozesse im Bauwesen sind stark auftrags- und kundenbezogen strukturiert. Eine Standardisierung von Bauteilen hat deshalb bisher nur in beschränktem Maße stattgefunden. Es handelt sich somit um Einzelfertigungen mit sehr hohen Produktwerten. Zudem überschneiden sich Planungs- und Produktionsprozesse häufig zeitlich durch eine baubegleitende Planung. Trotz hohen Maschineneinsatzes sind die im Bausektor verwendeten Herstellmethoden nach wie vor weitgehend handwerklich geprägt.

Neben der traditionellen Herstellung findet zunehmend auch die Vorfertigung von Bauteilen Anwendung. Hierbei erfolgt die Herstellung von Elementen und Bauteilen unter stationären Produktionsbedingungen. Durch eine geschützte, witterungsunabhängige Produktionsumgebung ermöglicht die stationäre Vorfertigung eine bessere Produktqualität bezüglich Oberflächenbeschaffenheit und Einhaltung von Maßtoleranzen sowie gleichzeitig verkürzte Bauzeiten und Just-in-time-Abwicklungen. Insbesondere für Fassaden- und Tragwerkelemente mit hoher Stückzahl gleichen Typs hat sich die stationäre Vorfertigung bereits etabliert. Trotz Optimierungen in

Bezug auf die konventionelle Baustellenproduktion dominieren auch in der Vorfertigung von Bauprodukten manuelle Herstellmethoden. Aufgrund der hohen Individualisierung der Bauleistung, der Inhomogenität der Zielvorgaben und der Einmaligkeit der Durchführung sind bis heute nur vereinzelte Bestrebungen zur Entwicklung neuartiger und verbesserter Fertigungstechnologien vorhanden. Die Herausforderungen bezüglich der Produktionsmethoden im Baugewerbe sind in Bild 3 vergleichend zur Automobilindustrie zusammengefasst.

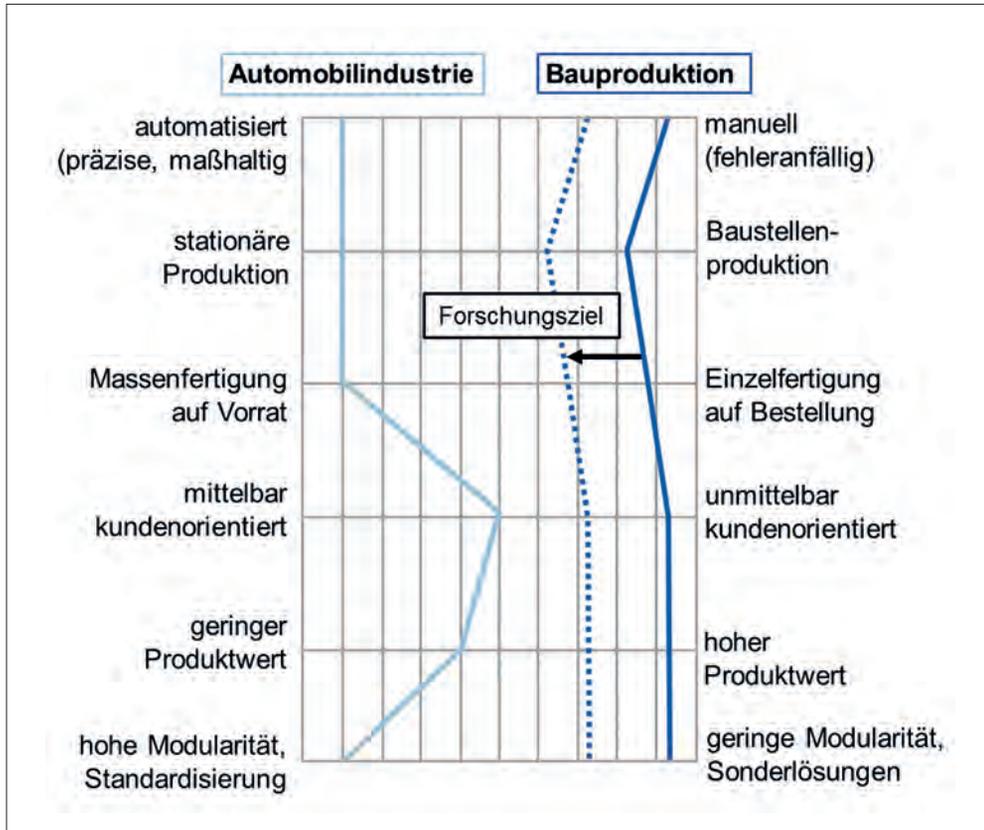
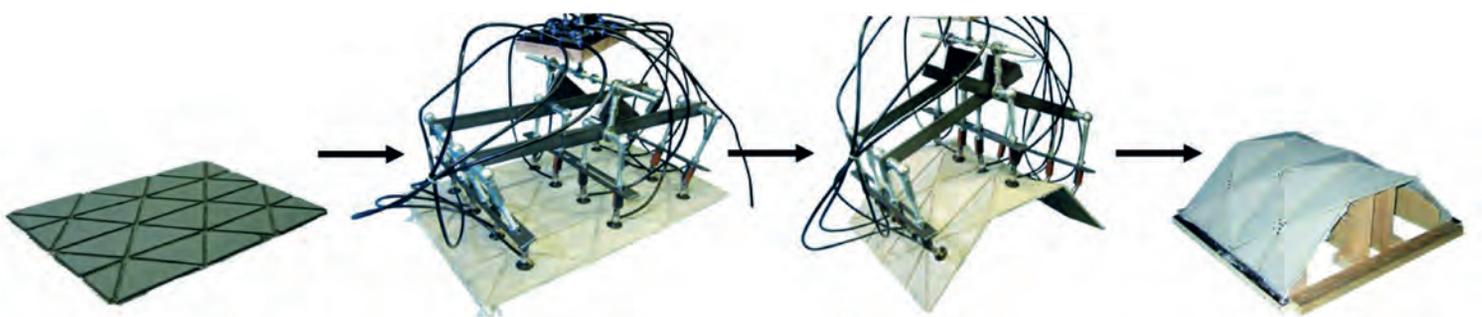


Bild 3: Vergleich der Produktionsmethoden im Bauwesen und in der stationären Industrie (Automobil).

Im Profildbereich ProdE wird derzeit das Projekthaus „Produktion für das Bauen von morgen“ an der RWTH Aachen eingerichtet. Ziel ist es, die vorhandenen Forschungsaktivitäten zur „Produktion für das Bauen von morgen“ zu einem schlagkräftigen Forschungsverbund weiterzuentwickeln, der mittelfristig in drei Jahren als Bau-Cluster auf dem RWTH-Campus etabliert werden soll. Ein Schwerpunkt des Projekthauses betrifft die Entwicklung neuer Produktionsmethoden für das Bauwesen.

Insbesondere im Bereich multifunktionaler Bauteile wie Decken-, Wand- und Fassadenkonstruktionen, die eine flexible Bauwerksnutzung ermöglichen und neben tragenden Funktionen auch die Integration der Gebäudetechnik ermöglichen, besteht Forschungsbedarf um die Standardisierung, Maßhaltigkeit und Vorfertigung voranzutreiben. Hierbei ist es wichtig, zwischen interner Varianz (Funktionalität des einzelnen Bauteils) und äußerer Varianz (Einzigartigkeit des gesamten Gebäudes) zu unterscheiden. Besonderes Entwicklungspotenzial zur Standardisierung liegt in der Reduktion interner Varianz. In diesem Sinne sind Produktionsmethoden für modulare Bauteile zu entwickeln, die eine Herstellung in großen Stückzahlen und gleichzeitig eine hohe Individualität des gesamten Bauwerks ermöglichen.

Bild 4: Textilbetonschale (links), Origami-Faltwerkschale (rechts) und schematische Herstellmethodik „Falten“ (unten).



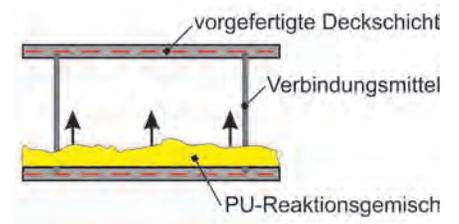
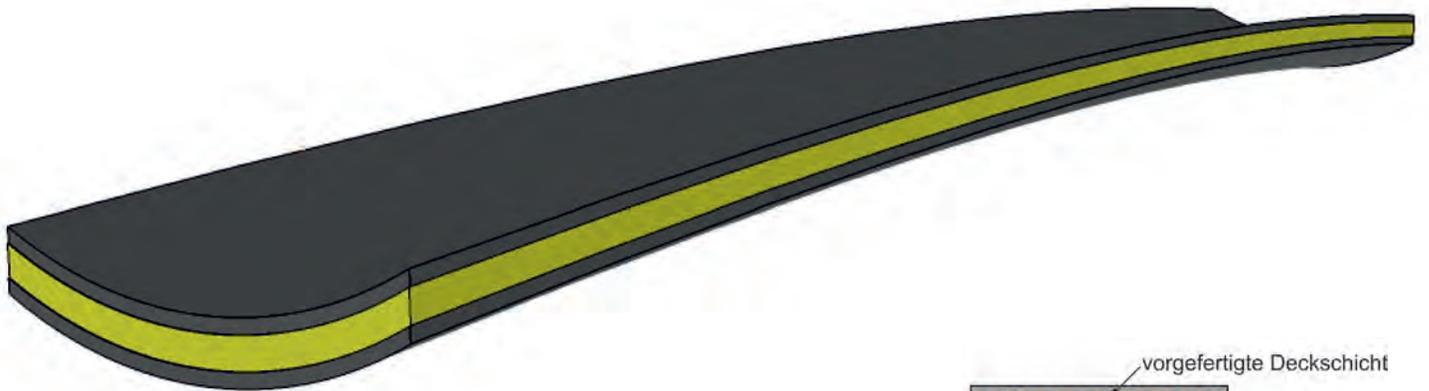


Bild 5: Gekrümmte Sandwichschale (links) und schematische Herstellmethode (rechts).

Im Folgenden werden die Herausforderungen und Möglichkeiten der „Produktion für das Bauen von morgen“ an zwei innovativen Produktionsmethoden aufgezeigt. Der Einsatz des leistungsstarken Werkstoffs Textilbeton kann mit großformatigen Dachschalen demonstriert werden, siehe Bild 4. Dieser nutzt flächige, hochfeste und korrosionsresistente technische Textilien als Bewehrung in Kombination mit einer feinkörnigen Betonmatrix und eröffnet damit neue Möglichkeiten der Gestaltung im Bauwesen, insbesondere für leichte und frei geformte Schalenträgerwerke. Durch die hohe Dauerhaftigkeit können Schlankheiten verglichen zu Stahlkonstruktionen erreicht werden. Die großformatigen Carbonbetonbauteile werden üblicherweise in einem händischen Gieß- oder Laminierverfahren hergestellt. Textilbeton bietet aber auch die Möglichkeit, mithilfe der Origami-Methodik dünnwandige, gefaltete Tragstrukturen mit eleganter Formgebung zu schaffen, siehe Bild 1 und 2. Hierbei werden in der Ebene hergestellte Textilbetonplatten mit Aussparungen, siehe Bild 6, durch das Falten in räumliche Schalenträgerwerke überführt, die sich aufgrund ihrer gefalteten Form durch einen sehr günstigen Lastabtrag auszeichnen. So entstehen faltbare Textilbeton-Halbzeuge, die im Fertigteilwerk vorproduziert und auf der Baustelle zu Segmenten gefaltet und verfugt werden können.

Mögliche Vorgehensweisen zur Faltung stellen das Anheben der Oricrete-Platte mithilfe eines Kranes oder eines speziell konzipierten Hebezeuges mit Saugnapfen dar. Diese Technologie verspricht ein hohes Potenzial für freigeformte Schalenträgerwerke, die sich ohne aufwändige räumliche Schalungen einfach herstellen lassen. Neben den nicht-metallischen flächigen Bewehrungsstrukturen bietet sich auch der Einsatz von stab- oder litzenförmigen Bewehrungen aus carbonfaserverstärktem Kunststoff (CFK) für den Einsatz in vorgespannten Schalenträgerwerken an. Die steigenden Anforderungen an die thermische Qualität des Raumabschlusses von Gebäuden sowie an die Dauerhaftigkeit der Gebäudehülle erfordern die Entwicklung neuer Lösungen für den Hoch- und Industriebau. Diese Multifunktionalität ist nicht allein durch die kontinuierliche Weiterentwicklung der Werkstoffe zu erreichen. Vielmehr bedarf es intelligenter und effizienter Tragstrukturen, die ideal an den Kräfteverlauf angepasst sind, bei geringen Querschnittsabmessungen eine hohe Tragfähigkeit bereitstellen und zusätzliche Funktionen integrieren. Ein Lösungsansatz besteht in einer Kombination aus Betonsandwichelementen mit vorgespannten Schalenträgerwerken, siehe Bild 5. Herkömmliche Herstellmethoden mit vor-

schwachen Verbundfugen, die bei der Bemessung nicht angesetzt werden und somit zu geringen Tragfähigkeiten führen können. Die Sandwichschalen werden ähnlich wie Stahlsandwichelemente durch Ausschäumen verbunden, was hohe Tragfähigkeiten und beliebige Querschnitte ermöglicht. Die Vielseitigkeit der neuen Materialien und Herstellmethoden in Kombination mit zu entwickelnder Produktionstechnik wird innovative Fertigteile für das Bauen von morgen schaffen.

Autoren

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Josef Hegger ist Inhaber des Lehrstuhls für Massivbau und leitet das Institut für Massivbau. Dr.-Ing. Rostislav Chudoba und Dr.-Ing. Norbert Will sind Oberingenieure am Lehrstuhl für Massivbau. Dipl.-Ing. Martin Claßen, Dipl.-Ing. Sergej Rempel, Dipl.-Ing. Alexander Stark und Dipl.-Ing. Jan van der Woerd sind wissenschaftliche Mitarbeiter am Lehrstuhl für Massivbau.



Bild 6: Herstellung einer Textilbetonfaltwerkschale.
Foto: Peter Winandy

