DESIGN × HANDWERK

PETER BRUCKNER PREIS

PBP '23

TAGUNGSBAND

3D METALLDRUCK IN HANDWERK, DESIGN UND INDUSTRIE 4.0

→ PB-DESIGN-HANDWERK.AT

innos

DIPL.-ING. GEORG GRASSER, INCREMENTAL3D / UNIVERSITÄT INNSBRUCK

3D-DRUCK IN DESIGN, ARCHITEKTUR UND BAUWESEN

WELCHES POTENTIAL HAT DAS 3D-DRUCK-VERFAHREN?

3D-Druck ist derzeit in aller Munde und zahlreiche Prognosen sagen der Branche ein hohes Wachstum voraus. Als vielversprechende Vorteile gelten für die additive Fertigungstechnik der zukünftig eingeschränktere Zugang zu Ressourcen, die limitierten Lagermöglichkeiten, eine lokalere Herstellung, sowie dass mit dem gleichen System unterschiedlichste Objekte in kleiner Stückzahl realisiert werden können.

Seit dem Start dieser Entwicklungen haben zahlreiche Verfahren sowie Materiallösungen für die additive Fertigung den Weg auf den öffentlichen Markt gefunden. Verschiedenste Materialien können verarbeitet werden und finden in Bereichen wie Medizin oder der Luftfahrt- und Automobilbranche auch schon für die Fertigung diverser Bauteile Einsatz.

Ein verbreitetes 3D-Druck-Verfahren ist das FDM (Fused-Deposition-Modelling), bei welchem Schicht für Schicht dünne Bahnen übereinander gelegt werden und somit schlussendlich ein räumliches Objekt entsteht. Für die digitale Vorbereitung gibt es inzwischen zahlreiche Softwarepakete, die automatisierte Optimierung erlauben.

3D-gedruckte Bauteile unterscheiden sich in den Geometrien entscheidend von herkömmlich gefertigten Bauteilen. Idealerweise sind die gedruckten Objekte im Kontext des Herstellungsverfahrens unter performativen Aspekten, wie zum Beispiel dem Materialverbrauch oder statischen Anforderungen, entwickelt.

LARGE SCALE - 3D-DRUCK IM GROSSEN MASSSTAB

Auch im Bauwesen kann die Freiheit in der Formentwicklung durch digitalisierte Prozesse eine individualisierte, kostengünstige und insbesondere eine nachhaltige Produktion ermöglichen.

3D-Druck für das Bauwesen weicht jedoch stark von anderen, in der Industrie etablierten, additiven Verfahren ab. Neben den komplexen Materialeigenschaften von Beton oder Lehm spielen vor allem die Größenverhältnisse und das dadurch resultierenden Gewicht eine enorme Rolle.

Am Beispiel von „Häusern aus dem 3D-Drucker" lässt sich grundsätzlich in Vorortproduktion und Fertigteilproduktion unterscheiden. Dies spiegelt sich sowohl hinsichtlich der Drucksysteme als auch in den Anforderungen des Materials wider. Bei einer Vorortproduktion wird meist ein 3-Achsen-Portalsystem verwendet und der mögliche Bauraum wird somit durch die Dimension des Maschinensystems bestimmt. Nach dessen Aufbau auf der Baustelle werden dann tatsächlich die Grundrisse des Gebäudes Schicht für Schicht aufgebaut. Jede einzelne Druckbahn ist meist entsprechend lang und kann daher mit einem langsam erhärtenden, steiferen Material umgesetzt werden.

Beim Ansatz der Fertigteilproduktion werden meistens Industrieroboter verwendet, welche zwar einen beschränkten Bauraum bieten, gleichzeitig aber sehr flexibel und präzise sind. In der Regel verfügt ein Industrieroboter über sechs Freiheitsgrade (=Achsen) und kann deshalb nicht nur vertikal von oben Material extrudieren, sondern auch in schiefen Ebenen arbeiten. Die Präzision erlaubt das Arbeiten mit geringeren Schichthöhen und -breiten und kann so eine gleichmäßige Oberfläche sowie formtreue Bauteile gewährleisten. Durch den kleineren Bauraum wird hier oft mit Materialien bestehend aus zwei Komponenten gearbeitet, was bedeutet, dass mit einem Aktivator die Erhärtung beschleunigt werden kann.

FÜR ANWENDUNGEN IST INTERDISZIPLINÄRE ZUSAMMENARBEIT NÖTIG

Für eine rasche Etablierung des 3D-Drucks im Design, Architektur und Bauwesen ist die Zusammenarbeit von Industrie und Forschungseinrichtungen nötig. So hat beispielsweise seit 2015 in Österreich der Baustoffhersteller Baumit Kooperationen mit der Universität Innsbruck und der TU Graz. Die Universitäten hatten dabei bereits einiges an Vorerfahrung, sowohl auf dem Gebiet der digitalen Fertigung mit Industrierobotern, als auch im Bereich von parametrischer Entwurfsplanung gesammelt. Als Ergebnis dieser Forschung und dem Ausblick auf wirtschaftliches Potential des 3D-Betondrucks wurde daher 2017 das Spin-off incremental3D gegründet. Hierbei sollten die Grundlagen mit Fokus auf Design und Gestaltung im Produktdesign erprobt, die erlernten Fähigkeiten sukzessive weiterentwickelt und in den Hochbau übergeführt werden.

Auf den Bereich von großen 3D-Drucken aus (Bio-) Kunststoffen hat sich die Abteilung Hochbau am Institut für experimentelle Architektur an der Universität Innsbruck spezialisiert. Dabei ist die gestalterische Auseinandersetzung meist eng mit den Möglichkeiten der Herstellungstechnik verbunden. Speziell die große Bandbreite an verfügbaren Werkstoffen beansprucht Zeit für Adaptierungen des Drucksystems, gleichzeitig werden aber auch Diskussionen zu Lebenszyklus, Wiederverwertung und Materialzusammensetzung angestoßen. Der Einsatz des 3D-Drucks in der Architektur hängt neben den funktionalen Möglichkeiten stark von Kosten und Normierung ab.

Abbildung 1: Säule aus PetG, Universität Innsbruck, 2021.
Foto © Universität Innsbruck

Bei Designobjekten wird vor allem auf die Zusammenarbeit mit Künstler*innen und Designer*innen gesetzt. Es wird dabei oft ein spezielles Thema, wie zum Beispiel die Möglichkeiten der Farbgestaltung an Versuchen und Prototypen untersucht und in Kleinserien umgesetzt. Neben der Herausforderung der Umsetzung von ersten Ideenskizzen in ein 3D-druckbares Objekt kommt hier dem lokalen Durchfärben des Betons während des Druckprozesses eine besondere Bedeutung zu. Die mathematisch definierte und somit kontrollierte Zu- und Abnahme der Farbintensität spiegelt sich in der Eleganz und Harmonie der produzierten Objekte wider. Ein entscheidender Faktor für die Umsetzung war die zu diesem Zeitpunkt bereits weit fortgeschrittene Material- und Druckprozesstechnik. Eine ideale Konsistenz des 2-komponentigen auf Weißzement basierenden Materials war für die geometrisch komplexen Objekte entscheidend.

Abbildung 2: Gradient Furniture Series 2021, in Kooperation mit Designer Philipp Aduatz. Foto © Paris Tsitsos.

Welche Herausforderungen und Möglichkeiten ein größeres Bauwerk mit der 3D-Betondrucktechnik hat, wurden im Jahr 2019 im Rahmen der Errichtung eines temporären Pavillons zum 350-jährigen Jubiläum der Universität Innsbruck aufgezeigt.

In Sachen Tragwerkstechnik wurden unbürokratische Lösungsansätze entwickelt und jedes der 47 Betonelemente des Pavillons wurde als für sich unabhängiges Tragwerk entworfen und individuell analysiert. Die Teilbewehrung aus Stahl und innovativer Carbonfaserverstärkung wurde für die zusätzlich statisch notwendige Sicherheit sowie einen effizienten durchgängigen Druckprozess in Betracht gezogen und sehr sparsam an ausgewählten Elementen während des Drucks miteingearbeitet.

Das zu diesem Zeitpunkt verwendete Material wies eine mittlere Druckfestigkeit von 55 MPa und eine Zugfestigkeit von 10 MPa auf. Die Rohdichte lag bei 1.990 kg/m³, das Größtkorn bei 2.0 mm und das benutzte Drucksystem hatte eine Arbeitsleistung von bis zu 600 kg/Stunde. →

Ein ebenso wichtiger Punkt für die Herstellung war die Programmierung eines 6-Achs-Industrieroboters, da zum Erzielen der vorgegebenen Geometrie die Druckbahnen variable Höhen aufweisen mussten und der Druckkopf sich kontinuierlich an die Druckebene anpassen musste.

Abbildung 3: Pavillon zum 350 Jahre Jubiläum der Universität Innsbruck, 2019. Foto © Rupert Asanger

Abbildung 4: Jedes Bauteil wurde dem Lastfall entsprechend optimiert. Foto © Universität Innsbruck.

Dass 3D-Druck im Bauwesen Fuß fassen kann, zeigt das Projekt Striatus, das im Rahmen einer Kollaboration mit Zaha Hadid Architects, der ETH Zürich sowie dem Materialhersteller Holcim entstanden ist. Ziel war es aufzuzeigen, welche Fähigkeiten die Verbindung von unbewehrtem Beton mit digitalem Design erlaubt.

Hierfür entscheidend war, dass alle Betonelemente rein auf Druck und Schwerkraft beansprucht sind, frei nach dem Prinzip wie es seit Jahrhunderten in gemauerten Gewölbestrukturen im Bauwesen zu finden ist.

Die freistehende, 15 Meter überspannende Fußgängerbrücke, die aus 53 unbewehrten Hohlkörpern besteht, konnte ohne Mörtel zusammengebaut/gefügt werden. Mit einer Gesamtdruckzeit von 84 Stunden wurde ein Zusammenbau inklusive Fundamentierung und Holzbelag in nur 35 Tagen erreicht.

Obwohl dieses Projekt mit dem Baustoff Beton umgesetzt wurde, wird aktuell an der Möglichkeit von rezyklierten und emissionsarmen Betonen gearbeitet. Schon in der Entwicklung der Geometrie wurde minimaler Materialeinsatz für eine maximale Kraftableitung eingebettet. Im Vergleich zu einer konventionellen Herstellungsvariante aus Beton wurde daher nur ein Bruchteil der üblichen Materialmenge benötigt.

Jedoch sollte an dieser Stelle erwähnt werden, dass Sonderformen, die mit 3D-Betondruck einfach herstellbar sind, oft in Logistik und Montage aufwändig sein können.

AUSBLICK

Die Verknüpfung fortschrittlicher Technologien vom integrierten digitalen Design und Engineering bis hin zur robotischen Fertigung erlaubt eine flüssige Interaktion unterschiedlichster Disziplinen. Sowohl das allgemeine Interesse als auch die Bandbreite der Projekte zeigt, dass es einen Markt für den 3D-Druck im großen Maßstab gibt und Planer und Bauherren sich dieser Möglichkeit bedienen wollen. Im Bereich der Gestaltung und bewussteren Materialeinsatz liegt jedoch noch viel Potential. Wie schnell sich diese Innovation in der Bauwirtschaft und anderen Industriebereichen durchsetzen kann, bleibt abzuwarten.

WEITERE INFORMATIONEN:

www.incremental3d.eu
www.exparch.at/rexlab
www.striatusbridge.com
www.philippaduatz.com