

Robotically assembled brickwork

Manipulating assembly processes of discrete elements

Doctoral Thesis

Author(s):

Bonwetsch, Tobias

Publication date:

2015

Permanent link:

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-010602028>

Rights / license:

In Copyright - Non-Commercial Use Permitted

Diss. ETH No. 22731

Robotically assembled brickwork

Manipulating assembly processes of discrete elements

A thesis submitted to attain the degree of
Doctor of Science of ETH Zurich
(Dr. sc. ETH Zurich)

presented by
Tobias Bonwetsch
Dipl.-Ing., TU Darmstadt

born on 04.11.1973
citizen of Germany

accepted on recommendation of
Prof. Fabio Gramazio
Prof. Matthias Kohler
Prof. Dr. Branko Kolarevic

2015

Abstract

Today, the advance of digital technologies, both on the side of conceptualisation of architecture and on the side of its production, enable information penetration across the whole process of making – from design to fabrication. This opens up new ways of thinking about architectural design and materialisation. Within the large family of computer controlled fabrication machines, industrial robots are especially well suited to be adopted for construction work, mainly because of their ability to perform variable assembly tasks. Although, so far applying robotic technologies in construction has mainly been viewed from an industrial engineering perspective, geared towards increasing productivity through automation without a link to the potentials for architectural design.

In the present work, potentials inherent in robotically controlled assembly processes are investigated from an architectural perspective, specifically focusing on the interrelation of design and fabrication. This is exemplified by the means of brickwork, which was chosen, because the relative small size of the single brick module and their generic geometry is well suited for a robotic assembly process. Further, the layering of bricks resembles one of the fundamental assembly processes in architecture and can easily be singled out as a well-defined subdomain of construction.

The robotic-based assembly processes and their corresponding design criteria are investigated through several physical experiments. The experiments combine both the design and engineering of a robotic fabrication process and, consequently, the application of the fabrication process on a design task.

The aim is to define techniques and methodologies for robotic-based assembly processes of brickwork, where the architectural design evolves into the interplay between conceptual intention and the engineering of a robotic process. The work is built on the hypothesis that the synchronisation of design and making can instigate novel design solutions for brickwork and is essential to leveraging new architectural potentials.

Zusammenfassung

Der Einsatz digitaler Technologien in der Architektur – von der Konzipierung einer architektonischen Idee, bis hin zu ihrer baulichen Ausführung – ermöglicht heute eine nahtlose Durchdringung von Informationen über den gesamten Herstellungsprozess. Dies erlaubt es, die Verbindung zwischen dem architektonischen Entwurf und dessen Materialisierung neu zu denken. Für die Umsetzung computergesteuerter konstruktiver Bauprozesse eignen sich insbesondere Industrieroboter, vornehmlich durch ihre Eigenschaft, unterschiedlichste Assemblierungsaufgaben auszuführen. Bisher stand bei dem Einsatz von Robotern im Bauwesen hauptsächlich die Mechanisierung manueller Prozesse im Vordergrund. Das Bestreben war dabei primär, eine Produktivitätssteigerung durch Automatisierung zu erreichen. Die Wechselbeziehung zu Konstruktion und Gestaltung eines Bauteils wurden dabei weitestgehend vernachlässigt.

In der vorliegenden Arbeit werden die inhärenten Potentiale roboterkontrollierter Assemblierungsprozesse aus einer architektonischen Perspektive und unter besonderer Berücksichtigung der Korrelation zwischen dem Akt des Entwerfens und dem Akt der Produktion untersucht. Beispielhaft wird dies anhand von Mauerwerk aufgezeigt. Neben der Tatsache, dass das Aufschichten von Ziegelsteinen eines der fundamentalsten Assemblierungsprozesse in der Architektur darstellt, eignet sich Mauerwerk auf Grund der relativ geringen Grösse des einzelnen Ziegelmoduls und dessen generischer Geometrie besonders für eine roboterbasierte Fabrikation.

Über eine Folge physischer Experimente werden roboterbasierte Assemblierungsprozesse sowie korrespondierende Gestaltungskriterien entwickelt und analysiert. Die Experimente verbinden jeweils den Entwurf und Konstruktion eines roboterbasierten Assemblierungsprozesses und dessen Anwendung innerhalb einer Entwurfs- und Bauaufgabe.

Ziel ist es, Techniken und Methoden für einen roboterbasierten Assemblierungsprozess für Mauerwerk zu identifizieren, wobei der architektonische Entwurf sowohl die konzeptionelle Gestaltung eines Bauteils als auch die Entwicklung eines kongruenten physischen Roboterprozesses umfasst. Im Zentrum der Arbeit steht somit die Hypothese: dass durch die wechselseitige Synchronisierung des Entwurfs- und Herstellungsprozesses neue konstruktive Potenziale und Ausdrucksformen im Mauerwerksbau entwickelt werden können.