

DIGITAL DESIGN IN RESEARCH AND PRACTICE

DIGITALES DESIGN IN FORSCHUNG UND PRAXIS

↗ ANJA JONKHANS // English translation: Mark Wilch

The construction industry has reached a high level of production output over the past 20 years, yet it is one of the least efficient industries. Construction-related spending accounts for 13 percent of global GDP while the sector's productivity has grown by just one percent a year over the past two decades.¹ In light of climate change and resource exploitation, the focus is gradually shifting from being solely on profitability and is taking on an ethical dimension that necessitates innovation and the changes that innovation triggers.

The ability to merge architectural design environments with complex analytical tools that simulate forces and their flow has influenced thinking on structural design and opened the way to creating buildings that have a high degree of formal freedom and structural complexity. At the other end of the design spectrum, the linkage of design tools with digital fabrication has simultaneously led to a radical change in thinking in dealing with material practice in architecture. A central issue in this context is the feedback among the design processes in the development of holistic and integrated design methods. Advances in construction technology and material technology have, among other things, led to free-form surfaces becoming striking elements of contemporary architecture. Today's computer-aided design (CAD) software provides intuitive interfaces for designing structures of any desired complexity, with respect to geometry as well as organizational forms, work processes, and fabrication techniques. Fabrication on machines with computerized numerical control (CNC), for instance, 3D printers or laser cutters, gives manufacturers great flexibility in achieving complex forms.

Moreover, a new generation of CAD research views digital manufacturing as a means of challenging the material practices of *Baukulturen*², i.e. the cultures of building that give rise to and impact the built environment. The interplay of a multitude of new and old materials, for example, high-performance fiber³, metal sheet⁴, concrete⁵ and earthen materials⁶,

Die Bauindustrie ist eine der am wenigsten effizienten Branchen und hat in den letzten 20 Jahren ein hohes Plateau im Produktionswachstum erreicht. Während die baubezogenen Ausgaben 13 Prozent des weltweiten BIP ausmachen, ist das jährliche Wachstum des Sektors in den letzten 20 Jahren nur um ein Prozent gestiegen.¹ Bedingt durch die Klimaveränderung und die Ausbeutung von Ressourcen verändert sich der Fokus graduell und ist nicht nur auf Wirtschaftlichkeit gelenkt, sondern bekommt eine ethische Dimension, die Innovation und dadurch ausgelöste Veränderungen notwendig macht.

Die Fähigkeit, architektonische Entwurfsumgebungen mit komplexen analytischen Werkzeugen zur Simulation von Kraft und deren Fluss zu verschmelzen, hat die Denkweise des Tragwerksentwurfs beeinflusst und die Realisierung von Gebäuden mit einem höheren Grad an formaler Freiheit und struktureller Komplexität ermöglicht. Gleichzeitig hat am anderen Ende der Entwurfspraxis die Verknüpfung von Entwurfswerkzeugen mit digitaler Fabrikation zu einem tiefgreifenden Umdenken im Umgang mit der Materialpraxis in der Architektur geführt. Dabei ist die Rückkopplung zwischen den Designprozessen ein zentrales Anliegen bei der Entwicklung ganzheitlicher und integrierter Designmethoden. Fortschritte in der Konstruktions- und Materialtechnologie haben unter anderem zu Freiformflächen als markante Elemente in der zeitgenössischen Architektur geführt. Heutige Computer-aided Design Software bietet intuitive Schnittstellen für den Entwurf beliebig komplexer Strukturen, sowohl bezogen auf Geometrie als auch auf Organisationsformen, Arbeitsabläufe und Fertigungstechniken. Weiters bietet die Herstellung mit Hilfe von computergesteuerten Maschinen, zum Beispiel 3D-Druck oder Laserschneiden, eine große Flexibilität, um komplexe Formen zu realisieren.

Darüber hinaus versteht eine neue Generation von computergestützter Designforschung die digitale Fabrikation als ein Mittel, die materiellen Praktiken von Baukulturen² herauszufordern. Das Zusammenspiel einer Vielzahl neuer und alter Materialien, zum Beispiel High-Performance-Fasern³, Metallplatten⁴, Beton⁵ und Erd-Materialien⁶, stellt neue Alternativen dar, wie wir Bausysteme verstehen. Die

represents new alternatives for how we understand construction systems. The use of digital simulations as an integrated component of the design-to-fabrication process has resulted in new material practices that incorporate feedback and offer rich possibilities for new tectonic logics and the optimized use of material resources.⁷

Innovative research projects at universities, for example, generate new ways of thinking and new strategies for resolving problems. The first direct uncoupling from industrial use creates space for pursuing research as a think tank of sorts. Research begins with a very specific set of questions, which can change substantially as the project work unfolds. Even a test series thought to have failed provides answers to questions and thereby opens up a field that can be further developed with all of the actors involved. Research requires a beginner's mind, in other words, assessing all results in an unbiased way with fresh and open eyes and then interconnecting them.

One could say in general that the development of digital design and digital fabrication processes has given rise to whole new areas and possibilities for research and production sites. Many of these possibilities are not sufficiently used on an everyday basis in the construction industry because it is still quite a conservative industry. It is very expensive and often not financially feasible for small and medium-sized enterprises to conduct their own research. Large companies are better equipped and resourced – sometimes better than small universities – and can afford to run their own innovation departments.

The ideal situation is to have production sites and research cooperate closely with each other. Research at universities is (to a certain extent) less subject to temporal and financial constraints, which enables solutions to be worked out more freely. At the same time, close collaboration on knowledge transfer between university research and industrial manufacturing is indispensable for comprehensive test series and for access to various kinds of machinery that production sites can make available. These types of collaboration are especially beneficial to small innovative companies. To address the challenges posed today by climate change and resource reuse, close cooperation between production sites and research is one way that innovations can be made suitable for large-scale application more quickly.

Verwendung digitaler Simulationen als integrierter Bestandteil des Design-to-Fabrication-Prozesses hat zu neuen Materialpraktiken geführt, welche Feedback einbeziehen und reichhaltige Möglichkeiten für neue tectonische Logiken und optimierte Nutzung von Materialressourcen bieten.⁷

Innovative Forschungsprojekte zum Beispiel an den Universitäten generieren neue Denkansätze und Lösungsstrategien. Die erste unmittelbare Loslösung von industrieller Nutzung schafft den Freiraum, Forschung als ‚Thinktank‘ zu betreiben. Forschung beginnt mit einer sehr spezifischen Fragestellung, die sich im Laufe der Projektarbeit stark ändern kann. Auch eine vermeintlich misslungene Testreihe gibt Antworten auf Fragen und eröffnet so ein Feld, das sich mit allen beteiligten Akteur*innen weiterentwickelt. Forschung erfordert die sogenannte ‚Beginner's Mind‘, also mit offenen Augen unvoreingenommen alle Ergebnisse neu zu bewerten und in Verbindung zueinander zu stellen.

Allgemein kann man sagen, dass durch die Entwicklung des digitalen Designs und digitaler Fertigungsprozesse völlig neue Bereiche und Möglichkeiten für die Forschung und Produktionsstätten entstanden sind. Viele dieser Möglichkeiten werden im Alltag der Baubranche nicht ausreichend genutzt, da sie eine immer noch recht konservative Branche ist. Für kleine und mittlere Unternehmen ist es sehr aufwendig und oft unleistbar, eigene Forschung zu betreiben. Große Unternehmen haben eine bessere Ausrüstung und Ressourcen – manchmal bessere als kleine Universitäten – und können sich eigene Innovationsabteilungen leisten.

Eine enge Zusammenarbeit zwischen Produktionsstätten und Forschung ist ideal. Die Forschung an Universitäten ist (in gewissen Maßen) unabhängiger von zeitlichen und finanziellen Zwängen, was eine freiere Lösungserarbeitung ermöglicht. Zugleich ist ein enger Wissenstransfer zwischen universitärer Forschung und industrieller Fertigung unabdingbar für ausführliche Testserien und den Zugang zu diversen Maschinenparks, welche von den Produktionsstätten zur Verfügung gestellt werden können. Vor allem kleinere innovative Firmen profitieren sehr stark von solchen Kooperationen. Um auf die heutigen Herausforderungen von Klimaveränderung und Ressourcen-Wiederverwendung eingehen zu können, ist eine enge Zusammenarbeit von Produktionsstätten und Forschung eine Möglichkeit, Innovationen schneller fit für die Anwendung im großen Maßstab zu machen.

-
- 1 Barbosa, F., et al. (2017): *Reinventing Construction. A Route to Higher Productivity*, Washington DC: McKinsey Global Institute.
 - 2 ^{ea} For more on the fascinating concept of *Baukultur*, see “Davos Declaration 2018”, <https://davosdeclaration2018.ch/>, and Davis, H. (2006): *The Culture of Building*, New York: Oxford University Press Inc.
 - 3 ^{de} Mehr zum faszinierenden Konzept von *Baukultur* siehe „Davos Declaration 2018“, <https://davosdeclaration2018.ch/>, und Davis, H. (2006): *The Culture of Building*, New York: Oxford University Press Inc.
 - 3 Ramsgaard Thomsen, M., et al. (2015): “Hybrid tower, designing soft structures”, in: Ramsgaard Thomsen et al. (eds.): *Modelling Behaviour. Design Modelling Symposium 2015*, Berlin: Springer: 87–99; Menges, A., Knippers, J. (2015): “Fibrous Tectonics”, in: *Architectural Design* 85(5): 40–47.
 - 4 Nicholas, P. et al. (2016): “Adaptive meshing for bi-directional information flows. A multi-scale approach to integrating feedback between design, simulation, and fabrication”, in: Adriaenssens, S., et al. (eds.): *Advances in Architectural Geometry*, Zürich: vdd Hochschulverlag AG, ETH Zürich: 260–273.
 - 5 Sitnikov, V. (2014): “Monolith translucent lattice”, in: *Proceedings of ACADIA 14: Design Agency, Projects of the 34th Annual Conference of the Association for Computer Aided Design in Architecture, Los Angeles*: 263–264.
 - 6 Samec, E., Srivastava, A., Chaltiel, S. (2019): “Light formwork for earthen monolithic shells”, in: *Proceedings of the International Conference on Sustainable Material, Systems and Structures (SMSS2019): Challenges in Design and Management of Structures*, Rovinj, Croatia.
 - 7 Tamke, M., et al. (2012): “A new material practice. Integrating design and material behavior”, in: *SimAUD '12: Proceedings of the 2012 Symposium on Simulation for Architecture and Urban Design*: 1–9, <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=2339456>.

