

# Kurzbericht

## Titel

---

Langfassung Titel: Future Construction - Neue Bauprozesse durch parametrische Planungs- und digitale Fertigungsmethoden

Konzeption und Entwicklung prototypischer Bauentstehungsprozesse auf Basis parametrischer Planungs- und digitaler Fertigungsmethoden und Demonstration der Umsetzbarkeit anhand ausgewählter Katalysatorprojekte

## FUCON 4.0 - Nachhaltiges Bauen durch digitale und parametrische Fertigung

Der Forschungsbericht wurde mit Mitteln der Forschungsinitiative Zukunft Bau des Bundesinstitutes für Bau-, Stadt- und Raumforschung gefördert.

(Aktenzeichen: II 3-F20-10-1-028 / SWD - 10.08.18.7-13.32 )

Die Verantwortung für den Inhalt des Berichtes liegt beim Autor.

Bearbeiter:

Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation IAO  
Dr.-Ing. Alexander Rieck  
[alexander.rieck@iao.fraunhofer.de](mailto:alexander.rieck@iao.fraunhofer.de)

Dipl.-Ing. Sebastian Bullinger  
[sebastian.bullinger@iao.fraunhofer.de](mailto:sebastian.bullinger@iao.fraunhofer.de)

Institut für Arbeitswissenschaft und Technologiemanagement IAT – Universität Stuttgart  
Nora Fanderl M.Sc.  
[nora.fanderl@iat.uni-stuttgart.de](mailto:nora.fanderl@iat.uni-stuttgart.de)

designtoproduction  
Dipl.-Ing. Arnold Walz  
[walz@designtoproduction.com](mailto:walz@designtoproduction.com)

## Anlass/ Ausgangslage

---

Im Bauwesen ist seit Jahren keine Steigerung der Produktivität in ihren Bauentstehungsprozessen zu erkennen und macht in der öffentlichen Wahrnehmung oft durch Missmanagement und Kostensteigerungen Schlagzeile. Die Branche ist insgesamt kleinteilig strukturiert. Dem Bauwesen stehen in den nächsten Jahren viele Herausforderungen, aber auch Potenziale gegenüber. Darunter fallen beispielsweise die Zukunftsthemen Energiewende, Industrie 4.0 und die urbane Transformation. Die Prozesse der deutschen Baubranche müssen deutlich verbessert werden, um in Deutschland, aber auch weltweit konkurrenzfähig zu bleiben.

Das Fraunhofer IAO und seine Forschungspartner IAT Universität Stuttgart und designtoproduction sehen die Chance für eine Restrukturierung heutiger Planungs- und Fertigungsprozesse durch eine umfangreiche Digitalisierung - insbesondere in der breiten und durchgängigen Anwendung von parametrischer Planung und digitaler Fertigung sowie der dazugehörigen Methoden und Werkzeuge.

## **Gegenstand des Forschungsvorhabens**

---

Der Schlüssel zur Bewältigung der vorher beschriebenen Probleme liegt in der Etablierung einer durchgängigen, digitalen Prozesskette. Parametrische Planung und digitale Fertigung sind die Grundbausteine einer solchen durchgängigen digitalen Prozesskette, welche die Verfügbarkeit aller relevanten Daten in Echtzeit sicherstellt und somit eine elementare Größe in der Anwendung von Ansätzen aus Industrie 4.0 auf das Bauwesen darstellt.

Die Forschungsarbeit ist in mehreren Stufen aufgebaut. Zu Beginn wurden die Grundlagen und Rahmenbedingungen erörtert. Dazu gehörte die Schaffung eines sehr präzisen Abbildes der Situation der deutschen Baubranche mit übergeordneten, als auch spezifischen Herausforderungen. Baubranchenspezifisch sind das insbesondere die kleinteilig strukturierte Planerlandschaft im Bauwesen, Kostenexplosionen bei aktuellen Großprojekten, die stagnierenden Produktivität, strengere Normen und Vorgaben (z.B. EnEV), um einige zu benennen. In der Baubranche gibt es jedoch auch zukunftsweisende Entwicklungen. So zum Beispiel die Planungsmethode BIM (Building Information Modelling), die Automatisierung in der Planung mittels assoziativer Skripte und in der digitalen Fertigung durch Nutzung und Adaption von CNC-Fertigung. Parametrische Planung und digitale Fertigung werden vorgestellt und wichtige Begriffe definiert.

Als weiterer Baustein der Grundlagenermittlung wurden in einer Studie 100 beispielhafte Projekte aus dem Bereich der parametrischen Planung und digitalen Fertigung analysiert und die relevanten Ansätze herausgearbeitet. Dabei wurden gemeinsame Merkmale unterschiedlicher Projekte erörtert und in zukunftsweisende Anwendungsfelder gebündelt. Neben dieser Studie und ihren Thesen wurden Experten aus den Bereichen der Planung, Forschung, Industrie und der ausführenden Gewerke zur Ist-Situation und den zukünftigen Chancen der Baubranche qualitativ befragt. Die Experten bestätigten qualitative Potenziale für die Baubranche, unter anderem durch regelbasiertes Planen, die umfassende Nutzung von Gebäudeinformationsmodellen, einer gewerkeübergreifenden Digitalisierung der Branche und Ansätze einer Industrie 4.0. Parallel dazu zeigte die durchgeführte und umfangreiche Online-Befragung von Planern und Ausführenden zum Ist-Zustand der Baubranche, dass die Digitalisierung in der Praxis noch lange nicht angekommen ist. Derzeit gibt es noch viele Vorbehalte gegenüber neuen Planungs- und Fertigungsmethoden, die überwunden werden müssen. In vielen Fällen sind diese Vorbehalte mit Unwissenheit, rechtlicher Unsicherheit und finanziellen Hürden (für Software und Mitarbeiterschulung) begründet.

Aus Sicht der Forschung wurden in einem weiteren Schritt einzelne Fokusprojekte ausgewählt und in ihrem Bauentstehungsprozess systematisch analysiert, die unterschiedliche Gebäudegeometrie, Materialsysteme und Gewerke behandeln und sowohl auf ebenen, wie auch auf verformten Bauteilen basieren. Dabei wurde der Bauprozess von der Planung bis zur Realisierung codiert. Das Ziel war dabei die Konzeption einer Systematik für unterschiedliche prototypische Bauprozesse und deren möglichen Transfer auf ähnliche bzw. zukünftige und damit konventionelle Projekte. Auch hier zeigte sich, dass das parametrische Entwerfen und Planen, die frühzeitige Integration von Fachinformationen zu Fertigung, Werkstoffen, Logistik, Gebäudebetrieb etc. (Frontloading), digitale Gebäudeinformationsmodelle sowie die digitale Fertigung zu messbaren Effizienzsprüngen führen. Die genannten Projekte konnten auf diese Weise im Zeitplan, kosten- und materialeffizient realisiert werden. Die Projektqualität nimmt insgesamt zu und der Gebäudebetrieb gestaltet sich nachhaltiger.

Auf Grundlage dieser (Vor-)Arbeiten sowie der weiteren Recherche zu Potenzialen durch BIM und Industrie 4.0 wurden drei mögliche Entwicklungspfade der Baubranche und damit der jeweiligen Planungs- und Fertigungsprozesse skizziert. Ziel ist die Bündelung der Vorteile parametrischer Planung und digitaler Fertigung in einem prototypischen Prozess sowie deren möglichen positive Auswirkungen auf die Baukosten und Schnittstellenprozesse:

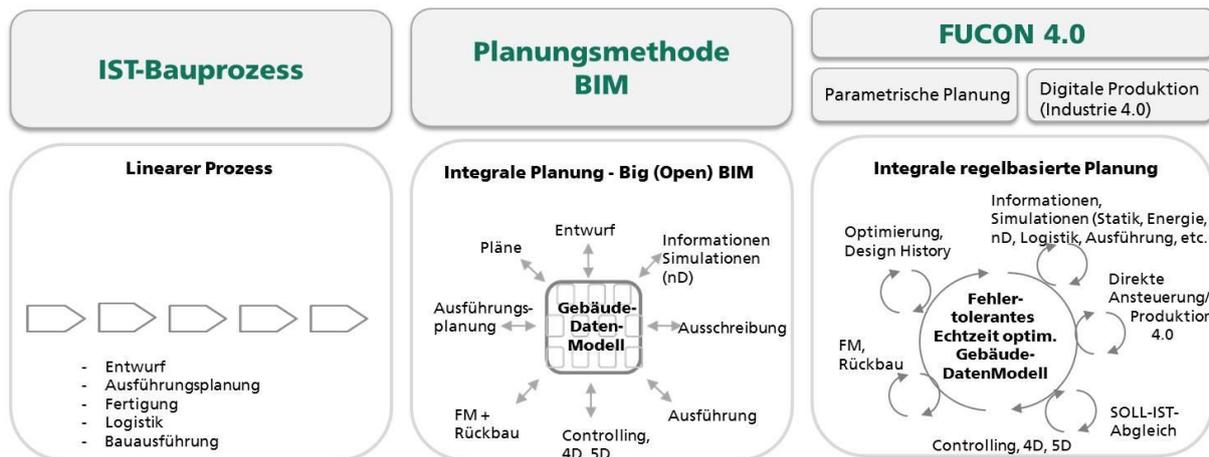


Abb.01 Vergleich der Planungsmethoden



Prognosen: Entwicklung der Baukosten

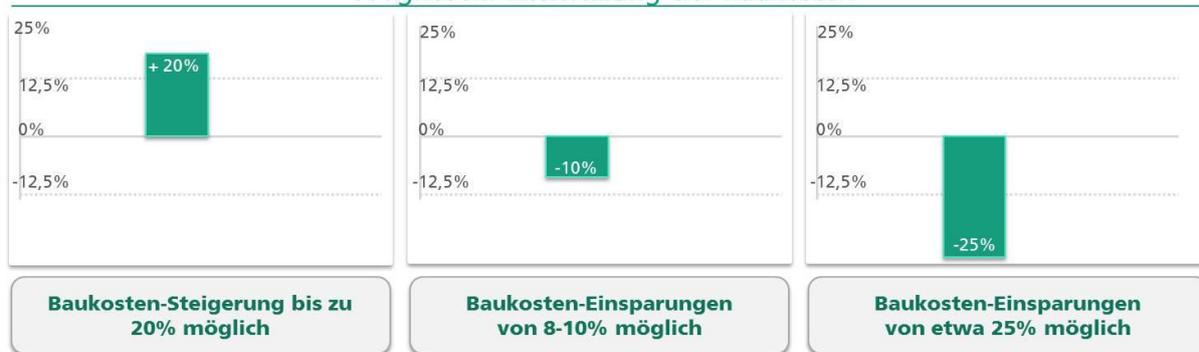


Abb.02 Auswirkungen auf die Baukosten

Berücksichtigt man bisherige Einsparungen und Effizienzgewinne anderer Branchen durch Industrie 4.0-Strategien, wie die vernetzte Produktion oder die parametrische digitale Planung, so könnte sich bei konsequenter Transformation der Branche eine Baukosteneinsparung von bis zu 25% einstellen.

Darauf aufbauend wurde ein Maßnahmenplan erarbeitet, welcher notwendige Handlungsbedarfe für die Transformation zu einer Bauindustrie 4.0 beschreibt. Im Prozess wurden verschiedene Planungsmethoden und -ansätze gegenübergestellt und verglichen. Dabei wurde das gegenwärtige Planen und Bauen, der Bauprozess nach der Planungsmethode BIM (derzeitige Umsetzungen von BIM) und parametrisches Planen sowie die digitale Fertigung (FUCON 4.0 / Industrie 4.0- Themen / erweitertes BIM) gegenüber gestellt und verglichen. Letzteres baut ebenfalls auf der BIM-Methode auf und diente im weiteren Forschungsverlauf als Grundlage für die Vision »Bauindustrie 4.0«.

Als Ergänzung dazu wurden parametrische Planungs- und digitale Fertigungsprozesse aus Sicht der Praxis durch designtoproduction vorgestellt und mögliche Vorteile, insbesondere in Produktivität und Wirtschaftlichkeit, aufgezeigt. Anhand verschiedener digitaler Mock-ups konnten Prozesseigenschaften und Anwendungsfelder beispielhaft nachvollzogen werden. Daraus wurden neue Prozess- und Herangehensweisen an die Planung und Fertigung durch die Nutzung digitaler Werkzeuge aufgezeigt und deren Bedeutung auf den Gesamtprozess beschrieben. Diese Erkenntnisse, sowohl aus Sicht der Forschung, als auch der Praxis, mündeten in der gemeinsamen Erarbeitung einer Vision »Bauindustrie 4.0«.

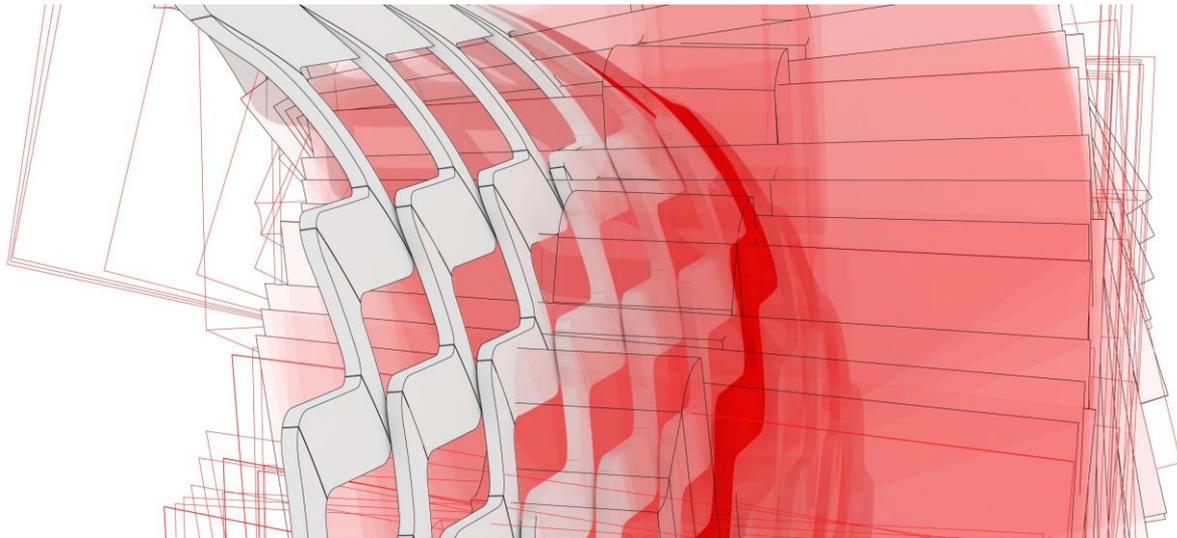


Abb.03 Parametrisierte Fassade InterContinental Davos mit »Digitalen Details«

Diese Vision einer »Bauindustrie 4.0« gliedert sich in vier Module. Modul 1 beinhaltet den Kern und die notwendige Infrastruktur zur Realisierung einer solchen Bauindustrie. Dabei handelt es sich um einen Geometrikern der Software, sowie das auf der BIM-Methode aufbauende Gebäudeinformationsmodell, welches mit den relevanten Daten aus einer relationalen Datenbank verknüpft ist. Die Anbindung an die Herstellung wird über sogenannte Hersteller-Plug-ins gewährleistet, über diese fließen wechselseitig im geeigneten Format sämtliche relevanten Daten, sowohl vom Hersteller zum Planer als auch umgekehrt. Die Detaillierung der Gebäudeinformationsmodelle findet in der Regel automatisch statt. Entweder über einzelne Hersteller-Plug-ins oder über erweiterte Gebäudestile, die den Anforderungen an bestimmte Gebäudetypen gerecht werden und mit sämtlichen Normen und Vorgaben versehen sind.

Dieses Grundmodul wird durch weitere Module ergänzt, so werden die zukünftigen und neuen Tätigkeitsfelder die sich für Architekten und Planer ergeben beschrieben. Ein weiteres Modul beschäftigt sich mit der Anbindung an die Fertigung sowie an die Baustelle und neue Fertigungsmethoden. Das letzte Modul beschäftigt sich mit der Notwendigkeit von Experimentierfeldern für die Anwendung neuer Fertigungs- und Baumethoden in der Ausführung zur Umsetzung von Pilotprojekten.

## **Fazit**

Die vorliegende Forschungsarbeit hat aufgezeigt, mit welchen globalen bzw. eigenen Problemen und Herausforderungen die deutsche Baubranche in der Weiterentwicklung ihrer Prozesse im 21. Jahrhundert zu kämpfen hat. Ein möglichst detailgetreues Abbild, wie in Deutschland in den meisten Fällen Projekte geplant und realisiert werden, wurde geschaffen. Es wurde herausgestellt, sowohl aus Sicht der Wissenschaft (Fraunhofer IAO und IAT Uni Stuttgart), als auch aus der Praxis (designtoproduction), welche Prozessansätze seit einigen Jahren bei Leuchtturmprojekten von Spezialisten angewendet werden. Zudem wurden die dahinterliegenden Prozesse analysiert und generalisiert, dass sie allgemein auf weitere Projekte für das Bauwesen angewendet werden können.

Aus den Erfahrungen kann man folgende Schlüsse ziehen: Die Zurverfügungstellung von Produktionsdaten gehört nicht zum gegenwärtigen Leistungsbild eines Architekten und so sollte es auch in Zukunft sein. Es muss jedoch eine Verbindung hergestellt werden, zwischen der Entwurfsarbeit des Architekten, dem Einfluss der beratenden Ingenieure und anderer Fachplaner sowie der Schnittstelle zur Produktion. Der Architekt benötigt zunächst ein Planungsinstrument, das ihm zum einen maximale Gestaltungsfreiheit im Entwurf gibt und gleichzeitig sicherstellt, dass in jeder Planungsphase ein konsistenter Datensatz als Ausgangspunkt für die Zusammenarbeit mit den Planungspartnern zur Verfügung steht. Der Einfluss der Planungspartner auf den Entwurf muss

transparent und nachvollziehbar sein. Die Entscheidungen des Architekten ebenfalls. All dies lässt sich nur auf der Basis eines leistungsfähigen Gebäudedatenmodells und einer entsprechenden Datenbankstruktur aufsetzen. Dort sind die Beziehungen der Bauteile untereinander, ihre Lage im Gebäude, ihre Zugehörigkeit zur Stockwerken oder Raumgruppen sowie ihre Modifikation, Materialeigenschaften, Oberflächenqualitäten usw. organisiert. Die Automatisierung von Planungsleistungen ist ohne ein leistungsfähiges Gebäudedatenmodell plus Datenbank undenkbar.

Das Forschungsprojekt ist nicht als abgeschlossenes Ergebnis zur Digitalisierung des Bauens zu betrachten, sondern vielmehr als ein wegbereitender Baustein bzw. Richtungsweiser für eine systematische Beforschung von parametrischer Planung und digitaler Fertigung einzuordnen. Resultierende Ergebnisse dieser Forschungsarbeit für weiterführende Handlungsfelder einer »Bauindustrie 4.0« wurden aufgezeigt. Zukünftig wird erforderlich sein, weniger an einzelnen Phasen der Bauprozesskette unabhängig zu forschen, sondern ganzheitliche Herangehensweisen an die bestehenden Prozesse anhand konkreter Umsetzungsprojekte und Demonstrationsvorhaben zu etablieren. Es hat sich gezeigt, dass sich die Optimierung auf die Planung von Einzelprojekten unter Einbezug von BIM-fähiger Software erstreckt, dabei wird meist (die direkte Anbindung an) die Fertigung und Baustelle vernachlässigt und somit ein großes Potenzial für die Zukunft ausgeschlossen. Zudem bestehen aktuell meist nur unvollständige Angaben einzelner Unternehmen zu jeweiligen Prozessschritten und Potenzialen. Eine komplette und abdeckende Datenerhebung entlang heutiger Bauentstehungsprozesse ist in der Regel für Gesamtvorhaben somit aktuell äußerst schwierig, da die Daten schlicht nicht von allen Beteiligten erhoben oder bereitgestellt werden.

Eine ganzheitliche Begleitforschung von Umsetzungsprojekten, von der Konzeption über die Planung, Realisierung bis in die Nutzungsphase hinein, ist für die Zukunft zielführend und von hoher Relevanz. Ähnlich der bisherigen engagierten Forschungsinitiative der Bundesregierung zu nachhaltigem Bauen, Effizienzhäusern und Plusenergiegebäuden werden solche Demonstrations- bzw. Begleitprojekte zukünftig auch für die Umsetzung der Vision »Bauindustrie 4.0« benötigt.

## **Eckdaten**

---

Kurztitel: FUCON 4.0 - Nachhaltiges Bauen durch digitale und parametrische Fertigung

Forscher / Projektleitung:

Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation IAO  
Dr.-Ing. Alexander Rieck  
[alexander.rieck@iao.fraunhofer.de](mailto:alexander.rieck@iao.fraunhofer.de)

Gesamtkosten: 249.498,72€

Anteil Bundeszuschuss: 174.498,72€

Projektlaufzeit: 18 Monate

## **BILDER/ ABBILDUNGEN:**

---

Bild 1: Vergleich Planungsmethoden.jpg

Abb.01: Vergleich der Planungsmethoden

Bild 2: Szenarien\_Auswirkungen auf Baukosten.jpg

Abb.02: Auswirkungen auf die Baukosten

Bild 3: ICD\_abstract graphic d2p\_persp\_Ausschnitt.jpg

Abb.03: Parametrisierte Fassade InterContinental Davos mit »Digitalen Details«

Bild 4: ICD\_abstract graphic d2p\_persp.jpg (nicht im Kurzbericht)

Bild 5: Szenarien\_Auswirkungen auf Indikatoren.jpg (nicht im Kurzbericht)