

# 1 Einführung

Der Fabrikplanungsprozess besteht im Wesentlichen aus der Planung des Produktionssystems als wertschöpfendes Innenleben der Fabrik sowie aus der Planung der die Wertschöpfung umgebenden Hülle, der Industriebauplanung<sup>1,2</sup>. Folglich wird das gewöhnliche Gebäudeplanungsteam durch die Planungsdisziplin der Produktionsplanung erweitert. Hierdurch entstehen zusätzliche Anforderungen an Informationen und Daten, die zwischen den Planern<sup>3</sup> ausgetauscht werden müssen.

*„Wir waren jene, die wussten, aber nicht verstanden, voller Informationen aber ohne Erkenntnis, randvoll mit Wissen, aber mager an Erfahrung.“*

*Roger Willemsen*

Innerhalb eines solchen Fabrikplanungsprozesses wurden in der Vergangenheit insbesondere an den Synchronisationspunkten zwischen den Planern Aktivitäten sichtbar, die nicht dem direkten Projektfortschritt dienten. Vielmehr waren sie durch Koordinations- und Abstimmungstätigkeiten geprägt, die die Sicherstellung der Konsistenz und somit der Stabilität der Planung zum Ziele hatten. In einem regelungstechnischen Verständnis ist die Stabilität eines Systems dann gegeben, wenn die Zustandsvariablen des Systems nach Änderung der Stör- bzw. Führungsgröße wieder auf ein Gleichgewicht zustreben, so dass sich das System insgesamt wieder einschwingt.<sup>4</sup> Diesem theoretischen Verständnis folgend beschreibt die Stabilität von Fabrikplanungsprozessen analog den Zustand, in dem sich alle Zustandsvariablen der Planung trotz wechselnder Parameter (also Planungsinformationen) weitgehend im Gleichgewicht befinden. Die beschriebenen Koordinations- und Abstimmungstätigkeiten sind folglich für das Einschwingen des Planungssystems nach Einfluss von Störgrößen notwendig. Solch ein Einschwingen des Planungssystems erfordert Zeit und vermindert somit die Effizienz von Fabrikplanungsprojekten.

Derartige Störgrößen an Synchronisationspunkten zwischen Planern bestehen zum Beispiel aus Medienbrüchen (wie der Wechsel von papierbasierten 2D-Zeichnungen hin zu 3D-CAD-Zeichnungen). Um solchen zunächst in der Baubranche generell vorherrschenden Problemen zu

---

<sup>1</sup> Vgl. Burggräf, P. et al. (2019), Integrated Factory Modelling, S. 144.

<sup>2</sup> Dem Autor ist bewusst, dass insbesondere durch die zunehmende Vernetzung im Zuge der Industrie 4.0 die Grenze zwischen dem wertschöpfenden Innenleben und dem Gebäude verschwimmt. Dennoch liegt die Wertschöpfung bei fertigenden Betrieben noch immer hauptsächlich im Produktionsbereich.

<sup>3</sup> Aus Gründen der Lesbarkeit wurde im Text bei Personenbezeichnungen die männliche Form gewählt, nichtsdestoweniger beziehen sich die Angaben auf Angehörige aller Geschlechter.

<sup>4</sup> Vgl. Föllinger, O. et al. (2016), Regelungstechnik, S. 1ff.

begegnen, wurde in der Bauwirtschaft das *Building Information Modeling* (deutsch: Gebäudedaten- bzw. Gebäudeinformationsmodellierung, kurz: BIM) eingeführt; eine integrale Methode, welche mittels objekt- und informationsorientierter Modellierung Transparenz in den Planungsständen sowie den Austauschformaten sicherstellt<sup>5</sup>. Der Stellenwert dieser Methodik für die deutsche Bauindustrie wird dadurch deutlich, dass sie für alle ab 2020 zu vergebenden öffentlichen (Infrastruktur-)Projekte in Deutschland eingesetzt werden muss<sup>6</sup>. Dennoch wird diese Methode vorrangig von Gebäudeplanenden genutzt<sup>7</sup>. Daher ist in diesem Zusammenhang festzuhalten, dass auch im BIM-Zeitalter Produktion und Gebäude häufig als zwei Systeme gesehen und daher getrennt voneinander geplant werden<sup>8</sup>.

Die fehlende Integration von Produktion und Gebäude ist laut einer im Jahre 2019 vom Autor dieser Forschungsarbeit durchgeführten Expertenstudie auf drei übergreifende Ursachen zurückzuführen:<sup>9</sup>

- Der Fokus der Planungseffizienz liegt in der Schnittstelle zwischen TGA- und Produktionsplanung (TGA = Technische Gebäudeausrüstung).
- Die Planungsreifegrade in der BIM-basierten Fabrikplanung sind nicht einheitlich definiert.
- Es fehlt an Transparenz über die Abhängigkeiten der Planungsparameter und -attribute, was die Prüfung von Planungsständen erschwert.

## 1.1 Zielsetzung der Forschungsarbeit

Bestehende Ansätze im Feld der beschriebenen Problemstellung erkennen die Notwendigkeit, Informationen und Daten in Gebäudeplanungsprozessen transparent zu gestalten, daraus Planungsprozesse abzuleiten und Prüfprozesse auszulegen. Weiterhin weisen die bestehenden Ansätze deutlich in Richtung der Nutzung von Ontologien zur transparenten Darstellung der Abhängigkeiten von Informationen sowie abgeleiteten Prüflogiken. Ziel des Forschungsvorhabens ist daher die Entwicklung eines informations- und reifegradbasierten Konzepts mithilfe von Ontologie-Modellen, um die informatorische Transparenz parametrischer und prozessualer Abhängigkeiten zwischen produktions- und TGA-bezogener BIM-Planung zu erhöhen und automatische, fabrikplanungsspezifische Prüfungen durchzuführen. Der Nutzen des Vorhabens liegt final in der Vermeidung von Schnittstellenproblemen, so dass die BIM-basierte Fabrikplanung schneller, flexibler und mit weniger Planungsfehlern durchgeführt werden kann.

---

<sup>5</sup> Vgl. van Treeck, C. et al. (2016), Gebäude.Technik.Digital, S. 15.

<sup>6</sup> Vgl. planen-bauen 4.0 - Gesellschaft zur Digitalisierung des Planens, Bauens und Betreibens mbH (2015), Stufenplan Digitales Planen und Bauen, S. 9.

<sup>7</sup> Vgl. Burggräf, P. et al. (2018), Factory-BIM zur integrierten Produktions- und Gebäudeplanung, S. 159f.

<sup>8</sup> Vgl. Burggräf, P. et al. (2019), Integrated Factory Modelling, S. 144.

<sup>9</sup> Vgl. ebd., S. 148ff.

Die dieser Forschungsarbeit zugrundeliegende Forschungsfrage kann mithin wie folgt formuliert werden:

Kann der Informationsaustausch zwischen Produktions- und TGA-Planung im BIM-basierten Fabrikumfeld mittels Ontologie-Modellen automatisch verifiziert werden?

## 1.2 Design Science Research als Forschungsmethodik

Der typische Zwiespalt des Forschers ist es, einerseits nicht zu früh Strukturvorgaben zu erzwingen und andererseits den Lösungs- und Methodikraum hinreichend einzuschränken, um ein Thema fokussiert bearbeiten zu können.<sup>10,11</sup> Die Wahl einer geeigneten Forschungsmethodik kann diesen Zwiespalt beherrschbar machen.

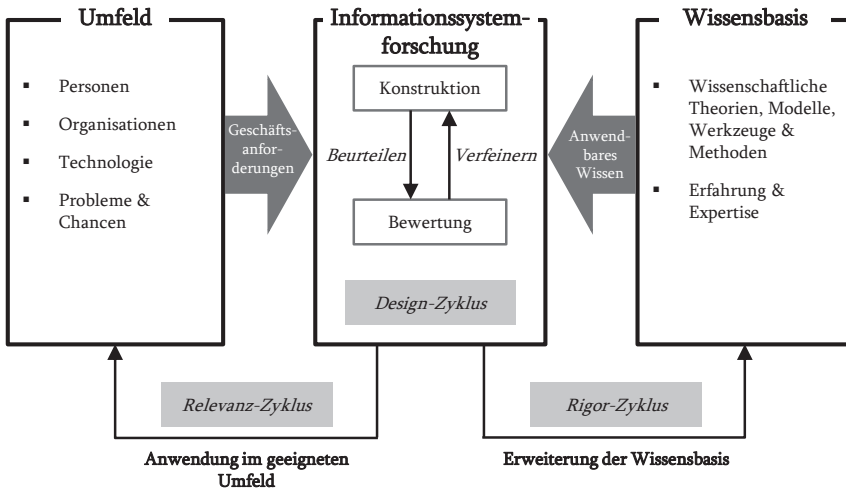
Die vorliegende Arbeit ist in den Bereich der *Information Systems Research* (deutsch: Informationssystemforschung) einzuordnen. Diese ist unterteilbar in die *Behavioral Science* (deutsch: Verhaltensforschung) und die *Design Science Research* (deutsch: Forschung der Gestaltungswissenschaft). Die *Behavioral Science* möchte Theorien entwickeln und verifizieren, um Ist-Verhaltensweisen von Personen oder Organisationen zu erklären. Die *Design Science Research* (DSR) agiert hingegen problemlösungsorientiert, indem sie Methoden, Ideen und Werkzeuge (so genannte Artefakte) entwickelt, durch die die Implementierung, das Management und die Nutzung von Informationssystemen effektiv und effizient durchgeführt werden können.<sup>12</sup> Um eine konkrete Lösung für den Fabrikplanungsprozess zu erarbeiten, folgt die vorliegende Forschungsarbeit im Folgenden der Methodik der *Design Science Research*. Durch die beschriebenen Aspekte gibt sie grundlegende Maximen des Forschungsprozesses vor, lässt jedoch ausreichend Entfaltungsraum für die Ausgestaltung des individuellen Forschungsvorhabens, wodurch dem anfangs beschriebenen Zwiespalt des Forschers erfolgreich begegnet werden kann.

---

<sup>10</sup> Vgl. Turabian, K. (2011), A manual for writers of research, S. 27ff.

<sup>11</sup> Vgl. ebd., S. 23ff.

<sup>12</sup> Vgl. Hevner, A. et al. (2004), Design Science in Information Systems Research, S. 76.



**Abbildung 1-1: Rahmen der Design Science Research als Forschungsmethodik<sup>13</sup>**

Die DSR ist durch drei übergreifende Zyklen geprägt (siehe Abbildung 1-1). Der Relevanz-Zyklus verknüpft das kontextuelle Umfeld des Forschungsprojekts mit den relevanten Forschungsaktivitäten. Der Relevanz-Zyklus initiiert somit die DSR mit einem konkreten Anwendungskontext, der als Input nicht nur die Anforderungen an die Forschung liefert, sondern auch Akzeptanzkriterien für die letztendliche Bewertung der Forschungsergebnisse definiert. Ziel dieses Zyklus ist somit in einfachen Worten, dass ein praktisch relevantes Problem gelöst wird.<sup>14</sup> Der Rigor-Zyklus verknüpft die Forschungsaktivitäten mit der Basis an wissenschaftlichen Grundlagen, Kompetenzen und Erfahrungen, die das vorliegende Forschungsvorhaben prägen. Die Ergebnisse des gesamten Forschungsvorhabens basieren somit auf der Auswahl und Anwendung der geeigneten Theorien und Methoden. Gleichzeitig erweitern die erarbeiteten Ergebnisse die Wissensbasis durch Ausbau der ursprünglichen Modelle und Artefakte. Mithin fördert dieser Zyklus die Generierung eines forschungsrelevanten Erkenntnisgewinns.<sup>15</sup> Der Fokus der DSR auf Relevanz und Rigor stellt somit sicher, dass die erarbeiteten Ergebnisse sowohl in der praktischen Anwendung als auch in der Wissenschaft nutzenstiftend sind. Jene Ergebnisse werden innerhalb des zentralen Design-Zyklus kreiert, der zwischen den Kernaktivitäten der Lösungsfindung und der Bewertung der erarbeiteten Lösungsartefakte und -prozesse kontinuierlich iteriert.<sup>16</sup>

<sup>13</sup> I.A.a.Hevner, A. (2007), A Three Cycle View of Design, S. 88.

<sup>14</sup> Vgl. ebd., S. 88f.

<sup>15</sup> Vgl. ebd., S. 89f.

<sup>16</sup> Vgl. ebd., S. 90f.

### 1.3 Struktureller Aufbau der Arbeit

Die Forschungsarbeit basiert auf der Methodik der DSR. Abbildung 1-1 verdeutlicht, dass DSR-Forschung auf Zyklen beruht und somit vom Grundsatz her kein vordefiniertes Ende besitzt. Projekte der Forschung und damit auch wissenschaftliche, universitäre Schriften allerdings sind per definitionem schon auf ein konkretes Ende hin ausgerichtet<sup>17</sup>. Dies unterstreichen auch PEFFERS ET AL., indem sie schreiben, dass es der DSR an einem konzeptionellen Prozess zur Durchführung mangle, um in der Informationsforschungs-Community Akzeptanz für die Forschungsergebnisse zu erzielen<sup>18</sup>. OSTERWALDER hat mit ähnlichen Gedanken das DSR-Vorgehen linearisiert und seine Dissertation dementsprechend strukturiert: Kapitel 2 und 3 seiner Arbeit zeigen Rigor und Relevanz des Forschungsvorhabens, worauf in Kapitel 4 der Design-Zyklus folgt. Kapitel 5 und 6 implementieren den Lösungsansatz aus dem Design-Zyklus in einer Fallstudie und Kapitel 7 evaluiert das Gesamtverfahren. Die hier zugrundeliegende Annahme ist, dass die Dissertation bei Abschluss ein in sich finalisiertes **Zwischenergebnis** des Gesamtverfahrens entsprechend der DSR darstellt. Diese Zwischenergebnisse sind allerdings weiterhin als Prototypen zu betrachten, die in weiteren Forschungsvorhaben zusätzlich iteriert werden sollten.<sup>19</sup> Auf dieser Basis und auf Grundlage weiterer analysierter Ansätze schlagen OFFERMANN ET AL. vor, DSR-Forschung sequentiell in die Schritte Problemidentifikation, Lösungsdesign und Evaluation zu strukturieren<sup>20</sup>.

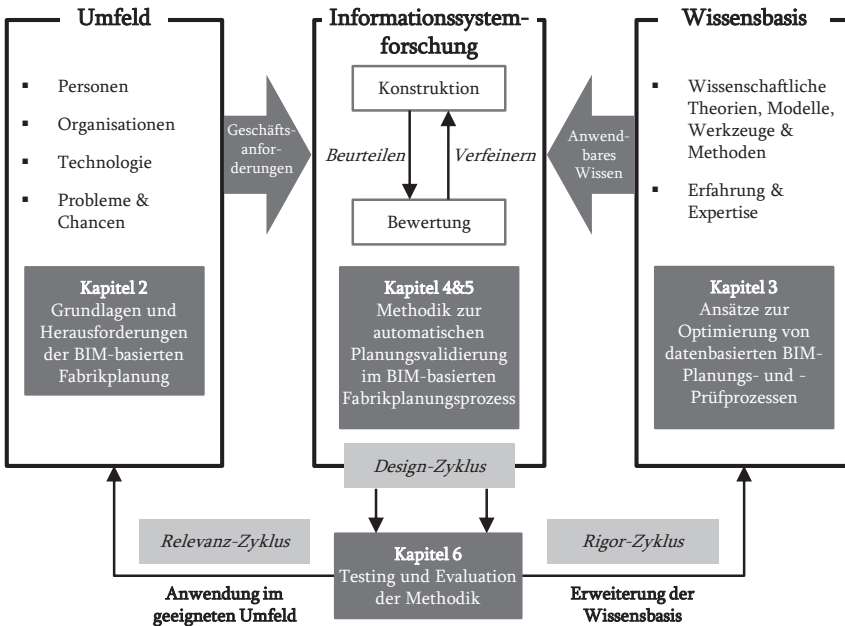
---

<sup>17</sup> Vgl. Project Management Institute (PMI), [Stand: 27.02.2021] What is Project Management?

<sup>18</sup> Vgl. Peffers, K. et al. (2006), The Design Science Research Process, S. 87.

<sup>19</sup> Vgl. Osterwalder, A. (2004), The Business Model Ontology.

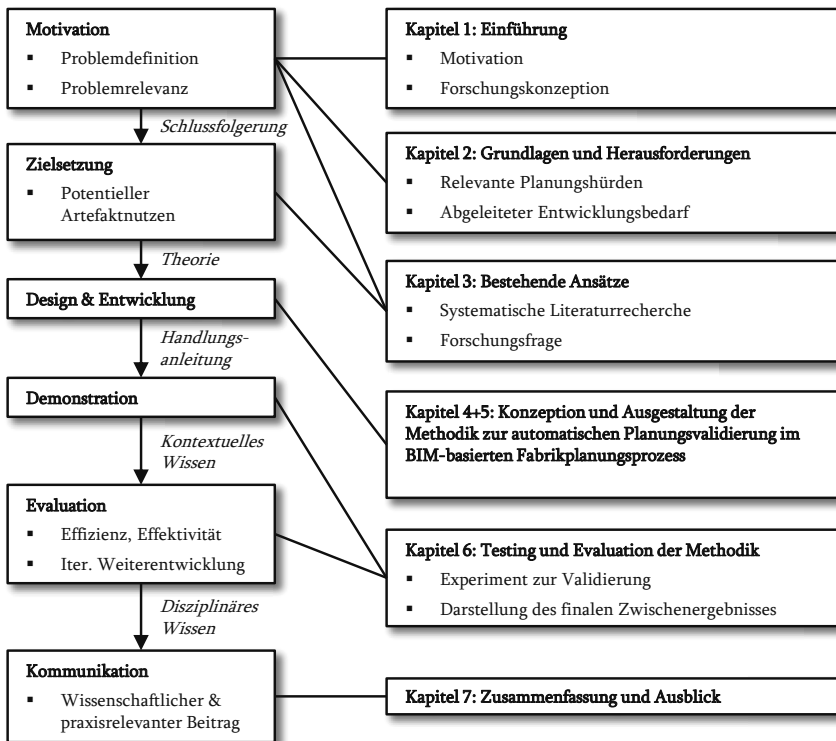
<sup>20</sup> Vgl. Offermann, P. et al. (2009), Outline of a design science research process, S. 3ff.



**Abbildung 1-2: Aufbau der Forschungsarbeit auf Basis der DSR<sup>21</sup>**

Basierend auf dieser sequentiellen Vorgabe zeigt Abbildung 1-2 die Einordnung der Kapitel der vorliegenden Forschungsarbeit in das Rahmenwerk der DSR. Für das linearisierte Vorgehen ordnet Abbildung 1-3 diese Kapitel entsprechend den Ansätzen von PEFFERS ET AL., OSTERWALDER und OFFERMANN ET AL. in einen sequentiellen Prozess ein: Nach einer Einführung in Kapitel 1 beschreibt Kapitel 2 zunächst die Grundlagen von BIM-basierter Fabrikplanung. Mittels einer Expertenstudie wird daraufhin der zugrundeliegende Entwicklungsbedarf aus der Praxis dargestellt und die Relevanz des Forschungsvorhabens abgeleitet. Kapitel 3 analysiert daraufhin die Wissensbasis im Bereich reifegradbasierter Fabrikplanung mit BIM, um genügend Theorie und Werkzeuge für den folgenden Design-Zyklus zur Verfügung zu stellen und Rigor des Forschungsvorhabens zu gewährleisten. Der praktische Entwicklungsbedarf und die Wissensbasis kulminieren am Ende von Kapitel 3 in die zentrale Forschungsfrage.

<sup>21</sup> I.A.a. Hevner, A. (2007), A Three Cycle View of Design, S. 88.



**Abbildung 1-3: Linearisierte DSR-Struktur der vorliegenden Arbeit<sup>22</sup>**

In Kapitel 4, dem eigentlichen Gestaltungsraum, wird das Lösungskonzept als erstes, prototypisches Ergebnis des Design-Zyklus dargestellt, welches in der Folge in Kapitel 5 durch die detaillierte Beschreibung der einzelnen Lösungsartefakte eingehend konkretisiert wird. Das Kapitel 6 widmet sich schließlich dem Testen und der Evaluation des Prototyps als notwendige erste Iteration; der Prototyp inklusive Erkenntnissen aus der Iteration stellt sodann das Endergebnis der Dissertation dar. Die Kernergebnisse werden schließlich in Kapitel 7 zusammengefasst und bieten ein Sprungbrett für die Skizzierung der zukünftig nötigen, weiteren Ausarbeitungen des Prototyps.

<sup>22</sup> I.A.a. Peffers, K. et al. (2006), The Design Science Research Process, S. 93ff.; Osterwalder, A. (2004), The Business Model Ontology, Inhaltsverzeichnis; Offermann, P. et al. (2009), Outline of a design science research process, S. 3ff.