



Lehrstuhl und Institut  
für Baumanagement,  
Digitales Bauen und  
Robotik im Bauwesen

**RWTHAACHEN**  
**UNIVERSITY**

# **TAGUNGSBAND**

## **33. BBB-Assistent:innentreffen**

**Institut für Baumanagement, Digitales Bauen und Robotik im Bauwesen  
der RWTH Aachen University**

**15.-17. Juni 2024**

Tagungsband  
zum 33. BBB-Assistent:innentreffen  
Aachen 2024

**Fachkongress der wissenschaftlichen Mitarbeiter:innen in Bauwirtschaft,  
Baubetrieb und Baumanagement**

Beiträge zum 33. BBB- Assistent:innentreffen vom 15. bis 17. Juli 2024 in Aachen

## Impressum

### Tagungsband zum 33. BBB-Assistent:innentreffen Aachen 2024

*Veröffentlicht durch:*

Lehrstuhl und Institut für Baumanagement, Digitales Bauen und Robotik im Bauwesen  
Jülicher Straße 191-209  
52070 Aachen

*Herausgeber:* Peter Gölzhäuser, Jan-Iwo Jäkel, Prof. Dr.-Ing. Katharina Klemt-Albert

*Umschlaggestaltung:* Hendrik Benz

*Verfügbar über das institutionelle Repositorium der RWTH Aachen University:*

DOI: [10.18154/RWTH-2024-09723](https://doi.org/10.18154/RWTH-2024-09723)

1. Auflage

Aachen 2024

Für den Inhalt der Beiträge sind die Verfasserinnen und Verfasser verantwortlich. © 2024 die Autorinnen und Autoren.



Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Es steht unter der Creative Commons Namensnennung 4.0 International Lizenz ([CC BY 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)). Von der Lizenz ausgenommen sind Texte, Abbildungen, Karten und anderes fremdes Material, soweit anders gekennzeichnet sowie sämtliche Logos.

## Danksagung

Besonderer Dank gilt der Gesellschaft zur Förderung des Baubetriebs Aachen e.V. für die organisatorische Ausrichtung der Konferenz.

# GFB

Herzlicher Dank gilt überdies den Sponsorinnen und Sponsoren für ihre Unterstützung.

**Schiffers**  
Bauconsult



**VÄTH & SCHMIDT**  
■ ■ ■ Baubetriebliches Controlling



## Inhalt

<b>Anwendungsfälle für Tuxel im Tunnel Information Modeling .....</b>	<b>8</b>
<i>Hans Exenberger<sup>1</sup> und Felix Ehmke<sup>1</sup></i>	
<b>Analyse zum Bedarf einer Handlungsempfehlung für den Einsatz von Building Information Modeling (BIM) für Auftraggeber .....</b>	<b>16</b>
<i>Gertraud Wolf<sup>1</sup> und Simon Christian Becker<sup>1</sup></i>	
<b>Analyse eines BIM-Anwendungsfalls mit der Arbeitssystemmethode .....</b>	<b>30</b>
<i>Julian Halter<sup>1</sup></i>	
<b>Ein bauwirtschaftlicher Ansatz zur Steigerung der Resilienz in der Fabrikplanung im Kontext von Industrie 5.0.....</b>	<b>43</b>
<i>Daniel Wentzek<sup>1</sup></i>	
<b>Bauindustrie 4.0: Konzept, Schlüsseltechnologien und aktuelle Herausforderungen .....</b>	<b>58</b>
<i>Tessa Oberhoff<sup>1</sup> und Finn Hermel<sup>2</sup></i>	
<b>Von der virtuellen Planung zur digitalen Ausführung – Nahtlose Integration immersiver Technologien in den Bauprozess.....</b>	<b>78</b>
<i>Jan Thormählen<sup>1</sup> und Gerrit Placzek<sup>2</sup></i>	
<b>Intransparente Vielfalt im Krankenhausbau – eine umfassende Analyse der Anforderungen für die Baugenehmigung in den Bundesländern Deutschlands.....</b>	<b>95</b>
<i>Sabine Hartmann<sup>1</sup>, Mohamed Abodewan<sup>1</sup> und Katharina Klemt-Albert<sup>1</sup></i>	
<b>Zeitliche Wirtschaftlichkeitsbetrachtung des automatisierten Mauerns mittels Seilrobotik.</b>	<b>110</b>
<i>Max Huvers<sup>1</sup></i>	
<b>Definition von Projektabwicklungsformen anhand ihrer Bestandteile .....</b>	<b>124</b>
<i>Benedikt Schmidt<sup>1</sup> und Samuel Wellmann<sup>2</sup></i>	
<b>Entwicklung von Kalkulationsansätzen für die Hauptkostenart "Lohn" zur Herstellung von Carbonbetonbauteilen .....</b>	<b>134</b>
<i>Florian Härtel<sup>1</sup> und Romy Wiel<sup>2</sup></i>	
<b>Digitale Öffentlichkeitsbeteiligung neu denken – Menschzentrierte Gestaltung BIM-basierter Beteiligungsplattformen .....</b>	<b>147</b>
<i>Jennifer Klütsch<sup>1</sup>, Sandra Hensen<sup>2</sup>, Luise Haehn<sup>3</sup>, Jonathan Matthei<sup>4</sup>, Patricia Hirsch<sup>5</sup> und Sabine J. Schlittmeier<sup>6</sup></i>	
<b>Erweiterung des IPA-Kanons bei der DB – Erläuterungen anhand eines Zwischenberichts zum Projekt ‚Schaffung Instandhaltungskapazitäten ICE L‘ .....</b>	<b>159</b>
<i>Felix Theuring<sup>1</sup> und Sören Sommerfeld<sup>2</sup></i>	
<b>Integrierte Projektabwicklung (IPA) im Projekt GeoLaB .....</b>	<b>173</b>
<i>Charlotte Horstmann und Carolin Baier</i>	
<b>Anforderungen an die Kostenplanung und -steuerung in IPA-Projekten .....</b>	<b>185</b>
<i>Marc Weinmann<sup>1</sup> und Carolin Baier<sup>2</sup></i>	
<b>Zusätzliche Transparenz durch den Einsatz von digitalen Softwarelösungen für die Bauwirtschaft .....</b>	<b>200</b>

*Carl Philipp Friedinger<sup>1</sup> und Simon Christian Becker<sup>2</sup>*

**Adaptionen der Integrierten Projektabwicklung (IPA) für kleine und mittlere Projekte .....215**

*Simon Christian Becker<sup>1</sup> und Carl Philipp Friedinger<sup>1</sup>*

**Lean Project Management und Lean Project Delivery – Einordnung und Differenzierung übergeordneter Lean-Konzepte im Kontext des Bauwesens .....233**

*Paul Christian John<sup>1</sup>*

**Anforderungsprofil des Lean Bauprojektmanagers.....248**

*Phillip Süß<sup>1</sup>*

**Entscheidungen im Projektmanagement – Ein Konzept zur projektzielorientierten Entscheidungsfindung unter Berücksichtigung von Zielkonflikten .....259**

*Jonas Eigendorf<sup>1</sup>*

**Unleashing Lean Construction in the digital age – Insights from Student Studies .....272**

*Svenja Lauble<sup>1</sup>, Philipp Zielke<sup>2</sup> und Shervin Haghsheno<sup>3</sup>*

**Praxisbeitrag: Digitale Taktplanung und Taktsteuerung im industrialisierten Bauen bei Goldbeck .....287**

*Hamid Rahebi<sup>1</sup>*

**Öffentlichkeitsarbeit auf Baustellen: Qualitative Untersuchung und Leitfaden.....300**

*Marcel Max Weissinger<sup>1</sup> und Sarah Lieb<sup>2</sup>*

**Identifikation aktueller Bedürfnispräferenzen im Kontext motivationstheoretischer Betrachtungen im Bauprojektmanagement .....315**

*Nane Roetmann<sup>1</sup> und Manfred Helmus<sup>2</sup>*

**Quality Function Deployment und das Kano-Modell der Kundenzufriedenheit .....331**

*Natalia Bienkowski<sup>1</sup>*

**Evaluationbedarf des § 650c BGB: Berechnungsmodelle und deren systematische Klassifizierung nach Schottke.....340**

*Björn Bernhard Vauk<sup>1</sup> und Dennis Dalchau<sup>2</sup>*

**Ökologische und soziale Anforderungen an die Bedarfsplanung von Hochbauprojekten .....353**

*Kurt Philipp Rockenbauer<sup>1</sup> und Michael Dollmann<sup>2</sup>*

**Integration von nachhaltigen Materialien und LCA in die Hochschulbildung – Aktueller Stand im Forschungsprojekt DiNaBau .....368**

*Aline Gruner<sup>1</sup>, Florian Kopf<sup>2</sup> und Johanna Schober<sup>3</sup>*

**Digitale Teiligungsplattformen: Eine Bestandsaufnahme .....381**

*Jonathan Matthei<sup>1</sup>, Donald Wilson Lako Ngueudjui<sup>2</sup> und Maximilian Friedhelm Heinrich Christ<sup>3</sup>*

*BIM-based Life Cycle Assessment in the early design phases of buildings with BIPV(T) systems*

*Fabian Edenhofner<sup>1</sup>, Justus Osterloh<sup>1</sup> und Franziska Blennemann<sup>1</sup>*

**Geschäftsmodell-Innovationen und Trends in der Immobilienwirtschaft .....416**

*Dominik Ehmman<sup>1</sup>*

**Entwicklung einer Darstellungsweise der Wertstrommethode für die Anwendung in der Bauprojektabwicklung .....429**

*Paul Herrmann, M.Sc. <sup>1</sup>*

**Status quo der Bedarfsplanung in Deutschland.....443**

*Philipp Compagnone <sup>1</sup>*

**Kultur isst Struktur zum Frühstück? .....458**

*Axel Fricke, M. Sc., M. Eng.<sup>1</sup>*

**Moderne Bauleitung Eine Studie zur Anwendbarkeit ausgewählter Arbeitsmodule in kleinen und mittleren Bauunternehmen .....472**

*Robin Becker <sup>1</sup>, Nane Roetmann <sup>2</sup>, Laura Baßfeld <sup>3</sup>, Till Schöttler <sup>4</sup> und Manfred Helmus <sup>5</sup>*

**Pneumatische Schalkörper in der Durchbrucherstellung und Sicherung.....485**

*Robin Becker <sup>1</sup>*

# Anwendungsfälle für Tuxel im Tunnel Information Modeling

*Hans Exenberger<sup>1</sup> und Felix Ehmke<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> *Arbeitsbereich für Baumanagement, Baubetrieb und Tunnelbau (iBT), Institut für Konstruktion und Materialwissenschaften, Universität Innsbruck, hans.exenberger@uibk.ac.at*

<sup>1</sup> *Arbeitsbereich für Baumanagement, Baubetrieb und Tunnelbau (iBT), Institut für Konstruktion und Materialwissenschaften, Universität Innsbruck, felix.ehmke@uibk.ac.at*

## Kurzfassung

Der vorliegende Beitrag präsentiert den aktuellen Stand der Erarbeitung von BIM-Anwendungsfällen im Bereich der Kostenermittlung für den maschinellen Tunnelbau, der sich auf verschiedene Lebenszyklusphasen eines Tunnelprojekts verteilt. Aufbauend auf diversen Vorarbeiten am Arbeitsbereich für Baumanagement, Baubetrieb und Tunnelbau (iBT) der Universität Innsbruck wurde das Tuxel-Konzept weiterentwickelt. Dieses dient als wesentliche Grundlage für die zu definierenden Anwendungsfälle. Darauf aufbauend werden drei Anwendungsfälle beschrieben, die einen direkten Bezug zu der Kostenermittlung für Tunnelbauprojekte im maschinellen Tunnelbau herstellen. Neben der grundlegenden geotechnischen Planung (1. AwF) sind dies die Ermittlung der Bauzeit in der Ausführungsphase (2. AwF) sowie der Vortriebsgeschwindigkeit (3. AwF). Die Ergebnisse der Untersuchungen sind theoretische Ansätze für eine BIM-basierte Kostenermittlung, die bereits zusätzlich durch erste Erfahrungswerte aus der derzeit laufenden Umsetzung sowie der stetigen Weiterentwicklung optimiert werden. Diese Ansätze bieten zum einen ein erhebliches Potenzial, die Effizienz und die Genauigkeit der Kostenermittlung im maschinellen Tunnelbau zu verbessern und tragen zum anderen zu einer transparenten und nachvollziehbaren Projektabwicklung bei.

*Schlagerwörter: Tunnel Information Modeling, Tunnelbau, Digitalisierung, Tuxel*

# 1 Einleitung und Motivation

Mit dem Konzept der Tuxel ist am Arbeitsbereich für Baumanagement, Baubetrieb und Tunnelbau (iBT) bereits eine grundsätzliche Vorgehensweise detailliert ausgearbeitet worden, um verschiedenste Themen des Tunnelbaus mit Building Information Modeling (BIM) kompatibel zu machen [1], [2], [3], [4]. Die Herausforderung im Tunnel- und Infrastrukturbau ist die lineare Ausdehnung der Projekte. Diese kann in den meisten Fällen mit dreidimensionalen Informationsträgern entlang der Tunnelachse gelöst werden. Der aktuelle Stand zum Tuxel-Konzept sowie zu BIM im Tunnelbau wird in Kapitel 2 erläutert.

Darauf aufbauend werden in Kapitel 3 Anwendungsfälle (AwF) für die Tuxel definiert. Es geht nicht nur darum, Lösungsstrategien für die praktische Umsetzung zu liefern, sondern vor allem darum einem ganzheitlichen Betrachtungsansatz gerecht zu werden und die Interaktionen zwischen den verschiedenen Fachmodellen, den alphanumerischen Informationen und dem Tuxel-Konzept aufzuzeigen. Eine wesentliche Grundlage für die in diesem Beitrag beschriebenen AwF bildet die sich in Bearbeitung befindliche Dissertation zum Thema ‚Grundlagen für eine modellbasierte Kostenermittlung im maschinellen Tunnelbau‘ des Erstautors, die voraussichtlich Ende 2024 veröffentlicht wird. Für den notwendigen Praxisbezug beider Arbeiten ist die intensive Zusammenarbeit des AB iBT mit dem Baulos H41 des Brenner Basistunnels prädestiniert. Die weiteren Randbedingungen stellen sich wie folgt dar. Die zu erstellenden AwF konzentrieren sich im Wesentlichen auf Themen der Kostenermittlung und betreffen den Hartgesteins-TBM-Vortrieb. Nicht zuletzt die Erfahrungen aus der Arbeit auf der Baustelle, wie zum Beispiel dem Brenner Basistunnel, motivieren zu diesem Beitrag für ein nachhaltiges, zukunftsfähiges und digitales Arbeiten im Tunnelbau.

## 2 Stand der Technik

### 2.1 Tunnel Information Modeling

Tunnel Information Modeling (TIM) beschreibt die Anwendung von Building Information Modeling (BIM) im Tunnelbau. *Flora et al.* beschreiben mit dem Stand in Forschung und Praxis von Tunnel Information Modeling unter anderem ausführlich die drei wesentlichen Modelle, um ein Tunnelprojekt gesamthaft darzustellen: das Baugrundmodell, das Bauwerksmodell und das Baustellenmodell. Bei allen konnten in den vergangenen Jahren wesentliche Fortschritte erzielt werden. Diese umfassen diverse Dokumente mit normativem Charakter, positive Entwicklungen in der Softwarelandschaft sowie diverse kritische Erfahrungsberichte sowie Fallstudien, die wertvolle Erkenntnisse und Lehren für die Praxis bereitstellen. [5]

Bei der Grundlagenarbeit der TIM-basierten Kostenermittlung für maschinelle Tunnelvortriebe haben sich wiederum drei Modelle als wesentlich herausgestellt. Diese sind in Abbildung 1 dargestellt und umfassen das Bauwerksmodell, das Tuxelmodell und das Prozessmodell. Das Bauwerksmodell kommt einem klassischen BIM-Modell am nächsten. Es enthält alle verbauten Bauteile und kann damit die Materialmengen und in weiterer Folge die Einzelmaterialkosten abbilden. Mit dem Prozessmodell

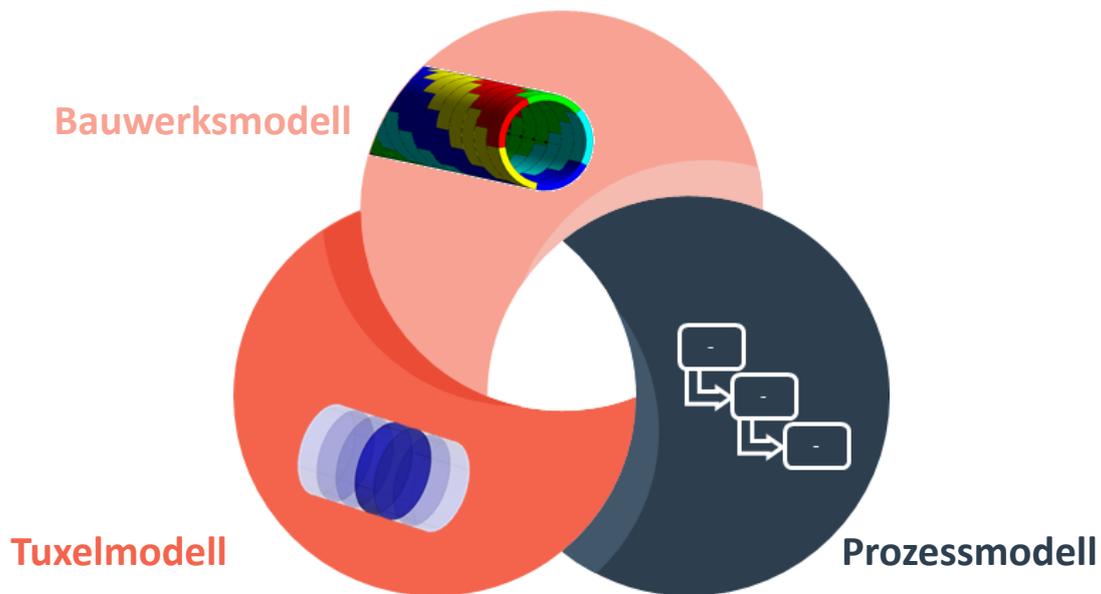


Abbildung 1: Drei identifizierte Teilmodelle für eine umfassende modellbasierte Kostenermittlung

sollen zukünftig sämtliche Bauprozesse abgebildet werden. Darin werden sowohl die Einzelpersonal- als auch die Einzelgerätekosten enthalten sein. Auch einmalige und zeitgebundene Kosten der Baustelle gemäß *ÖNORM B 2061* sind gelistet [6]. Um erste Grundlagen hierfür zu schaffen, wird das Thema in einigen Masterarbeiten am iBT aufgegriffen und aktiv daran geforscht. Zu guter Letzt enthält das Tuxelmodell die grundlegenden geologischen und geotechnischen Informationen, sowie alle davon abgeleiteten Grundlagen. Aufgrund der großen Bedeutung dieses Teilmodells für diesen Beitrag erfolgt im folgenden Kapitel eine ausführlichere Einführung in das Thema.

## 2.2 Tuxel

Das Konzept der Tunnelpixel wurde ursprünglich entwickelt, um geologische und geotechnische Informationen in ein BIM-Modell zu integrieren. Da für die Integration alphanumerischer Daten bzw. Attribute immer ein geometrisches Objekt in der Modellumgebung erforderlich ist, musste eine Lösung für den Umgang mit den achsbezogenen geologisch-geotechnischen Werten gefunden werden. In Anlehnung an die zuvor beschriebene Vorgehensweise wurde der Tunnelausbruchskörper modelliert und an den entsprechenden Stellen geteilt, um eine Änderung der zu hinterlegenden Werte zu ermöglichen [1]. Dieses Vorgehen findet sich in ähnlicher Art und Weise in der DAUB-Empfehlung *Modellanforderungen – Teil 3 Baugrundmodell* im Prinzip des Streckenabschnittsmodells wieder [7].

Das Konzept weist jedoch auch einen gravierenden Nachteil auf: bei jeder Änderung von Grenzen muss auch das Modell bearbeitet werden. Aufgrund der Vielzahl an zu implementierenden geologisch-geotechnischen Parametern sowie der unterschiedlichen Bearbeitungsschritte, insbesondere in der Planungsphase, akkumulieren sich diese Modelländerungen. Daher wurde von Beginn an eine kleinteilige Rasterung des Tunnelausbruchskörpers vorgeschlagen. Die resultierenden Elemente stellen die *Tunnelpixel* dar. Mit diesen kann flexibel auf Änderungen bei den Wertebereichen reagiert werden, ohne das Modell anpassen zu müssen, da jedem einzelnen Pixel der gewünschte Parameter zugeordnet werden kann.

Im Rahmen der weiteren Bearbeitung hat sich die Anbindung der Modellelemente an eine Datenbank als sinnvoll erwiesen. Die praktische Umsetzung hiervon erfolgt derzeit am AB iBT [2], [3], [4]. Mit dem Fortschreiben des Konzepts geht jedoch wiederum eine Änderung bei der Modellgenerierung einher. Durch die Anwendung von automatischen Modellieransätzen, die ihre Grundlagendaten aus der Datenbank beziehen, wird die Modellerstellung größtenteils automatisiert und damit stark vereinfacht. In diesem Zusammenhang wurde eine Umbenennung der Elemente in Tuxel vorgenommen, um die Dreidimensionalität der Elemente von den zweidimensionalen Pixeln abzuheben, ohne Verwechslungen mit bereits vorhandenen Voxel-Konzepten der Baugrundmodellierung hervorzurufen. Das Tuxel hat sich damit zu einem dreidimensionalen Informationsträger entwickelt, welcher der Visualisierung der in der verknüpften Datenbank abgelegten Informationen dient. In Verbindung mit den drei Teilmodellen des Baugrunds, des Bauwerks und der Baustelle können somit Interaktionen zwischen unterschiedlichen Themen des Tunnelbaus nicht nur effizient visualisiert, sondern auch ausgewertet werden.

Im Kontext des maschinellen Tunnelbaus erweist sich eine Rasterung der Tuxel entsprechend der Tübbing-Breite als sinnvoll, um beispielsweise Sensordaten der Tunnelbohrmaschine (TBM) auswerten zu können [4]. Generell ist diese Vorgehensweise für Anwendungen der Tuxel im TBM-Vortrieb zu empfehlen, da oft ein Bezug zu den Vortriebs-Hüben oder den Tübbing-Ringen hergestellt wird. Unter Berücksichtigung der Kostenermittlung werden in dem folgenden Kapitel genau für diesen Fall mehrere Anwendungsfälle definiert.

### 3 Geplante Anwendungsfälle

Die nachfolgend definierten Anwendungsfälle (AwF) basieren auf dem zuvor beschriebenen Tuxel-Konzept. Für die AwF gelten die Grundbedingungen, primär für maschinelle Hartgesteins-TBM-Vortriebe definiert und thematisch der Kostenermittlung zugeordnet zu sein. Bei den beschriebenen AwF handelt es sich um Forschungsfelder, die sich derzeit in der praktischen Umsetzung befinden und für die in diesem Rahmen die theoretischen Randbedingungen erstmals beschrieben werden. Aus der bereits gestarteten Umsetzung können daher schon erste Erkenntnisse in die Konzipierung einfließen, die Ergebnisse bleiben in diesem Beitrag jedoch theoretisch.

Im Folgenden werden die drei aufgelisteten AwF beschrieben:

- Geotechnische Planung
- Bauzeitverfolgung in der Ausführungsphase
- Ermittlung der Vortriebsgeschwindigkeit.

#### 3.1 AwF Geotechnische Planung

Die geotechnische Planung auf Basis von Tuxeln stellt durch die Übernahme und Integration wesentlicher Parameter aus dem Baugrundmodell einen bedeutenden Fortschritt dar. Im Gegenzug zur bisherigen Arbeitsweise entfällt damit die Notwendigkeit, die geologischen Informationen aus einem geologischen Bericht oder dem tunnelbautechnischen Rahmenplan zu extrahieren, um mit der geotechnischen Planung beginnen zu können. Daraus folgt sowohl eine Fehlerquellenminimierung als auch eine erhebliche Zeitersparnis. Die Geotechniker:innen erhalten auf Basis eines Modells alle relevanten Informationen, wie z.B. die Gesteinsarten und die geologischen Homogenbereiche mit

ihren wichtigsten Parametern, modell- und datenbankbasiert und somit in einem maschinenlesbaren Format, das direkt weiterverarbeitet werden kann.

Ein weiterer Vorteil vom Einsatz der Tuxel mit einer verknüpften Datenbank in der geotechnischen Planung ist die Möglichkeit der Hinterlegung verschiedener geotechnischer Berechnungsansätze zur Bestimmung des Gebirgsverhaltens. Diese Ansätze können in Verbindung mit maschinentechnischen Parametern und der Tunnelsicherung verwendet werden, um das Systemverhalten umfassend zu untersuchen. Durch die Möglichkeit, verschiedene Berechnungsansätze sowie unterschiedliche Ausbausysteme und Vortriebsverfahren zu hinterlegen, können Variantenunterschiede, insbesondere hinsichtlich der Baukosten, vereinfacht ermittelt werden. Dies ermöglicht eine flexible Anpassung und Optimierung des Bauvorhabens.

Darüber hinaus können bei Streuung diverser Parameter verschiedene statistische Kennwerte wie Minimum, Maximum, Mittelwert datenbankgestützt berechnet werden. Diese statistischen Auswertungen unterstützen die genaue Modellierung und Prognose des geotechnischen Verhaltens unter variierenden Bedingungen. Insgesamt fördert der Einsatz der Tuxel und BIM-Modellen in der geotechnischen Planung eine effizientere, präzisere und transparentere Projektabwicklung, die sowohl zeitliche als auch finanzielle Ressourcen schont.

### **3.2 AwF Bauzeitverfolgung in der Ausführungsphase**

Die Berechnung der Ist-Bauzeit für die Abrechnung, der Vergleich mit der Soll-Bauzeit sowie deren Aktualisierung zur Sollte-Bauzeit stellt einen praktischen Anwendungsfall für die Tuxel in der Ausführungsphase eines Tunnelbauprojektes dar und ist ein klassisches bauwirtschaftliches Thema.

Die Bauzeitkontrolle und der Soll-Ist-Vergleich in der Ausführungsphase können durch die Verbindung mit neuen dynamischen Prozessmodellierungsansätzen, wie sie am AB iBT erarbeitet werden, erheblich optimiert werden. Die derzeitige Vorgehensweise zur Verfolgung der Bauzeit ist mit einem hohen Zeitaufwand verbunden und erfordert viel manuelle fehleranfällige Arbeit. Die Integration moderner Ansätze ermöglicht eine Vereinfachung und Automatisierung der im maschinellen Tunnelbau hubweisen Verfolgung. Die Sammlung und Verarbeitung enormer Datensätze aus verschiedenen Quellen, welche für die große Menge an Hübten erforderlich sind, wird dadurch erheblich erleichtert.

Werden die Bauprozesse bzw. Aktivitäten auf der Baustelle, einschließlich der Stoffkosten und des Personaleinsatzes, bereits auf Hub-Basis geplant und in weiterer Folge ebenso dokumentiert, werden Soll-Ist-Vergleiche stark vereinfacht. Die Anbindung an und Verarbeitung in einer zentralen Datenbank gewährleistet eine präzise und fortlaufende Kontrolle. Die Verknüpfung mit verschiedenen Datenquellen und darauf aufbauenden Berechnungen wird ebenfalls verbessert. Dies ist für eine effektive Bauzeitkontrolle von entscheidender Bedeutung.

Eine visuelle Darstellung dieser Daten, ermöglicht durch die Verbindung zu den Tuxeln, trägt zusätzlich zur Vereinfachung der Kontrollprozesse bei, da sie Zusammenhänge zwischen Bauwerk, Baugrund und Baustelle verdeutlicht und eine gezielte Überprüfung ermöglicht. So können beispielsweise Überschnitte im Bereich von Störzonen oder spezifische Arbeiten im Bereich von Querschlägen visuell dargestellt und analysiert werden.

Liegen sämtliche Daten aus der Angebotslegung (Soll), als auch der tatsächlichen Situation (Ist) auf Tuxel-Basis vor, kann die Verfolgung der Ist-Bauzeit und der Vergleich mit der Soll-Bauzeit automatisiert erreicht werden. Unterschiedliche Abrechnungsmodelle können dabei aufgrund der vorhandenen Datenbasis einfach implementiert und umgesetzt werden. Ein weiterer wesentlicher Vorteil ist die Möglichkeit, die Sollte-Bauzeit zu ermitteln. Begründete und bestätigte Änderungen zur Soll-Bauzeit können ebenso einfach implementiert werden und erlauben eine differenzierte und detaillierte Betrachtung aller Anpassungen des Bauzeitplanes. Letztlich führt dies auch zu einer effizienteren und transparenteren Projektabwicklung.

### 3.3 AwF Ermittlung der Vortriebsgeschwindigkeit

Mit der Tuxel-basierten Ermittlung der Vortriebsgeschwindigkeit wird ein interessantes, aber auch komplexes Vorhaben thematisiert. Die Auswahl des am besten geeigneten Penetrationsmodells für die Berechnung und die Auswahl der dafür nötigen Parameter hat bereits viele wissenschaftliche Arbeiten gefüllt und wird in diesem Fall nicht explizit beachtet. Viel mehr soll aufgezeigt werden, wie das Konzept der Tuxel und der verknüpften Datenbank genutzt werden kann, um einige aufwändige Berechnungsschritte zu vereinfachen.

Die Vortriebsgeschwindigkeit im maschinellen Tunnelbau wird bereichsweise auf Basis der Gebirgsarten ermittelt. Dies erfolgt aufbauend auf dem *AwF Geotechnische Planung*, wodurch eine maschinenlesbare, digitale Datengrundlage bereits vorhanden ist. Des Weiteren ist eine Tabelle mit den maschinentechnischen Parametern in der Datenbank zu hinterlegen, ebenso wie die verschiedenen Berechnungsmodelle für die Penetration. In Abhängigkeit des ausgewählten Berechnungsmodells sind unterschiedliche zusätzliche Parameter verpflichtend auszufüllen. Das kann problemlos in einer Datenbank realisiert werden.

Der Prozess zur Penetrationsermittlung ist iterativ. Er kann durch die Tuxel und dessen Möglichkeiten zur flexiblen Anpassung der Bereichsgrenzen sowie der Kleinteiligkeit unterstützt und besser nachvollziehbar gemacht werden. Als erstes Resultat wird, wie in der klassischen Herangehensweise, die Netto-Vortriebsgeschwindigkeit je Gebirgsart berechnet. Durch die Datenbank sowie die einheitliche digitale Datenbasis werden jedoch Vergleiche zwischen unterschiedlichen Berechnungsmodellen und Streuungen von Eingabewerten wesentlich vereinfacht.

Die Verknüpfung mit dem dynamischen Prozessmodellierungsansatz, wie in Kapitel 3.2 *AwF Bauzeitverfolgung in der Ausführungsphase* beschrieben, ermöglicht eine weitere Präzisierung und Automatisierung der Ermittlung der Bruttovortriebsgeschwindigkeit. Die derzeit meist verbreitete überschlagsmäßige Berechnung mit Ausnutzungsgraden kann durch einen prozessorientierten Modellierungsansatz wesentlich genauer durchgeführt werden und bietet in Hinblick auf spätere Analysen und Soll-Ist-Vergleiche eine viel ausführlichere Basis. Als Basis hierzu dienen die Überlegungen von *Leitner* und *Türtscher* in ihren jeweiligen Dissertationen, die sich mit der differenzierten Betrachtung der baubetrieblichen Modellierung für die Ermittlung der Vortriebsgeschwindigkeit auseinandersetzen. [8,9] Aufgrund der Komplexität dieser Ansätze wird jedoch nach wie vor oft auf den sehr einfachen Ausnutzungsgrad-Ansatz zurückgegriffen.

## 4 Zusammenfassung und Ausblick

Das Tuxel-Modell stellt die Grundlage für die Darstellung von Interaktionen mit weiteren Modellen dar und bildet eine wesentliche Grundlage für alle Berechnungen. Die Datenbank, welche den Tuxel zugrunde liegt, ist von entscheidender Bedeutung für die Konsistenz und Genauigkeit der Berechnungen. Bei einer vollständigen Verknüpfung der Datenbank mit dem Modell ist es möglich, diverse Parameter und Faktoren direkt über das Modell einzugeben, wobei dies homogenbereichsweise erfolgen muss. Die integrierte und flexible Vorgehensweise optimiert die Ermittlung der Vortriebsgeschwindigkeit und trägt somit zu einer Effizienzsteigerung in der Planungs- und Ausführungsphase im Tunnelbau bei.

Die Weiterentwicklung des Tuxel-Konzepts sowie die Erarbeitung möglicher Anwendungsfälle für die Kostenermittlung bei maschinellen Tunnelvortrieben stellen erste Schritte für ein weiteres wesentliches Kapitel der Implementierung von BIM im Tunnelbau dar. Die Betrachtung dieses bauwirtschaftlich relevanten Themas sowie die Möglichkeiten der Kostenverfolgung und des Vergleichs von Planungsansätzen durch digitale Modelle, die digitale Datenerfassung und -verarbeitung sowie die Digitalisierung im Allgemeinen verdeutlichen den Grundgedanken eines holistischen Ansatzes für Tunnel Information Modeling vom AB iBT.

Aufbauend auf bereits erarbeiteten grundlegenden Konzepten konnte demonstriert werden, wie die geotechnische Planung, die Ermittlung der Vortriebsgeschwindigkeit sowie die Bauzeitermittlung in der Ausführungsphase von Tuxeln und der damit verknüpften Datenbank profitieren können. Durch eine einheitliche Datenbasis und den Datenbank-Ansatz, die bei allen AWF vorherrschen, kann die derzeitige Praxis mit unterschiedlichen, verknüpften Excel-Tabellen und dem damit einhergehenden fehlenden Überblick abgelöst werden.

Diese Arbeit stellt nicht nur eine wesentliche Grundlage für die sich in Arbeit befindlichen Dissertationen und Masterarbeiten am AB iBT dar, sondern kann auch als Eintritt in bauwirtschaftliche Betrachtungen auf TIM-Basis angesehen werden.

## 5 Literaturverzeichnis

- [1] H. Exenberger, „Entwicklung eines digitalen, parametergestützten Baugrundmodells - Konzeptentwicklung und Anwendungsbeispiel“, Masterarbeit, Universität Innsbruck, Innsbruck, 2020.
- [2] H. Werkgarner, H. Salzgeber, H. Exenberger, M. Harder, L. Schneiderbauer, und M. Flora, „A semi-automated and structured approach for creating a Geotechnical Synthesis Model“, Civil Engineering Design, Bd. In Production, 2024.
- [3] H. Exenberger, „Tunnelpixel als Konzept für eine modellbasierte geotechnische Planung von Untertagebauten“, in 31. BBB-Assistent:innentreffen Innsbruck 2022, Innsbruck: Universität Innsbruck - Arbeitsbereich für Baumanagement, Baubetrieb und Tunnelbau (iBT), 2022, S. 110–116.
- [4] L. Schneiderbauer, L. Loacker, H. Salzgeber, M. Harder, und K. Glab, „Optimization of Predictions in TIM Using Sensordate opTIMus - Stand der Forschung“, in 31. BBB-

---

Assistent:innentreffen Innsbruck 2022, Innsbruck: Universität Innsbruck - Arbeitsbereich für Baumanagement, Baubetrieb und Tunnelbau (iBT), 2022, S. 254–269.

- [5] M. Flora, G. Fröch, H. Salzgeber, und L. Schneiderbauer, „Tunnel Information Modeling auf dem Weg zum digitalen Zwilling“, in Beton-Kalender 2025: Tunnelbau; Betonbauqualität (BBQ), K. Bergmeister, F. Fingerloos, und J.-D. Wörner, Hrsg., 2025.
- [6] Austrian Standards International, „ÖNORM B 2061“, Preisermittlung für Bauleistungen - Verfahrensnorm. Austrian Standards International, Wien, 1. Mai 2020.
- [7] Deutscher Ausschuss für unterirdisches Bauen e.V., „Empfehlung Digitales Planen, Bauen und Betreiben von Untertagebauten. Modellanforderungen - Teil 3. Baugrundmodell“. August 2022. [Online]. Verfügbar unter: [www.daub-ita.de](http://www.daub-ita.de)
- [8] Wolfgang Leitner, „Baubetriebliche Modellierung der Prozesse maschineller Tunnelvortriebe im Festgestein“, Dissertation, Innsbruck, 2004.
- [9] Matthias Türtscher, „Analyse von Penetration und Vortriebsgeschwindigkeit bei maschinellen Vortrieben im Festgestein“, Dissertation, Innsbruck, 2011.

# Analyse zum Bedarf einer Handlungsempfehlung für den Einsatz von Building Information Modeling (BIM) für Auftraggeber

Gertraud Wolf<sup>1</sup> und Simon Christian Becker<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universität der Bundeswehr München, Institut für Projektmanagement und Bauwirtschaft, gertraud.wolf@unibw.de, s.christian.becker@unibw.de

## Kurzfassung

In Projekten, in denen Building Information Modeling (BIM) angewendet wird, profitieren Auftragnehmer und Auftraggeber von der Methode. Aus der Transparenz der verknüpften Modelle können Entscheidungen und Abstimmungen effizienter umgesetzt werden, wodurch die Kosten- und Terminalsicherheit erhöht wird.

Trotz der Potenziale von BIM findet die Methode seitens der Auftraggeber nur geringe Nachfrage. Für den Auftraggeber ist die Einschätzung schwierig, ab wann bzw. in welcher Form BIM für sein Projekt wirtschaftlich ist. Als öffentliche Auftraggeber zeigen die Bundesministerien für Digitales und Verkehr (BMDV), des Innern, für Bau und Heimat (BMI) und der Verteidigung (BMVg) im Rahmen vom Stufen- und Masterplan Strategien für die Implementierung von BIM in Projekten für den Bereich der Bundesfernstraßen und -bauten auf und setzen verbindliche Rahmenbedingungen. Das Ministerium für Heimat, Kommunales, Bau und Gleichstellung des Landes Nordrhein-Westfalens (MHKBG NRW) gibt eine erste Handlungsempfehlung für kommunale Projekte.

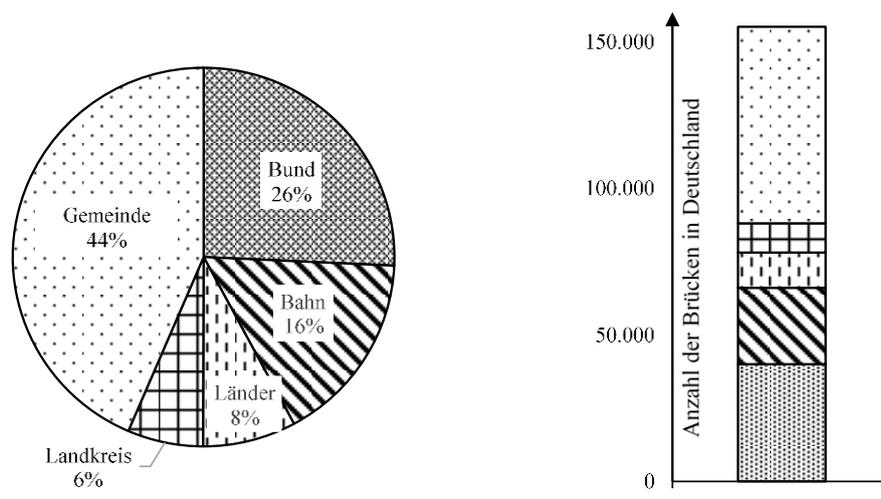
Als Grundlage werden Ziele und Anforderungen aus den Stufen- und Masterplänen dargestellt. In einer weiterführenden Literaturrecherche werden aktuelle Handlungsempfehlung untersucht und Forschungslücken aufgezeigt. Aus der Recherche folgt, dass es derzeit keine Handlungsempfehlung in der Initialisierungsphase von Projekten für Auftraggeber gibt. Diese soll bereits vor Projektstart dem Auftraggeber eine Entscheidungshilfe geben, ab wann BIM für das Projekt opportun ist.

*Schlagwörter: Auftraggeber, Building Information Modeling, Digitalisierung, Handlungsempfehlung*

## 1 Einleitung

Die öffentliche Hand bringt auf Bundesebene Building Information Modeling (BIM) bei öffentlichen Verkehrsinfrastrukturprojekten seit 2020 **Es ist eine ungültige Quelle angegeben.**, bei Bundesfernstraßen seit 2021 **Es ist eine ungültige Quelle angegeben.** und bei Bundesbauten seit 2022 **Es ist eine ungültige Quelle angegeben.** in Deutschland weiter. Bei der Implementierung gibt es dabei diverse Stufen, die den Grad der BIM-Implementierung in Anwendungsfälle (AWF) auf Basis verschiedener Projektanforderungen beschreiben. Dabei gilt es, je mehr AWF angewendet werden, desto höher ist das BIM-Level. In den drei Plänen des Bundes steht die Anwendung von BIM in allen Lebenszyklusphasen im Fokus.

Die verbindliche Einführung von BIM betrifft nur einen geringen Teil der öffentlichen Projekte. Bei öffentlichen Verkehrsinfrastrukturprojekten und Bundesfernstraßen beschränkt sich die Einführung von BIM auf Projekte die unter der Zuständigkeit des Bundesministeriums für Digitales und Verkehr (BMDV) laufen. Dies betrifft keine Projekte die z.B. der Kommune, dem Landkreis oder der Länder zugeordnet werden. Werden allein die Anzahl der Brücken in Deutschland betrachtet sind das 58 % **Es ist eine ungültige Quelle angegeben.** Für die Mehrheit der deutschen Brücken gilt somit kein verbindlicher Handlungsbedarf BIM-Prozesse zu integrieren (siehe *Abb. 1-1*).



*Abb. 1-1: Verteilung der Auftraggeber für Brücken in Deutschland nach **Es ist eine ungültige Quelle angegeben.** mit den Daten aus [5-7]*

Ist BIM keine Pflicht, so wird in diesen Projekten die Methodik auch kaum angewendet. Dies spiegelt auch eine Umfrage der Bundesingenieurkammer wieder. Darin wird nicht zwischen Aufträgen von öffentlichen und privaten Auftraggebern unterschieden **Es ist eine ungültige Quelle angegeben.** Nur etwa ein Viertel der Ingenieurbüros setzte 2022 BIM ein. Hauptgrund dafür ist, dass keine Nachfrage seitens des Auftraggebers besteht, trotz der zahlreichen Vorteile die, die Methodik bietet wie etwa Kosten-, Termin- und Qualitätssicherheit **Es ist eine ungültige Quelle angegeben.** Sieht der Auftraggeber darin keinen Mehrwert? Ist BIM zu komplex? Welcher BIM-Ansatz könnte für den Auftraggeber interessant sein? Auch der Stufenplan des BMVI **Es ist eine ungültige Quelle angegeben.** stellte sich die Frage, wann und wie BIM sinnvoll ist. Die öffentliche Hand stellt

allgemeine Konzepte für die Implementierung von BIM vor [1-2], jedoch keine konkreten Handlungsempfehlungen (HE) für die Initialisierungsphase Phase 0.

## 2 Anwendung der BIM-Methode in Deutschland bei öffentlichen Auftraggebern

Mit dem Stufenplan Digitales Planen und Bauen **Es ist eine ungültige Quelle angegeben.**, dem Masterplan BIM Bundesfernstraßen (BMVI) **Es ist eine ungültige Quelle angegeben.** und dem Masterplan BIM für Bundesbauten (BMI & BMVg) **Es ist eine ungültige Quelle angegeben.** werden in Deutschland erste BIM Konzepte für öffentliche Auftraggeber formuliert (*Abb. 2-1*). Von der chronologischen Reihenfolge, ist der Stufenplan das erste Dokument welches 2015 nach Gründung des BIM-Beirats der Bundesregierung 2010 erschienen ist. *Abb. 2-1* stellt die unterschiedlichen Konzepte des Bundes nach der zeitlichen Entstehung dar.



*Abb. 2-1: Überblick BIM-Konzepte öffentlicher Auftraggeber [eigene Darstellung]*

In den Empfehlungen werden Konzepte für die Implementierung von BIM für öffentliche Auftraggeber vorgestellt. Darin wird thematisiert, welche inhaltlichen Ziele bzw. BIM-Ziele in welcher Projektphase umgesetzt werden sollen. Beispielhafte übergeordnete Projekt- und BIM-Ziele sind: Wirtschaftlichkeit, Termin- und Kostenstabilität, Nachhaltiges Bauen, Transparenz und Optimierung in Kommunikation und Zusammenarbeit, durchgängige Informationsverwaltung im gesamten Lebenszyklus, Lebenszyklusorientierten Bauwerksinformationsmanagements uvm.

Die Dokumente orientieren sich dabei an dem gesamten Lebenszyklus mit Fokus auf die Phasen der Planung, Bau und Betrieb. Die Inhalte werden in den nachfolgenden Unterkapiteln beschrieben. Dabei wurde der Fokus auf die Kriterien, die in *Tab. 2-1* beschrieben werden, gelegt.

### 2.1 Konzept für die Bundesfernstraßen

Im Folgenden werden die Konzepte des Stufenplans Digitales Planen und Bauen und des Masterplans BIM Bundesfernstraßen des BMDV beschrieben. Dabei wird der Aufbau der einzelnen Phasen mit den jeweiligen Inhalten, zeitlichen Abfolgen und Zielen dargestellt.

## 2.1.1 Stufenplan Digitales Planen und Bauen

Mit dem Stufenplan für Digitales Planen und Bauen des Bundesministeriums für Verkehr und Infrastruktur (BMVI) wurde 2015 das erste Konzept zur Orientierung für öffentliche Verkehrsinfrastrukturprojekte geschaffen.

Die Reformkommission Bau von Großprojekten teilt die Meinung, dass die öffentlichen Auftraggeber vorangehen müssen, um den Kulturwandel und die Arbeitsweise zu verändern. Mittels dieses ersten Konzepts des Bundes soll der erste Meilenstein gelegt sein das Interesse der Auftraggeber für BIM zu stärken. So soll BIM zunehmend ein vertraglicher Bestandteil werden und eine regelmäßige Anwendung seit 2020 bei neu zu planende Projekten finden. In dem Stufenplan wird nicht festgesetzt, dass BIM eine gesetzliche Regelung erfährt. [1]

Um das Ziel *BIM-Niveau I* ab 2020 zu erreichen wurden zwei weitere Stufen in dem Masterplan vorgesehen: die Vorbereitungsphase (2015-2017) und die Erweiterte Pilotphase. Die Erweiterte Pilotphase wurde dabei mit dem BIM-Niveau I in vier Pilotprojekten aus der Praxis (2017-2020) getestet (*Abb. 2-2*). Im BIM-Niveau I ist der Fokus besonders auf die Lebenszyklusphasen Planen, Bauen und Betreiben gerichtet und lässt die Anforderungen in drei Handlungsfelder Daten, Prozesse und Qualifikation eingliedern. [1]

Im Bereich des Handlungsfelds Daten wird beschrieben, dass Kataloge mit Musteranforderungen für unterschiedliche Bauwerke der Infrastruktur und des Hochbaus erstellt werden sollen. Es werden Anforderungen für die AIA, die 3D-Fachmodelle, den Datenaustausch, die Hard- und Software und vertragliche Regelungen erstellt. [1]

Die Prozesse im BIM-Niveau I werden im BAP beschrieben. Ebenso werden die Prozesse für die Common Data Environment (CDE), die gezielte Informationsanforderung und die Projektcharta festgelegt und im BAP eingetragen. [1] Sowohl Auftraggeber als auch Auftragnehmer müssen sich durch Weiterbildungen BIM-Kompetenzen aneignen. Dies betrifft den AG bei der Erstellung der Ausschreibungsunterlagen und den AN bei der Umsetzung während des Auftrags. Zudem nimmt die partnerschaftliche Zusammenarbeit eine zentrale Rolle im BIM-Niveau I ein. [1]

Im Stufenplan ist nicht festgelegt, bei welchen Projekten die Anwendung und gegebenenfalls in welcher Form BIM sinnvoll ist. [1]



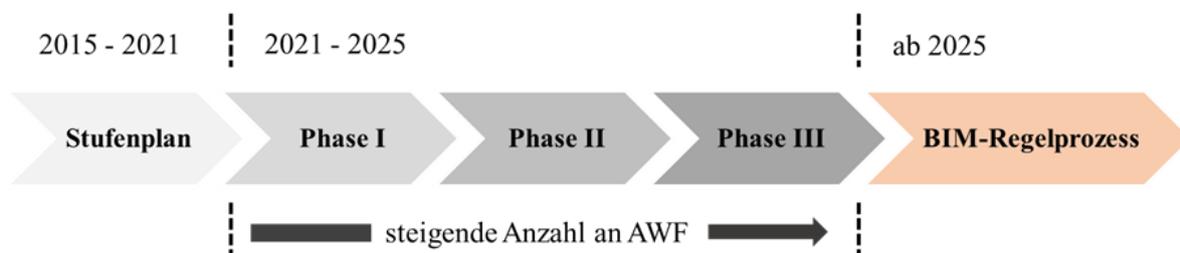
Abb.2-2: BIM-Niveau I nach BMVI Stufenplan *Es ist eine ungültige Quelle angegeben.*

### 2.1.2 Masterplan BIM Bundesfernstraßen

Das 3-Phasen-Modell (siehe *Abb.2-3*) für eine strukturierte Implementierung von BIM (2021 – 2025) wird auch beim Masterplan BIM Bundesfernstraßen angewendet. Inhaltlich baut der *Masterplan BIM für Bundesfernstraßen* **Es ist eine ungültige Quelle angegeben.** auf den Vorgaben des BMVI *Stufenplan Digitales Planen und Bauen* **Es ist eine ungültige Quelle angegeben.** sowie somit dem BIM-Niveau I auf (siehe *Abb.2-2*). Die einzelnen Phasen aus dem dreistufigen Phasenmodell sollen im Anschluss nach Ihren Anforderungen evaluiert und ggf. weiter optimiert werden. Nach jeder Phase folgt die Überarbeitung bzw. Erstellung einer Musterrichtlinie und einer Handlungsempfehlung. Bis dato ist die Version 1 im Oktober 2021 der Musterrichtlinie (MR) BIM erschienen. Es fehlen noch zwei weitere MR und drei Handlungsempfehlungen (HE), diese sind noch nicht veröffentlicht. Planmäßig sollten bis 2025 alle sechs Dokumente erschienen sein. [9]

Ein dreistufiges Phasenmodell soll die Weiterentwicklung der BIM-Methode im Bundesfernstraßenbau weiter ausbauen:

Mit Phase I „*Aufbruch und Harmonisierung in den Straßenbauverwaltungen*“ begann 2021 die Umsetzung des Masterplans. Phase II „*Ausweitung und Professionalisierung*“ und Phase III „*Standardisierung des Regelprozesses*“ sind zeitlich nicht gebunden. Die öffentlichen Institutionen können das Zeitfenster eigenständig festlegen und entsprechend den Anforderungen des Bundesfernstraßenbaus abwickeln. Der Abschluss der Phase III muss bis Ende 2024 nach dem Konzept eingehalten werden. Ziel der Strategie ist ein Digitaler Zwilling für den gesamten Lebenszyklus. Der Begriff des Digitalen Zwillings wird dabei nicht weiter definiert. Phase I-III fokussiert sich vor allem auf die Planungs- und Bauphase und trifft vorbereitende Maßnahmen für die weiteren Lebenszyklusphasen. [2]



*Abb.2-3: Dreistufiges Phasenmodell zur Einführung von BIM bei Bundesfernstraßen nach [2]*

Die Anforderungen im Masterplan Bundesfernstraßen werden in vier Handlungsfelder (HF) gegliedert: Richtlinien (HF 1), Prozesse (HF 2), Menschen (HF 3) und Technologie (HF 4). Neben den Anforderungen in *Abb. 2-2* des Stufenplans [1] werden noch folgende Punkte berücksichtigt und entsprechend den Handlungsfeldern in *Tab. 2-1* zugeordnet. Das Vergütungsmodell für BIM Leistungen wurde in HF nach [10] auf Basis des Stufenplans nach den Leistungsbildern der HOAI [11] prozentual nach Leistungsumfang der Planung, bei vollständiger Beauftragung der Leistungen, über alle Leistungsphasen erstmals dargestellt.[2]

Richtlinien (HF 1)	Prozesse (HF 2)	Menschen (HF 3)	Technologie (HF 4)
Fachobjektkatalog über Lebenszyklus	Modellbasierte Qualitätssicherung	Schulungs- und Weiterbildungskonzepte	Datenschutz

Vergütungsmodell für BIM Leistungen		Kommunikationsstrategie	Datensicherheit
-------------------------------------	--	-------------------------	-----------------

Tab.2-1: Ergänzende Anforderungen unterteilt in HF **Es ist eine ungültige Quelle angegeben.**

Die Umsetzung des Masterplans für die Bundesfernstraßen ist als Vorbereitung für den BIM-Regelprozess ab 2025 zu betrachten. Die Ergebnisse daraus sollen die Grundlage für einen späteren verbindlichen Rahmen sein. Die betreffenden Projekteigenschaften an denen es umgesetzt werden soll, werden nicht weiter definiert. Nach Abschluss eines Pilotprojekts soll dieses evaluiert und im BIM-Reifegrad gemessen werden. Nach welchen Kriterien in welchem Maßstab die Bemessung erfolgt ist nicht weiter aufgeführt.[2]

Im BIM-Regelprozess ab 2025 soll BIM einen verbindlichen, flächendeckenden Einsatz in neuen Bundesfernstraßen Projekten finden. Derzeit fehlen noch fünf Dokumente (zwei MR und drei HE), welche für den BIM-Regelprozess ausschlaggebend sind [9]. Aus der Pilotphase mit den Beteiligten der Autobahn GmbH und des BMVI – Abteilung Bundesfernstraßen und den daraus entstehenden Ergebnissen der BIM-Testfelder Digitaler Zwilling soll ein umfassendes und verbindliches Rahmendokument (Masterplan Digitaler Zwilling Bundesfernstraßen) bis dahin erstellt werden und eine Beschreibung der anzuwendenden BIM-Prozesse für die durchgängige und einheitliche Nutzung von BIM liefern. Dieses Dokument soll eine bundesweite Gültigkeit vom Aufbau bis zum Betrieb Digitaler Zwillinge haben. [2]

## 2.2 Konzept für die Bundesbauten mit dem Masterplan BIM

Der Masterplan BIM für Bundesbauten (BMI und BMVg) setzt die BIM Implementierung in den Projekten des Bundesministeriums des Innern, für Bau und Heimat (BMI) und des Bundesministeriums der Verteidigung (BMVg) ebenfalls in drei Phasen um. Der Fokus ist dabei auf die Projektphasen Bedarf, Planung, Bau und Betrieb gerichtet. **Es ist eine ungültige Quelle angegeben.**

Mit Beginn Ende 2022 startet die verbindliche Einführung des Level I, welches alle Baumaßnahmen betrifft. Level I bezieht sich dabei auf die Bedarfs- und die Planungsphase. Die Ausschreibung, Vergabe und die Bauphase werden in Level II betrachtet. Das Optimieren der bestehenden Prozesse und die Digitalisierung zur Vermeidung von Medienbrüchen in essentiellen Prozessschritten erfolgt in Level III. Der Startzeitpunkt innerhalb des Level II und III ist abhängig von der Summe der Baumaßnahme. Spätestens ab Mitte 2027 soll für alle Baumaßnahmen ab 0,5 Mio. € das Level 3 verpflichtend sein (siehe Abb.2-4). Je höher das Level, desto höher ist die Anzahl an zu berücksichtigenden AWF **Es ist eine ungültige Quelle angegeben..**

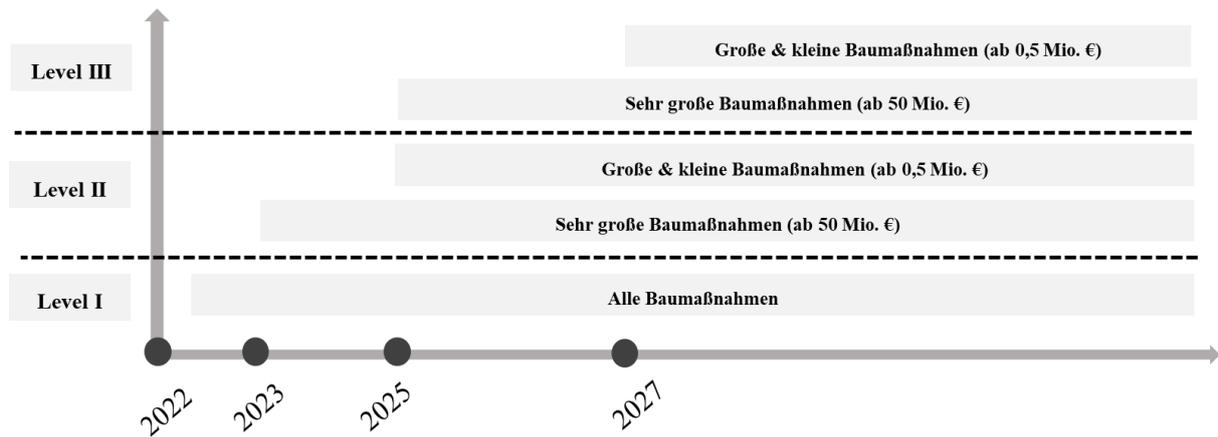


Abb.2-4: Zielbild BIM für Bundesbauten nach *Es ist eine ungültige Quelle angegeben*.

Wie beim Stufenplan **Es ist eine ungültige Quelle angegeben**, und beim Masterplan für Bundesfernstraßen **Es ist eine ungültige Quelle angegeben**, werden auch beim Masterplan BIM für Bundesbauten **Es ist eine ungültige Quelle angegeben**, die identifizierten Handlungsbedarfe in Handlungsfelder unterteilt: Vertrag & Vergabe (HF 1), Organisation & Prozesse (HF 2), Qualifikation (HF 3) und Informationstechnologie (HF 4). Stellt man diese vier Handlungsfelder denen der Bundesfernstraßen gegenüber, so erkennt man, dass sich diese inhaltlich überschneiden. Level III aus dem Bundesbau **Es ist eine ungültige Quelle angegeben**, entspricht dadurch der Phase III aus den Bundesfernstraßen **Es ist eine ungültige Quelle angegeben**.

In diesem Masterplan werden zudem konkrete Anwendungsfälle den einzelnen Projektphasen und BIM-Level der Implementierung in *Abb. 2-5* gegenübergestellt. Anwendungsfälle sind somit vom

Projektlevel abhängig und zeitgebunden. Sie beschreiben die Umsetzung eines spezifischen Prozesses zur Erreichung der BIM-Ziele.

Handlungsfelder hingegen zeigen einzelne Bereiche mit deren Anforderungen zentral auf und sind nicht zeit-, sondern zielgebunden.

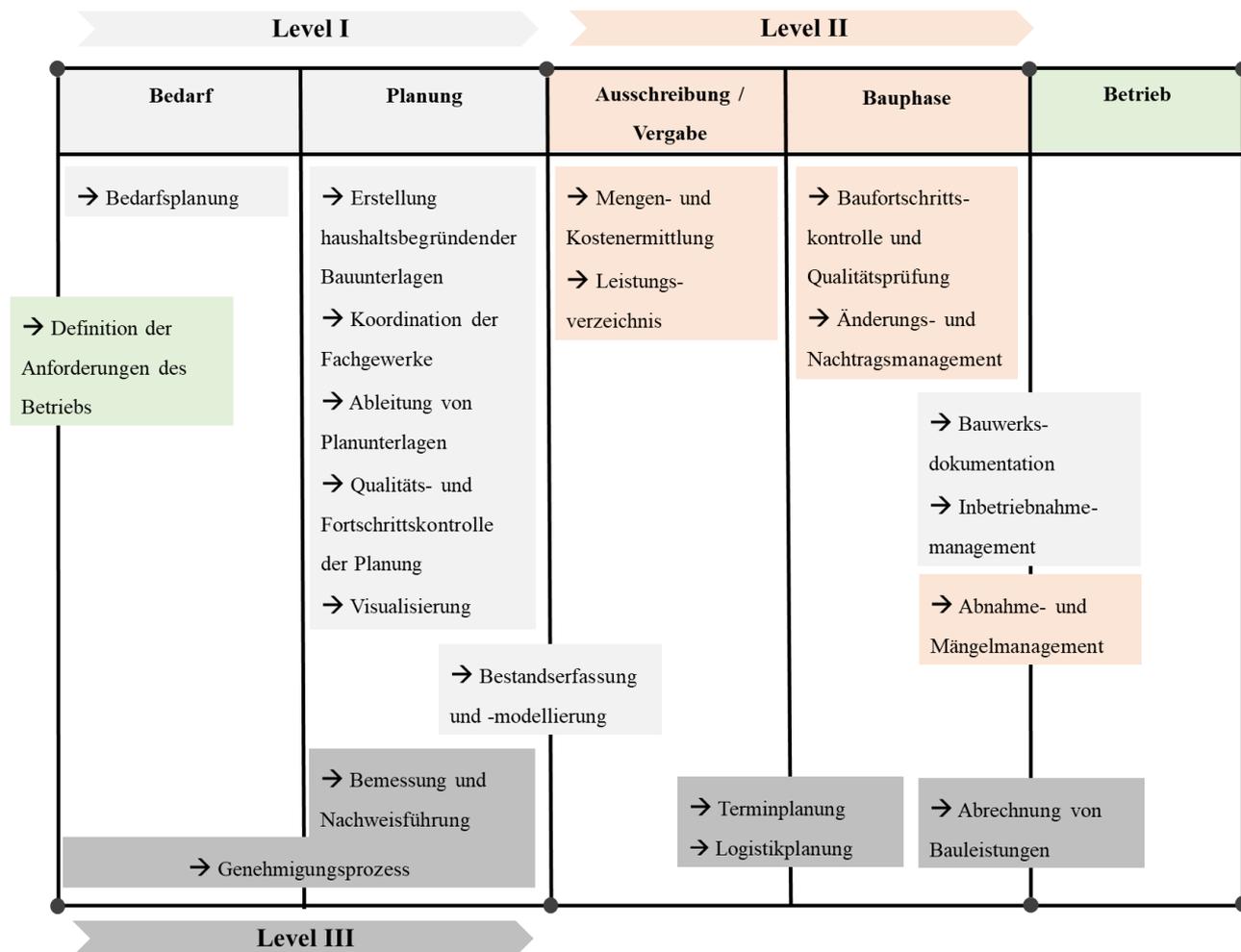


Abb. 2-5: Zuordnung der BIM-Anwendungsfälle zu Level I bis III nach *Es ist eine ungültige Quelle angegeben*.

### 2.3 Auswertung der BIM-Konzepte des Bundes

Im Folgenden werden die beschriebenen BIM-Konzepte nach Typ Bundesfernstraßen Stufenplan *Es ist eine ungültige Quelle angegeben*., Typ Bundesfernstraßen Masterplan *Es ist eine ungültige Quelle angegeben*. und Typ Bundesbauten Masterplan *Es ist eine ungültige Quelle angegeben*. nach *Abb. 2-1* betrachtet und wesentliche Kriterien in *Tab. 2-2* dargestellt.

Für Projekte der Bundesfernstraßen gilt eine verbindliche Einführung von BIM ab 2025. Die Vorbereitung dazu findet seit 2015 statt und wir noch bis zur verbindlichen Einführung 2025 gehen. Im Bereich der Bundesbauten gilt die verbindliche Einführung bereits seit Ende 2022. [1-3]

Projektphase und Projektstart ist in allen drei Konzepten des Bundes identisch. Es werden die neu zu planende Projekte betrachtet und die Projektphasen Planung, Bau und Betrieb. Die Projekte werden

dabei nicht in ihrer Art weiter eingegrenzt. Die Informationsmodelle sollen während der Planungs- und Bauphase so aufbereitet werden, dass gefilterte Informationen in der Betriebsphase entnommen werden können und ggf. auch in der Rückbauphase darauf zurückgegriffen werden kann.

Die Gliederung der Implementierung von BIM erfolgt jeweils in 3 Phasen bzw. Level. Ziele und Inhalte werden dabei in AWF beschrieben und HF unterteilt. Das Ziel aller Fahrpläne ist es, BIM künftig flächendeckend einzusetzen.

Der Unterschied der Fahrpläne ist in der Zeile Einordnung zu finden. Im Stufenplan Bundesfernstraßen erfolgt die Gliederung nach einer vordefinierten Zeit. Im Masterplan BIM Bundesfernstraßen richtet sich die Gliederung nach dem BIM-Reifegrad. Die einzelnen Phasen sind hier nicht zeitgebunden, sondern an den Grad der BIM-Anwendungen gekoppelt. Die Gliederung nach dem Projektvolumen in Euro und der Zeit findet im Masterplan Bundesbauten statt.

Die Inhalte und die Einteilung erfolgt in AWF und HF. Die Anzahl der AWF nimmt mit der Erhöhung der Gliederungsebene zu. Die HF gewinnen dadurch ebenfalls mit der Erhöhung der Gliederungsebene eine höhere Detailtiefe. Besonders sollen durch die Inhalte der AWF und HF die Planungsgenauigkeit, Kosten- und Terminalsicherheit, Optimierung der Kosten und Zeit im Lebenszyklus, Datenkontinuität und die Kommunikation durch den Einsatz von BIM optimiert werden.

	<i>BMVI Stufenplan</i>	<i>BMVI Masterplan</i>	<i>BMI, BMVg Masterplan</i>
<b>Typ</b>	Bundesfernstraßen	Bundesfernstraßen	Bundesbauten
<b>Zeit</b>	2015 - 2020	2021 – 2025; ab 2025	ab 2022
<b>Projektphase</b>	Planung, Bau, Betrieb	Planung, Bau, Betrieb	Planung, Bau, Betrieb
<b>Projektart</b>	neu zu planende Projekte	neu zu planende Projekte	neu zu planende Projekte
<b>Gliederung</b>	Phase I - III	Phase I – III → Regelprozess	Level I - III
<b>Einordnung</b>	Phase nach Zeit	Phase nach BIM-Reifegrad	Level nach Projektvolumen, Zeit
<b>Inhalte</b>	AWF	AWF	AWF
<b>Einteilung</b>	HF	HF	HF
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Daten</li> <li>• Prozesse</li> <li>• Qualifikation</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Richtlinien</li> <li>• Prozesse</li> <li>• Menschen</li> <li>• Technologie</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vertrag, Vergabe</li> <li>• Organisation, Prozesse</li> <li>• Qualifikation</li> <li>• Informationstechnologie</li> </ul>

Tab.2-2: Gegenüberstellung der Kriterien in den BIM-Fahrplänen des BMVI, BMI, BMVg [1-3]

## 3 Handlungsempfehlungen für den Einsatz von BIM

### 3.1 Überblick zu aktuellen BIM-Handlungsempfehlungen

Eine Handlungsempfehlung beschreibt eine Empfehlung, in einer bestimmten Weise zu handeln **Es ist eine ungültige Quelle angegeben..** Eine BIM-Handlungsempfehlung beschreibt im Umkehrschluss eine Empfehlung, wie BIM-Prozesse behandelt werden. Die Handlungsempfehlung besteht dabei aus Ergebnissen aus der Forschung und theoretischen Grundlagen. Aus den drei Konzepten des Bundes [1-3] gibt es eine Orientierung zur Implementierung von BIM in den betrachteten Projektarten. Dort wird allerdings keine Empfehlung ausgesprochen welche AWF und HF besonders für ausgewählte Projekte oder Disziplinen geeignet ist. Da sich die Anforderungen aus den Fahrplänen unterscheiden, ist daraus zu schließen, dass sich auch die Eignung der AWF und HF nach Projektart unterscheiden, z.B. gibt es andere Anforderungen für den Hochbau als für den Straßenbau. BIM-Handlungsempfehlungen richten sich an Organisationen zur Orientierung, die noch keine BIM-Prozesse implementiert haben.

In Deutschland gibt es aktuell für die kommunale Bauverwaltung und die kommunale Gebäudewirtschaft in Nordrhein-Westfalen zwei aufeinander aufbauende BIM-Handlungsempfehlungen aus 2021 **Es ist eine ungültige Quelle angegeben.** und 2023 **Es ist eine ungültige Quelle angegeben..** Diese wurden im Rahmen eines Forschungsprojekts von der Bergischen Universität Wuppertal erarbeitet mit dem Ministerium für Heimat, Kommunales, Bau und Gleichstellung des Landes Nordrhein-Westfalens (MHKBG NRW) als Auftraggeber. Dabei möchte der AG unterstützend vorangehen *„künftig BIM-basierte Projekte vergeben und bestenfalls eigenständig umsetzen zu können“* **Es ist eine ungültige Quelle angegeben..** Die Handlungsempfehlung setzt dabei in der der Entwicklungsstufe an, bei der bereits die Entscheidung zur Einführung von BIM getroffen wurde und unterstützt die Kommunen in der Strategieerstellung und Projektumsetzung. Der Fokus ist dabei auf Hochbauimmobilien gesetzt. Die Initiierung von BIM-Projekten wird dabei indirekt mit der Bereitstellung von Wissen unterstützt.

Eine BIM-Handlungsempfehlung, welche für die Initialisierungsphase eine Orientierung nach Projektart bietet, ist derzeit weder auf Bundes, Landes noch auf kommunaler Ebene veröffentlicht.

Neben Handlungsempfehlungen gibt es auch Leitfäden. Diese beschreiben das Vorgehen für einen bestimmten Bereich **Es ist eine ungültige Quelle angegeben..** Dabei ist der Inhalt konkret beschrieben wann, wer, was, wie, womit umsetzt, so z.B. im BIM-Leitfaden des Bayerischen Staatsministeriums für Wohnen, Bau und Verkehr **Es ist eine ungültige Quelle angegeben.** oder im BIM-Leitfaden der DEGES GmbH **Es ist eine ungültige Quelle angegeben..** Länder, Kammern oder einzelne Firmen haben für sich eigene BIM-Leitfäden definiert. BIM-Leitfäden richten sich an Personen oder Gruppen innerhalb der Organisationen, welche sich mit BIM beschäftigt und (Teil-) Prozesse in ihrer Organisation oder Projekten anwenden. Sie setzen somit ebenfalls wie in der BIM-Handlungsempfehlung des MHKBG NRW **Es ist eine ungültige Quelle angegeben.** nach der Entscheidung zur Einführung von BIM ein. Die BIM-Leitfäden werden im Folgenden nicht weiter betrachtet, da diese sehr spezifisch sind und nur für die einzelnen Ersteller und Anwender geeignet sind.

## 3.2 Inhalte der Handlungsempfehlungen und Gegenüberstellung mit den Konzepten des Bundes

Die Handlungsempfehlung des MHKBG NRW mit dem Fokus auf Immobilien setzt auf eine zweistufige Gliederung mit den Stufen Einführung mittels einer BIM-Strategie und der Stufe Pilotierung, die auf Basis von Projekterfahrungen aus der Praxis Schritte zur Projektumsetzung begleitet. Es soll der Lebenszyklus von der Planung, dem Bau und Betrieb bis hin zum Rückbau mit der Handlungsempfehlung betrachtet werden. Die Erkenntnisse aus der Projekterfahrung werden anhand zwei Beispielprojekten erläutert. Bei den Projekten handelt sich um Sanierungen und Neubauten des Hochbaus. Die Ergebnisse aus den Stufen werden in Form von Checklisten für eine Handreichung an die Kommunen nach Inhalten der entworfenen BIM-Strategie dargestellt. Die Strategie gliedert sich nach HF, Ziele, Datenumgebung, Dokumente, Vergabe und Risiken. AWF sind in den Punkten impliziert **Es ist eine ungültige Quelle angegeben..**

Die Empfehlungen des Bundes und der Handlungsempfehlung des MHKBG NRW greifen auf ähnliche Inhalte zurück. Unterscheidungen treten im Aufbau des Inhaltes auf. Sowohl die Strategien in den Empfehlungen des Bundes, als auch des MHKBG NRW fokussieren sich auf eine Strategie zur Implementierung der Prozesse. Projektbeteiligte können sich dabei während der Umsetzung an einzelnen Prozessen orientieren. Die Handlungsempfehlung soll den Kommunen Optionen aufzeigen, welchen Einfluss BIM durch die Implementierung in den Projekte hat [13-14].

## 3.3 Bedarf an weiteren BIM-Handlungsempfehlungen

Der Ursprung eines jeden Projektes ist die Projektidee. Von der Projektidee bis zum Projektstart werden dabei bereits maßgebende Überlegungen und Entscheidungen getroffen, z.B. der Ort für die Realisierung des Projektes, die Nutzungsart, eine überschlägige Objektgröße, Einsatz von Smart Home Systemen usw. In dieser entscheidenden Phase, der Initialisierungsphase, ist der Bauherr meist mit den Entscheidungen alleine oder zieht vereinzelt Berater hinzu. Die Initialisierungsphase wird häufig auch als Phase 0 beschrieben **Es ist eine ungültige Quelle angegeben..** Wird in Projekten BIM angewendet, so starten erste BIM-Prozesse frühestens mit der ersten Phase und dem Projektstart. Insofern der Auftraggeber nicht schonmal Erfahrungen mit BIM hatte, sind ihm die Vor- und Nachteile meist nicht bewusst. Auch die Einschätzung welche BIM-Prozesse für sein Projekt sinnvoll sind, können die meisten nicht bewerten.

Aus den vorherigen *Kapiteln 2 bis 3.2* geht hervor, dass die öffentliche Hand bereits einige Ansätze für die BIM Implementierung in Projekten hat. Es wird dabei sowohl die Auftragnehmer-, als auch die Auftraggeberseite berücksichtigt. Zum einen gibt es die BIM-Konzepte des Bundes aus denen verpflichtende Maßnahmen für den Hochbau und die Infrastruktur hervorgehen und zum anderen die Handlungsempfehlung des MHKBG NRW für den Hochbau. Alle bisherige Ansätze beginnen dabei in der Planungsphase.

Es fehlen Handlungsempfehlungen sowohl für den Hochbau, als auch für den Tiefbau mit der Auftraggeber in der Phase 0 aus bereits vorhandenen projektbezogenen Informationen eine erste Einschätzung über den Einsatz von BIM für ihr Projekt treffen können (siehe *Abb. 3-1*).

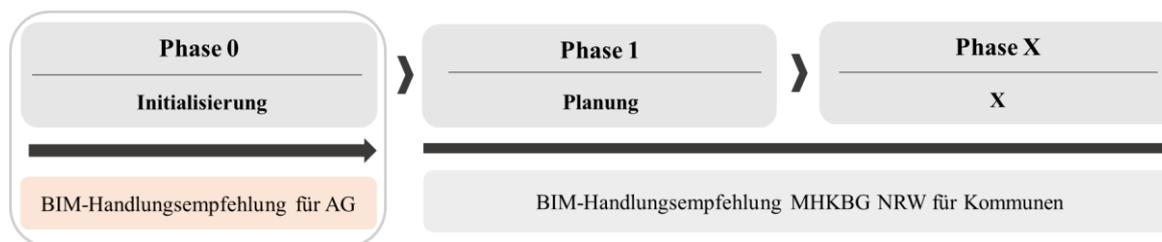


Abb.3-1: BIM-Handlungsempfehlungen über Projektphasen

Die Handlungsempfehlung benötigt dabei als Basis definierte Kriterien. Anhand der Bewertung der Kriterien soll der Auftraggeber aus einer Bewertungsmatrix eine BIM-Handlungsempfehlung für das Projekt bekommen. Aus der BIM-Handlungsempfehlung soll hervor gehen welche BIM-Anforderungen für das Projekt welche Optimierungen bringen können und ob dabei die Wirtschaftlichkeit des Projektes positiv beeinflusst werden kann.

## 4 Schlussbetrachtung und Ausblick

Außerhalb der Konzepte des BMVI, BMI und BMVg [1-3] gibt es in Deutschland derzeit keine verbindlichen Regelungen zur Anwendung von BIM in Projekten. Auftraggeber können frei wählen ob und in welchem Umfang BIM eingesetzt werden soll. Das Ergebnis jährlicher Studien zeigt allerdings, dass sich derzeit meistens der Auftraggeber nicht für BIM entscheidet. Die Zurückhaltung gegen BIM wird mangels fehlender ausgiebiger Erfahrungswerte und Ergebnisse für den Einsatz von BIM zurückzuführen sein. Aufgrund des Unikatcharakters von Projekten lässt sich nicht belegen, inwiefern der Einsatz von BIM für die Auftraggeber vor dem Hintergrund der damit verbundenen Aufwendungen einen Mehrwert bietet. Aufgrund der fehlenden Nachfrage des Auftraggebers, hält sich auch der Auftragnehmer bei der Implementierung von BIM zurück. Aus einer Umfrage von 2022 von BauInfoConsult mit 300 teilnehmenden Firmen folgte, dass nur 7% der Auftraggeber die Verbreitung von BIM fördern **Es ist eine ungültige Quelle angegeben..** Diese Aussage bestätigt auch die Umfrage der Bundesingenieurkammer mit knapp 1.300 Teilnehmern im Dezember 2022, warum Ingenieurbüros bei der Einführung von BIM zögern. 75% der Auftraggeber stellen für den Einsatz von BIM auch keine Nachfrage und Vergüten somit keine Mehrleistung **Es ist eine ungültige Quelle angegeben..** Die Auftraggeber sehen an erster Stelle folgende Aspekte: zusätzliche Kosten für BIM-Leistungen, Digitalisierung von Prozessen, Erfahrung der Projektbeteiligten fehlt **Es ist eine ungültige Quelle angegeben..** Optimierungen wie Qualitätssteigerung der Planung, vernetzte Baudokumentation, transparenter Planungs- und Bauprozess, verbesserte Projektkoordination und das Verwenden der Daten aus dem BIM-Modell für die Betriebsphase werden oft vernachlässigt betrachtet **Es ist eine ungültige Quelle angegeben..**

BIM-Handlungsempfehlungen und BIM-Leitfäden stellen Möglichkeiten für Auftraggeber und -nehmer dar was in verschiedenen Prozessen im Projekt mit der Anwendung von BIM angepasst werden kann. Dabei setzen die Dokumente erst nach dem Projektstart in der Phase 1 an.

In der Initialisierungsphase, der Phase 0, fehlt zum jetzigen Zeitpunkt eine Handlungsempfehlung für das Anwenden von BIM-Prozessen. Diese müsste speziell für den Auftraggeber entworfen werden, da dieser in der Phase meist der alleinige Projektbeteiligte ist.

Im Rahmen künftiger Forschungsarbeit soll eine Handlungsempfehlung für Auftraggeber für die Phase 0 entworfen werden. Es sollen Kriterien für eine Bewertungsmatrix entworfen werden mit denen er aus vorhandenen Projektinformationen eine Empfehlung zum Einsatz von BIM erhält, beispielsweise wo und in welcher Form BIM Potentiale bietet. Die Form kann dabei durch den BIM-Ansatz (z.B. open BIM), BIM-Level, BIM-Dimension usw. später bestimmt werden. Die Handlungsempfehlung berücksichtigt dabei zudem den wirtschaftlichen Faktor. Die Bewertungsmatrix muss deshalb messbar gestaltet werden.

Kann der Auftraggeber potentiell finanzielle Mittel für sein Projekt durch den Einsatz von BIM einsparen, so steigt das Interesse daran BIM in einem bestimmten Grad implementieren zu wollen. Da zu Beginn eines Projektes der Einfluss auf den Projektverlauf am größten ist, bietet es sich an in der Phase 0 eine Projektempfehlung mit der BIM-Handlungsempfehlung einzuholen.

## 5 Literaturverzeichnis

- [1] Bundesministerium für Verkehr und Infrastruktur, Stufenplan Digitales Planen und Bauen, Berlin, 2015.
- [2] Bundesministerium für Verkehr und Infrastruktur, Masterplan BIM Bundesfernstraßen, Berlin, 2021.
- [3] Bundesministerium des Innern, für Bau und Heimat und Bundesministerium der Verteidigung, Masterplan BIM für Bundesbauten, Berlin, 2021.
- [4] C. Kainz, G. Wolf und T. Braml, Use of data from BIM method for new and existing concrete bridges - Practical report an possible improvements, in 13th Japanese-German Bridge Symposium, Osaka, 2023.
- [5] Deutsche Bahn AG, Brücken bei der Deutschen Bahn, Verfügbar: [https://www.deutschebahn.com/de/presse/suche\\_Medienpakete/medienpaket\\_bruecken-1191268](https://www.deutschebahn.com/de/presse/suche_Medienpakete/medienpaket_bruecken-1191268). [Zugriff am 05 05 2023].
- [6] G. Busso, Ersatzneubau kommunaler Straßenbrücken - vorläufige Ergebnisse: Projekt zur Abschätzung des Ersatzbedarfes im Bereich der kommunalen Infrastruktur am Beispiel der Straßenbrücken, Berlin, 2013.
- [7] Gesetz gegen Wettbewerksbeschränkungen (GWB) in der Fassung vom 29.Juli 2022.
- [8] Bundesingenieurkammer e.V., Umfrage: Fehlende Nachfrage bremst Digitalisierung von Ingenieurbüros aus, 12 2022. [Online]. Verfügbar: <https://bingk.de/umfrage-fehlende-nachfrage-bremst-digitalisierung-von-ingenieurbueros-aus/>.
- [9] BIM Deutschland, Downloads - Berichte, Leitfäden und andere hilfreiche Veröffentlichungen zu BIM, 2024. [Online]. Verfügbar: <https://www.bimdeutschland.de/service/downloads>.
- [10] AHO-Arbeitskreis Building Information Modeling , Heft 11 - Leistungen Building Information Modeling - Die BIM-Methode im Planungsprozess der HOAI, Reguvis, 2019.

- 
- [11] Bundesarchitektenkammer, Bundesingenieurkammer und Ausschuss AHO, Honorarordnung für Architekten und Ingenieure – HOAI, 2021.
- [12] Duden, Handlungsempfehlung, [Online]. Verfügbar: <https://www.duden.de/rechtschreibung/Handlungsempfehlung>. [Zugriff am 05 05 2024].
- [13] Ministerium für Heimat, BIM Handlungsempfehlung für die kommunale Bauverwaltungen und die kommunale Gebäudewirtschaft in Nordrhein-Westfalen, BIM-Handlungsempfehlung, B-293 Hrsg., Düsseldorf: JVA, Geldern, 2021.
- [14] Ministerium für Heimat, II.BIM-Handlungsempfehlung für die kommunale Bauverwaltungen und die kommunale Gebäudewirtschaft in Nordrhein-Westfalen, II.BIM-Handlungsempfehlung, Düsseldorf: JVA, Geldern, 2023.
- [15] Duden.Leitfaden, [Online]. Verfügbar: <https://www.duden.de/suchen/dudenonline/leitfaden>. [Zugriff am 05 05 2024].
- [16] Bayerisches Staatsministerium für Wohnen, BIM-Leitfaden - Digitales Planen und Bauen im Bereich Hochbau, München, 2022.
- [17] DEGES, BIM-Leitfaden - Digitales Planen und Bauen bei der DEGES, 2023.
- [18] M. Wogan, N. Mohan, G. Wolf, N. Nejat , K. Menzel und R. Gross, Synergising Lifecycle Project Management for Sustainability: Towards a Streamlined Approach through different Project Phases, in 9th International Conference on Civil Structural and Transportation Engineering, Toronto, 2024.
- [19] BauInfoConsult, Studie: Wer sind die Multiplikatoren von BIM in Deutschland?, 09 02 2023. [Online]. Verfügbar: <https://bauinfoconsult.de/presse-studie-wer-sind-die-multiplikatoren-von-bim-in-deutschland/>.
- [20] M. Heiser und F. Friedrich, Nicht nur eine Planungsmethode, sondern eine Haltung, BundesBauBlatt, Bd. 03/2021.
- [21] D. Meinecke, Wie überzeuge ich meinen Bauherrn von BIM, DBZ, Bd. 09/2018.

# Analyse eines BIM-Anwendungsfalls mit der Arbeitssystemmethode

Julian Halter <sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Institut für Technologie und Management im Baubetrieb (TMB), julian.halter@kit.edu*

## Kurzfassung

Bei der Implementierung von BIM in einer Organisation liegt der Fokus häufig auf den Technologien und den Prozessen. Wie der Prozess konventionell läuft und was sich durch den neuen Prozess alles ändert, bleibt bei der Implementierung von BIM häufig unberücksichtigt. Problematisch dabei ist, dass die Bedürfnisse, Motivationen und Einstellungen der beteiligten Menschen nicht ausreichend berücksichtigt werden. Die von Steven Alter entwickelte Arbeitssystemmethode liefert einen vielversprechenden Ansatz, die durch BIM ausgelösten Veränderungen umfassend und dennoch praktikabel zu analysieren. Nach der Definition eines BIM-Anwendungsfalls und einer Übersicht bestehender Anwendungsfälle, erfolgt eine kurze Einführung in die Arbeitssystemmethode. Anschließend wird deutlich, dass sich die Struktur eines Arbeitssystems sehr gut auf die Struktur eines BIM-Anwendungsfalls übertragen lässt. Die Darstellbarkeit und Analysierbarkeit eines Anwendungsfalls in Form eines Arbeitssystems wird am Beispiel des Anwendungsfalls „Koordination der Fachgewerke“ nachgewiesen. Anhand der Betrachtung eines BIM-Anwendungsfalls als ein Arbeitssystem, lässt sich herausarbeiten, was sich für die einzelnen Beteiligten im Vergleich zur bisherigen Arbeitsweise ändert. Anhand dieser Erkenntnisse besteht die Möglichkeit zu ermitteln, wie die Beteiligten zu diesen Veränderungen stehen, um mit geeigneten Change-Management-Maßnahmen darauf zu reagieren und so den Faktor Mensch bei der Implementierung von BIM erfolgreich miteinzubinden.

*Schlagwörter: BIM, BIM-Anwendungsfälle, BIM-Implementierung, Arbeitssystemmethode, Change Management*

# 1 Herausforderungen der BIM-Implementierung

Die Einführung und Nutzung neuer Technologien sowie digitaler Arbeitsmethoden haben einen enormen Einfluss auf die Wirtschaft und die Gesellschaft. Aus vielen Geschäftsbereichen sind digitale Technologien inzwischen nicht mehr wegzudenken. Für das Bauwesen stellt BIM eine solche neue Arbeitsmethode dar. BIM basiert auf der Anwendung und Verknüpfung einer Vielzahl digitaler Prozesse und Technologien. Es existieren unzählige Anwendungsformen und Anwendungsgebiete in Form von BIM-Anwendungsfällen. Die Vielzahl der möglichen Anwendungsfälle, fehlende Kompetenzen bei den Beteiligten, mangelnde Standardisierung und die Komplexität der Softwareanwendungen führen bei der Implementierung zu Herausforderungen, die es zu meistern gilt. Da die Implementierung von BIM häufig eine tiefgreifende Veränderung der bisherigen Arbeitsprozesse bedeutet und langjährig angewendete Prozesse oder Arbeitsweise hinterfragt werden, ist die Implementierung komplex und oft auch langwierig. Bis diese Veränderungen zur neuen Normalität werden, benötigt es viel Zeit, Geduld und eine enge Begleitung durch externe oder interne BIM-Experten. Ein häufiges Problem bei der Implementierung von BIM ist, dass häufig nur die Technologien und die Prozesse im Vordergrund stehen. Häufig werden Softwareanalysen durchgeführt, um herauszufinden, welche Softwareanwendung sich am besten eignet, um einen oder mehrere BIM-Anwendungsfälle umzusetzen. Dazu gehören auch das Testen und Bewerten der neuen Software in Pilotprojekten. Im Ergebnis entsteht oft ein Prozess, der sich stark an der neuen Software orientiert oder sogar von dieser bestimmt wird. Die Software gibt meist vor, wie ein neuer Prozess abzulaufen hat. Wie der Prozess konventionell läuft und was sich durch den neuen Prozess ändert, bleibt dabei unberücksichtigt. Wird anhand der Erfahrungen aus den Pilotprojekten, anschließend die Entscheidung getroffen, die neue Software breitflächig zu implementieren, kommt es eventuell zu offenem oder passivem Widerstand bei den Mitarbeitern. Der Grund liegt darin, dass die Bedürfnisse, Motivationen und Einstellungen der beteiligten Menschen nicht ausreichend berücksichtigt wurden. Es wurde nicht untersucht, was sich für die einzelnen Beteiligten im Vergleich zur bisherigen Arbeitsweise ändert und wie die Beteiligten zu diesen Veränderungen stehen. Damit wird klar, dass der Blick auf die Prozesse und Technologie bei der Implementierung von BIM zwar wichtig ist, aber einige für eine erfolgreiche Implementierung notwendigen Aspekte nicht berücksichtigt. Es ist eine Methode notwendig, mit der sich die bei der BIM-Implementierung auftretenden Probleme frühzeitig erkennen lassen, um eine passende Lösung dafür zu finden. *Steven Alter* liefert mit seiner Arbeitssystemmethode (engl. Work System Method) genau dafür einen Ansatz, der dieses Problem adressiert [1]. Die Arbeitssystemmethode bietet die Möglichkeit die Auswirkungen einer neuen Technologie oder Arbeitsmethode auf eine Organisation umfassend und trotzdem übersichtlich zu analysieren.

## 2 BIM-Anwendungsfälle

### 2.1 BIM ist nicht gleich BIM

In der Literatur existieren zahlreiche Definitionen für die Arbeitsmethode Building Information Modeling (BIM) [vgl. 2, 3]. Als die inzwischen am weitesten verbreitete Definition für BIM in Deutschland gilt die Definition aus dem Stufenplan Digitales Planen und Bauen [4].

*„Building Information Modeling bezeichnet eine kooperative Arbeitsmethodik, mit der auf der Grundlage digitaler Modelle eines Bauwerks die für seinen Lebenszyklus relevanten Informationen und Daten konsistent erfasst, verwaltet und in einer transparenten Kommunikation zwischen den Beteiligten ausgetauscht oder für die weitere Bearbeitung übergeben werden.“ [4, S. 4]*

Diese Definition stellt heraus, dass es sich bei BIM um eine Arbeitsmethode handelt, bei der neben der Technologie z.B. in Form von digitalen Bauwerksmodellen die Projektbeteiligten und der komplette Lebenszyklus eines Bauwerks im Fokus stehen. Zu den Projektbeteiligten zählen unter anderem der Bauherr, die Planer, das Bauunternehmen, der Betreiber und noch viele mehr. Der Lebenszyklus eines Objekts beginnt mit der Projektinitiierung und Konzeptionierung, konkretisiert sich in der Planung, wird Realität in der Ausführung, erfüllt seinen Zweck im Betrieb und endet schließlich mit dem Rückbau. Genauso vielfältig wie die verschiedenen Lebenszyklusphasen oder die Aufgaben und Tätigkeiten der verschiedenen Projektbeteiligten sind, genauso so vielfältig ist auch BIM.

Über diese Sichtweise wird klar, dass es nicht das „eine“ BIM gibt, sondern BIM viele verschiedene Facetten aufweist. Die BIM-Methodik ist keine spezielle Software oder ein Prozess, sondern eine komplexe und umfangreiche Arbeitsmethodik, die je nach Zielstellung und Projektphase unterschiedlich umgesetzt werden kann. Um grob zu beschreiben in welcher Form BIM in einem Projekt zum Einsatz kommt, haben sich die Begriffe little, BIG, closed, und open etabliert [5, S. 44]. Little und BIG beschreiben, ob lediglich eine Fachdisziplin BIM-basiert arbeitet oder ob BIM kooperativ zwischen mehreren Disziplinen und Beteiligten eingesetzt wird. Closed und open BIM beschreiben hingegen, ob der Datenaustausch über proprietäre Schnittstellen läuft oder offene Datenaustauschformate genutzt werden.

Einen detaillierteren Ansatz den Einsatz von BIM zu beschreiben und zu strukturieren, bieten die verschiedenen Reifegrade auch BIM-Level genannt. Diese Art der Unterteilung geht auf das BIM Maturity Model von *Bew* und *Richard* zurück und wurde inzwischen in zahlreiche Publikationen und Reifegradmodellen aufgegriffen und weiterentwickelt. Eine detaillierte Analyse und ein Vergleich von Reifegradmodellen für BIM stammt von *Deubel et al.* [6]. Ziel dieser Reifegradmodelle ist es den Implementierungsfortschritt von BIM in einer Organisation oder einem Projekt zu messen und in einem BIM-Level einzuordnen.

Mit Hilfe der BIM-Level lässt sich zwar der allgemeine Implementierungsfortschritt bestimmen und zwischen Organisationen und Projekten vergleichen, jedoch ist nicht ersichtlich für was und wie BIM genutzt wird. Um zu beschreiben, für welchen Zweck und in welchem Umfang BIM in einem Projekt eingesetzt wird, nutzt man sogenannte BIM-Anwendungsfälle. Je nach gewähltem Anwendungsfall unterscheiden sich die Beteiligten, die Prozesse, die Technologie und die Komplexität deutlich. Die Anzahl potenziell anwendbarer BIM-Anwendungsfälle steht dabei in einer Abhängigkeit zum Reifegrad. Grundsätzlich gilt, dass die Anzahl potenziell umsetzbarer BIM-Anwendungsfälle mit zunehmendem Reifegrad wächst.

## 2.2 Definition eines BIM-Anwendungsfalls

Anders als für die BIM-Methodik existiert für den Begriff BIM-Anwendungsfall in Deutschland wie auch international keine anerkannte Definition. Im Englischen werden häufig die Bezeichnungen „BIM Use“, „BIM Case“, „Use Case“ oder „Model Use“ genutzt [vgl. 3, S. 22]. Zu den ersten Versuchen einen passende Beschreibung zu finden, zählt die vom Computer Integrated Construction Research Program, im 2011 veröffentlichten BIM Project Execution Planning Guide, verwendete Definition des Begriffs „BIM Use“ [7]. Das Glossar dieses BIM-Leitfadens definiert „BIM-Use“ als Methode zur Anwendung von BIM während des Lebenszyklus einer baulichen Anlage, um ein oder mehrere spezifische Ziele zu erreichen [vgl. 7, S. 123]. Der Begriff des BIM-Anwendungsfalls wird anschließend in der Literatur in verschiedensten Variationen aufgegriffen und ausgelegt. Eine ausführliche Analyse zur Entwicklung des Begriffs findet sich in *Deubels* Dissertation [3]. Im Ergebnis seiner Analyse formuliert *Deubel* für seine Dissertation folgende Definition: „Ein BIM-Anwendungsfall (AwF) beschreibt die Erstellung und Verwendung von Daten und Informationen aus oder in einem Bauwerksmodell, um ein bestimmtes Ergebnis zu erzielen.“ [3, S. 24]. Demnach beschreibt ein BIM-Anwendungsfall sowohl den Prozess der Datenerstellung und -nutzung an einem Modell als auch das daraus resultierende Ergebnis.

Der Masterplan BIM Bundesfernstraßen, das Nachfolgedokument des Stufenplans, definiert den Begriff des BIM-Anwendungsfalls in seiner dazugehörigen Musterrichtlinie wie folgt: „Ein Anwendungsfall beschreibt die zu erbringende Leistung und die Prozesse und Anforderungen, die in der Projektbearbeitung mit der BIM-Methodik zur Erreichung der Ziele zu berücksichtigen sind.“ [8, S. 6]. Anders als bei *Deubel* steht hier nun nicht mehr das Modell im Vordergrund, sondern der Anwendungsfall wird als Bindeglied zwischen den BIM-Zielen und der zu erbringenden Leistung gesehen. Die Projektphase und die Beteiligten des BIM-Anwendungsfalls bleiben jedoch unberücksichtigt.

Eine Definition, die genau diese Aspekte explizit mitaufgreift und sich vom Bauwerksmodell völlig löst stammt von buildingSMART: „Die Use Cases definieren [...], wer welche Informationen zu welchem Zeitpunkt in welchem Format und in welchem Detaillierungsgrad zur Verfügung stellt, um ein bestimmtes Ergebnis zu erreichen.“ [9]. In dieser Definition werden der Zeitpunkt, die Beteiligten, der Datenaustausch bzw. das -format und das Ergebnis als wesentliche Elemente eines Anwendungsfalls genannt. Daher wird nach den bisherigen Überlegungen, darüber welche Aspekte einen BIM-Anwendungsfall spezifizieren, diese Definition als zutreffendste Beschreibung angesehen. Einzig das übergeordnete Ziel bzw. der Nutzen eines Anwendungsfalls und der Bezug zum Bauwerksmodell fehlen in dieser Definition.

Um all die genannten Aspekte zu berücksichtigen, die einen BIM-Anwendungsfall charakterisieren wird die Definition von buildingSMART, um den Zweck und den Bezug zum Bauwerksmodell ergänzt. Damit ergibt sich für die weitere Untersuchung folgenden Definition:

*Ein BIM-Anwendungsfall beschreibt, wer zu welchem Zeitpunkt und Zweck, mit welchen Werkzeugen und in welchem Format, Daten und Informationen eines Bauwerksmodell erstellt oder nutzt, um ein bestimmtes Ergebnis zu erreichen.*

Im Folgenden wird nicht immer die komplette Bezeichnung „BIM-Anwendungsfall“ ausgeführt und auf den Zusatz „BIM“ verzichtet. Somit ergibt sich die Bezeichnung „Anwendungsfall“ oder die Abkürzung „AwF“, gemeint ist immer ein BIM-Anwendungsfall.

### 2.3 Übersicht der BIM-Anwendungsfälle

Ein zentrales Dokument zur Implementierung von BIM in Deutschland ist, der vom Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMDV) veröffentlichte Masterplan BIM Bundesfernstraßen [10]. Er beschreibt das Ziel, BIM als einen wesentlichen Teil des zukünftigen Planens, Bauens, Erhalten und Betreiben von Bundesfernstraßen zu implementieren. Damit knüpft der Masterplan an den Stufenplan Digitales Bauen an und konkretisiert die darin enthaltene BIM-Implementierungsstrategie durch die Definition eines BIM-Implementierungskonzepts.

Im Rahmen des Masterplans werden ergänzende Dokumente unter dem Begriff Musterrichtlinie BIM veröffentlicht. Die Musterrichtlinie BIM besteht aus verschiedenen Rahmendokumente mit Handreichungen, Vorlagen und Empfehlungen für die konkrete Projektarbeit. In einem der Rahmendokumente ist eine Übersichtsliste mit 20 standardisierten Anwendungsfallbezeichnungen enthalten. Die 20 Anwendungsfälle werden jeweils in einem Satz definiert und ihnen wird eine standardisierte Nummer von 010-200 zugeordnet [11]. Inzwischen hat auch BIM Deutschland diese Anwendungsfallbezeichnungen übernommen und als zwischen den Infrastrukturträgern Straße, Wasserstraße, Schiene und Hochbau abgestimmte, harmonisierte und standardisierte Liste auf ihrer Webseite veröffentlicht. Diese 20 Anwendungsfälle inkl. der Nummerierung gelten aktuell als der in Deutschland am weitesten verbreitete Standard bzgl. BIM-Anwendungsfällen.

*Tabelle 2-1: Liste der standardisierten BIM-Anwendungsfälle [11]*

<b>AwF-Nr.</b>	<b>Bezeichnung des Anwendungsfall</b>	<b>Steckbrief</b>
010	Bestandserfassung und -modellierung	X
020	Bedarfsplanung	
030	Planungsvarianten	X
040	Visualisierung	X
050	Koordination der Fachgewerke	X
060	Planungsfortschrittskontrolle und Qualitätsprüfung	X
070	Bemessung und Nachweisführung	X

080	Ableitung von Planunterlagen	X
090	Genehmigungsprozess	
100	Mengen- und Kostenermittlung	X
110	Leistungsverzeichnis, Ausschreibung, Vergabe	X
120	Terminplanung der Ausführung	X
130	Logistikplanung	X
140	Baufortschrittskontrolle	X
150	Änderungs- und Nachtragsmanagement	
160	Abrechnung von Bauleistungen	
170	Abnahme- und Mängelmanagement	X
180	Inbetriebnahmemanagement	
190	Projekt- und Bauwerksdokumentation	X
200	Nutzung für Betrieb und Erhaltung	

In Abbildung 1 sind die 20 BIM-Anwendungsfälle mit ihrer jeweiligen Awf-Nummer aufgelistet. Von den 20 Anwendungsfällen sind aktuell 14 im ergänzenden Rahmendokument *Anwendungsfälle - Phase II* in Form von Steckbriefen detailliert beschrieben [12]. Die Steckbriefe enthalten grundlegende Informationen, Umsetzungsempfehlungen und Prozessdiagramme zu den Anwendungsfällen sowie weitere für die Umsetzung hilfreiche Zusatzmaterialien. Dazu zählen unter anderem Praxisbeispiele und Lessons Learned.

### 3 Arbeitssystemmethode

#### 3.1 Struktur eines Arbeitssystems

In seinem Buch „The work system method“ stellt *Steven Alter* eine tiefgreifende und dennoch praktisch anwendbare Methode vor, um über Systeme in Organisationen nachzudenken, unabhängig davon, ob IT involviert ist oder nicht [1]. Die Arbeitssystemmethode basiert auf der Betrachtung und Untersuchung von sogenannten Arbeitssystemen. Ein Arbeitssystem umfasst Arbeitspraktiken, menschliche Teilnehmer, Informationen sowie Technologie und besitzt das Ziel Produkte oder Dienstleistungen für interne oder externe Kunden zu produzieren. *Alter* definiert ein Arbeitssystem wie folgt:

*Ein Arbeitssystem ist ein System, in dem menschliche Teilnehmer und/oder Maschinen unter Verwendung von Informationen, Technologie und anderen Ressourcen Arbeit verrichten, um für interne oder externe Kunden Produkte herzustellen und/oder Dienstleistungen zu erbringen. [vgl. 1, S. 12]*

Zur grafischen Darstellung eines Arbeitssystems und den Zusammenhängen zwischen den Elementen nutzt *Alter* die in Abbildung 3-1 dargestellte Pyramide. Die Arbeitssystem-Pyramide hilft dabei, den Aufbau eines Arbeitssystems zu beschreiben und besser zu verstehen.

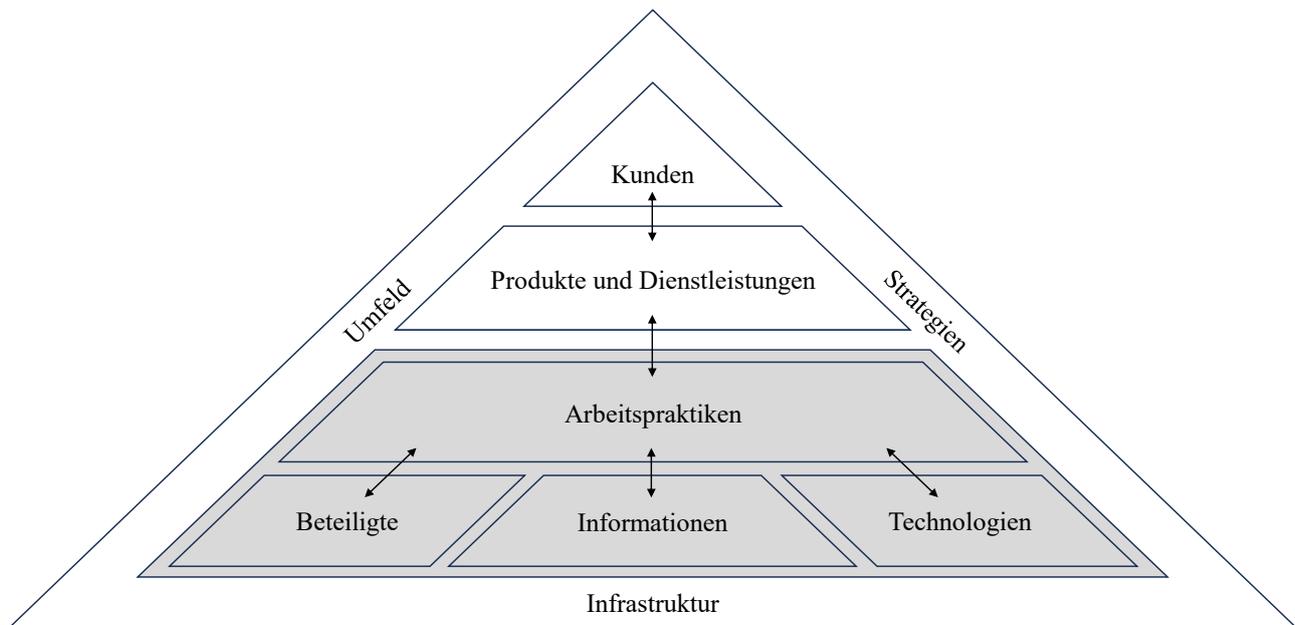


Abbildung 3-1: Arbeitssystem-Pyramide nach Alter [vgl. 1, S. 13]

Die Beteiligten, die Informationen, die Technologien und die Arbeitspraktiken bilden die vier zentralen Elemente eines Arbeitssystems und sind gleichzeitig die Elemente, welche die tatsächliche Arbeit ausführen. Aus dieser Arbeit heraus entstehen Produkte und Dienstleistungen für bestimmte Kunden. Die Doppelpfeile zeigen an, dass die verschiedenen Elemente eines Arbeitssystems ausgeglichen und aufeinander abgestimmt sein sollten. Diese sechs Elemente bilden zusammen den Kern eines Arbeitssystems. Sie sind eingebettet und umgeben von den drei übergeordneten Elementen eines Arbeitssystems dem Umfeld, der Infrastruktur und den verfolgten Strategien.

### 3.2 Snapshot eines Arbeitssystems

Die Arbeitssystemmethode kann dabei helfen im Prinzip jedes System innerhalb einer Organisation zusammenzufassen und zu analysieren. Als praktisches Werkzeug zur Erstellung der Zusammenfassung schlägt *Alter* eine einseitige tabellarische Zusammenfassung, einen sogenannten Arbeitssystem-Snapshots vor. [vgl. 1, S. 16]. Abbildung 3-2 zeigt das grundsätzliche Schema eines Arbeitssystem-Snapshots.

Kunden		Produkte und Dienstleistungen	
Arbeitspraktiken (Hauptaktivitäten und Prozesse)			
Beteiligte	Informationen	Technologie	

Abbildung 3-2: Schema eines Arbeitssystem-Snapshot

Ein Arbeitssystem-Snapshot verwendet die sechs zentralen Elemente eines Arbeitssystem, um die Art, den Zweck und den Umfang eines Arbeitssystems zusammenzufassen. Die Arbeitspraktiken beschreiben alle relevanten Aktivitäten und Prozesse, die durch die Beteiligten durchgeführt werden, um Produkte und Dienstleistungen für bestimmte Kunden zu produzieren. Trotz der starken Zusammenfassung handelt es sich um eine ausgewogene ganzheitliche Ansicht eines Arbeitssystems. Die Zusammenfassung ermöglicht schnell zu verstehen, wie das Arbeitssystem organisiert ist, wer beteiligt ist, welche Aufgaben zu erledigen sind und welche Produkte hergestellt oder Dienstleistungen erbracht werden.

Die strikte Begrenzung auf eine Seite verhindert, dass man sich bei der Analyse in Detailfragen verliert. Vielmehr wird durch die abstrakte Zusammenfassung der grundlegenden Elemente eines Arbeitssystems der Fokus automatisch auf das System als Ganzes gelegt. Als weitere Vorteile der kompakten und übersichtlichen Darstellung zählen, der geringe Aufwand bei der Erstellung und die Möglichkeit ein Arbeitssystem schnell zu erfassen und zu verstehen. Dieser Überblick reicht aus, um über mögliche Veränderungen durch eine neue Technologie oder Methode zu diskutieren.

## 4 Anwendung der Arbeitssystemmethode bei der Implementierung von BIM

### 4.1 Darstellung eines BIM-Anwendungsfalls als Arbeitssystem

Vergleicht man die Definition eines BIM-Anwendungsfalls aus Abschnitt 2.2 mit der Definition eines Arbeitssystems in Abschnitt 3.1 wird deutlich, dass sich die Struktur eines Arbeitssystems sehr gut auf die Struktur eines BIM-Anwendungsfalls übertragen lässt. Ein BIM-Anwendungsfall kann als Arbeitssystem gesehen werden, in dem die Beteiligten unter Verwendung von Informationen und Technologie verschiedene Arbeiten verrichten, um für interne oder externe Kunden Produkte herzustellen oder Dienstleistungen zu erbringen.

Um die Anwendbarkeit der Arbeitssystemmethode bei der Analyse eines BIM-Anwendungsfalls nachzuweisen, wird ein beispielhafter BIM-Anwendungsfall ausgewählt und das Arbeitssystem in Form eines Snapshots zusammengefasst. Durch diese Zusammenfassung wird das Arbeitssystem des Anwendungsfalls sichtbar und lässt sich auch von Personen ohne umfangreiches Fachwissen zu diesem Anwendungsfall schnell erfassen und verstehen. Prinzipiell kann jeder beliebige Anwendungsfall für die Analyse herangezogen werden. Im nachfolgenden Beispiel wird ein BIM-Anwendungsfall ausgewählt, der als weit verbreitet gilt und mit den offensichtlichsten Vorteilen gegenüber der zweidimensionalen Planung mitbringt.

Die BIM-Methodik auf Basis dreidimensionaler Bauwerksmodelle ermöglicht ein frühzeitiges Erkennen von Planungskonflikten, um so die Planungsqualität und Vorbereitung der Ausführung zu verbessern. Der Anwendungsfall Koordination der Fachgewerke dient exakt dem Zweck der systematischen Konflikterkennung und -kommunikation, indem die Fachmodelle der einzelnen Gewerke regelmäßig in einem Koordinationsmodell zusammengeführt und auf Konflikte geprüft werden. Die Konfliktlösung erfolgt über eine modellgestützte Besprechung und Dokumentation der Besprechungsergebnisse. [vgl. 8, S. 56]

In Abbildung 3-1 ist der Snapshot für den BIM-Anwendungsfall „AwF 050 – Koordination der Fachgewerke“ dargestellt. Der Snapshot wurde auf Basis des im Rahmen des Masterplan BIM Bundesfernstraßen veröffentlichten Steckbriefs des Anwendungsfalls erstellt [vgl. 8, S. 55-65].

<b>Kunden</b>		<b>Produkte und Dienstleistungen</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>- BIM-Koordination</li> <li>- BIM-Modellierung</li> <li>- Fachplaner</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Koordinationsmodell</li> <li>- BCF-Tickets der Konflikte</li> <li>- Dokumentation der Besprechungsergebnisse</li> </ul>			
<b>Arbeitspraktiken</b>					
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Die BIM-Koordination stellt die Fachmodelle jeweils für ihr Gewerk entsprechend dem aktuellen Planungsstand über die CDE bereit.</li> <li>- Die BIM-Gesamtkoordination erfasst und berücksichtigt die Anforderungen aus AIA und BAP.</li> <li>- Die BIM-Gesamtkoordination führt die Fachmodelle in einer Koordinationssoftware in einem einheitlichen Bezugssystem zu einem Koordinationsmodell zusammen.</li> <li>- Die BIM-Gesamtkoordination führt in der Koordinationssoftware eine Konflikterkennung durch und dokumentiert die Konflikte mittels BCF-Tickets.</li> <li>- Die BIM-Gesamtkoordination breitet das Koordinationsmodell und die Konflikte für die modellgestützte Besprechung vor.</li> <li>- Die BIM-Gesamtkoordination diskutiert die Konflikte mit der BIM-Koordination, dem BIM-Management, der Projektleitung und den Fachplaner in der modellgestützten Planungsbesprechung.</li> <li>- Die BIM-Gesamtkoordination dokumentiert die Besprechungsergebnisse mittels BCF-Tickets.</li> <li>- Die BIM-Koordination leitet die BCF-Tickets an die Fachplaner und BIM-Modellierung weiter und bespricht mit ihnen die Besprechungsergebnisse.</li> </ul>					
<b>Beteiligte</b>		<b>Informationen</b>		<b>Technologie</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- BIM-Management</li> <li>- BIM-Gesamtkoordination</li> <li>- BIM-Koordination</li> <li>- Fachplaner</li> <li>- Projektleitung (AG)</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>- AIA</li> <li>- BAP</li> <li>- Fachmodelle</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>- CDE</li> <li>- Koordinationssoftware</li> <li>- BCF</li> </ul>	

*Abbildung 4-1: Snapshot des BIM-Anwendungsfalls  
„AwF 050 – Koordination der Fachgewerke“*

Das Arbeitssystem des Anwendungsfalls startet, wenn die BIM-Koordination zu im BIM-Abwicklungsplan (BAP) definierten Zeitpunkten die Fachmodelle ihres jeweiligen Gewerks entsprechend dem aktuellen Planungsstand über die CDE der BIM-Gesamtkoordination zur Verfügung. Anschließend führt die BIM-Gesamtkoordination unter Berücksichtigung der Anforderungen aus AIA und BAP die Fachmodelle in einer Koordinationssoftware in einem einheitlichen Bezugssystem zu einem Koordinationsmodell zusammen. Im nächsten Schritt führt die BIM-Gesamtkoordination in der Koordinationssoftware eine Konflikterkennung durch und dokumentiert die Konflikte mittels BCF-Tickets. Die Konflikte und das Koordinationsmodell werden durch die BIM-Gesamtkoordination entsprechend der Relevanz und Thema für die modellgestützte Besprechung vorbereitet. In der modellgestützten Planungsbesprechung werden dann die identifizierten Konflikte zwischen BIM-Gesamtkoordination, BIM-Koordination, BIM-Management, Projektleitung und Fachplaner diskutiert. Die Dokumentation der Besprechungsergebnisse erfolgt ebenfalls mittels BCF-Tickets. Als letzter Schritt des Arbeitssystems leitet die BIM-Koordination die

BCF-Tickets an die Fachplaner und BIM-Modellierung ihres jeweiligen Gewerks weiter und bespricht mit ihnen die Besprechungsergebnisse.

## 5 Analyse der Veränderungen bei Implementierung eines BIM-Anwendungsfalls

Anhand dieses Snapshots ist es nun möglich die durch BIM im Vergleich zur konventionellen Arbeitsweise ausgelösten Veränderungen zu analysieren und zu diskutieren. Die Analyse erfolgt anhand von insgesamt zehn Fragen, jeweils eine Frage für jedes Element des Arbeitssystems und eine Frage für das Arbeitssystem als Ganzes. Als Ausgangsbasis für die Formulierung der Fragen dienen die Fragen von *Alter* aus dem zweiten Schritt der Arbeitssystemmethode in Level 2 [vgl. 1, S. 26]. *Alter* verfolgt mit seinen Fragen das Ziel die Funktionsweise des bestehenden Arbeitssystems zu verstehen und vorhanden Probleme und Verbesserungsmöglichkeiten herauszuarbeiten. Bezogen auf die Implementierung von BIM muss das Ziel der Fragen etwas anders ausgerichtet werden. Die grundlegenden Mehrwerte und Potenziale von BIM, sind in der Literatur bereits vielfach und umfassend beschrieben und in wissenschaftlich begleiteten Pilotprojekten nachgewiesen. Ebenfalls in der bestehenden Literatur oder im Optimalfall im BAP eines Projekts ist beschrieben, wie ein BIM-Anwendungsfall umzusetzen ist. Demnach ist es für die Implementierung eines BIM-Anwendungsfalls nicht mehr notwendig in der Analyse detailliert die Verbesserungsmöglichkeiten durch BIM herauszuarbeiten, sondern es ist vielmehr notwendig die durch BIM ausgelösten Veränderungen an sich zu analysieren. Die zehn Fragen zur Analyse der Veränderungen durch BIM lauten:

1. Welche Auswirkungen hat BIM auf die Kunden des Arbeitssystems?
2. Wie verändert BIM die hergestellten Produkte und Dienstleistungen des Arbeitssystems?
3. Wie verändert BIM die Arbeitspraktiken des Arbeitssystems?
4. Wie gut sind die Rollen, das Fachwissen und die Interessen der Beteiligten des Arbeitssystems mit BIM abgestimmt?
5. Wie verändert BIM die Informationen oder das Wissen des Arbeitssystems bzw. die Art und Weise wie Informationen und Wissen genutzt werden?
6. Wie verändert BIM die technologische Unterstützung der Arbeitspraktiken des Arbeitssystems?
7. Wie verändert BIM die Anpassung des Arbeitssystems an seine Umgebung?
8. Wie verändert BIM die Art und Weise, wie das Arbeitssystem die vorhandene Infrastruktur nutzt?
9. Wie verändert BIM die Anpassung des Arbeitssystems an die Strategie der Organisation?
10. Wie verändert BIM die Funktionsweise des Arbeitssystem als Ganzes und im Zusammenspiel mit anderen Arbeitssystemen?

Durch Beantwortung der zehn Fragen für einen bestimmten Anwendungsfall z.B. Koordination der Fachgewerke lässt sich ein Vergleich zwischen BIM-basiertem Arbeitssystem und konventionellem Arbeitssystem aufstellen und so die durch BIM ausgelösten Veränderungen deutlich herausarbeiten. Denn nur wenn offen gelegt wird, welche Veränderungen BIM für die Beteiligten mit sich bringt, können weitere Untersuchungen zur Akzeptanz und der Widerstände anknüpfen, um anschließend mit geeigneten Change-Management-Maßnahmen darauf zu reagieren und die Implementierung erfolgreich zu gestalten.

## 6 Fazit und Ausblick

Die Arbeitssystemmethode bietet einen vielversprechenden Ansatz, die durch BIM ausgelösten Veränderungen umfassend und dennoch praktikabel zu analysieren. Anhand der Betrachtung eines BIM-Anwendungsfalls als ein Arbeitssystem, lässt sich herausarbeiten, was sich für die einzelnen Beteiligten im Vergleich zur bisherigen Arbeitsweise ändert und ermitteln, wie die Beteiligten zu diesen Veränderungen stehen. Anhand dieser Erkenntnisse besteht die Möglichkeit mit geeigneten Change-Management-Maßnahmen darauf zu reagieren und so den Faktor Mensch bei der Implementierung von BIM erfolgreich miteinzubinden.

In diesem Beitrag, wurde nur ein Ausschnitt aus der Arbeitssystemmethode vorgestellt und zudem noch sehr verkürzt beschrieben. Die von *Alter* entwickelte Arbeitssystemmethode besitzt noch einige weitere Schritte und bei der Anwendung gilt es einige Feinheiten und Regeln zu beachten. Diese können den Veröffentlichungen von *Alter* entnommen werden. Je nach Aufwand und Detaillierungsgrad mit dem die Untersuchung durchgeführt werden soll, schlägt *Alter* drei verschiedene Level vor. In Level 1 werden die drei Schritte der Arbeitssystemmethode mit der Beantwortung von nur drei Fragen abgehandelt. In Level 3 stehen für die Analyse hingegen umfangreiche Fragen sowie Vorlagen für Checklisten und Diagramme zur Verfügung.

Die Anwendbarkeit bei der Implementierung der BIM-Methodik, muss ebenfalls noch weiter untersucht werden. In diesem Beitrag wird nur das Arbeitssystem eines BIM-Anwendungsfalls dargestellt. Für die weitere Untersuchung ist die Darstellung der konventionellen Arbeitsweise über einen Snapshot und die Beantwortung der in Abschnitt 5 formulierten Fragen notwendig. Erst dann lassen sich die durch BIM ausgelösten Veränderungen auch eindeutig herausarbeiten.

Eine interessante Frage, die sich bei der Untersuchung eines Anwendungsfalls mit der Arbeitssystemmethode stellt ist, zu welchem Zeitpunkt oder in welche Phase der Implementierung von BIM in einer Organisation sollte die Analyse durchgeführt werden. Die Frage ist, sollte die Analyse vor der Pilotierung in einzelnen Projekten, nach der Pilotierung, zu Beginn der Implementierung oder während der Implementierung durchgeführt werden. Dafür gilt es in zukünftigen Untersuchungen die Phasen der BIM-Implementierung näher zu beleuchten und entsprechende Fallstudien durchzuführen.

## 7 Literaturverzeichnis

- [1] S. Alter, *The work system method: Connecting people, processes and IT for business results.* Work System Press, 2006.
- [2] M. Stange, *Building Information Modelling im Planungs- und Bauprozess: Eine quantitative Analyse aus planungsökonomischer Perspektive*, 1. Aufl. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden, 2020.

- 
- [3] M. Deubel, Untersuchungen zur Wirtschaftlichkeit von Building Information Modeling (BIM) in der Planungs- und Realisierungsphase von Bauprojekten. Karlsruhe, Baden: KIT Scientific Publishing, 2021.
- [4] Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur, Hg., "Stufenplan Digitales Planen und Bauen" Einführung moderner, IT-gestützter Prozesse und Technologien bei Planung, Bau und Betrieb von Bauwerken, 2015. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Publikationen/DG/stufenplan-digitales-bauen.html>. Zugriff am: 22. September 2019.
- [5] K. Hausknecht und T. Liebich, BIM-Kompendium: Building Information Modeling als neue Planungsmethode. Stuttgart: Fraunhofer IRB Verlag, 2016.
- [6] M. Deubel und J. Halter, "Identifikation, Analyse und Vergleich von Reifegradmodellen für Building Information Modeling (BIM)" in 30. BBB-Assistententreffen in Karlsruhe: Fachkongress der wissenschaftlichen Mitarbeiter Bauwirtschaft | Baubetrieb | Bauverfahrenstechnik, S. Haghsheno, K. Lennerts und S. Gentes, Hg., Karlsruhe: KIT Scientific Publishing, 2019, S. 70–86.
- [7] Computer Integrated Construction Research Program, "BIM Project Execution Planning Guide: Version 2.1", The Pennsylvania State University, Pennsylvania, USA, 2011.
- [8] Bundesministerium für Digitales und Verkehr, Hg., "Anwendungsfälle - Phase II: Rahmendokument - Version 2.0"
- [9] buildingSMART International, Use Case Management. [Online]. Verfügbar unter: <https://ucm.buildingsmart.org/> (Zugriff am: 16. April 2023).
- [10] Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur, Hg., "Masterplan BIM Bundesfernstraßen: Digitalisierung des Planens, Bauens, Erhaltens und Betreibens im Bundesfernstraßenbau mit der Methode Building Information Modeling (BIM)", 2021. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Artikel/StB/masterplan-bim-bundesfernstrassen.html>.
- [11] BIM Deutschland, Liste der standardisierten Anwendungsfallbezeichnungen. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.bimdeutschland.de/bim-deutschland/liste-der-standardisierten-anwendungsfallbezeichnungen> (Zugriff am: 16. April 2023).
- [12] Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur, Hg., "Masterplan BIM Bundesfernstraßen: Rahmendokument: Steckbriefe der Anwendungsfälle - Version 1.0", 2021.

# Ein bauwirtschaftlicher Ansatz zur Steigerung der Resilienz in der Fabrikplanung im Kontext von Industrie 5.0

*Daniel Wentzek*<sup>1</sup>

<sup>1</sup> TU Dortmund, LS für Baubetrieb und Bauprozessmanagement, Dortmund, [daniel.wentzek@tu-dortmund.de](mailto:daniel.wentzek@tu-dortmund.de)

## **Kurzfassung**

Damit die Bauwirtschaft im gesamten industriellen Kontext weiter den Schulterschluss behält wird in dem Beitrage ein baubetrieblicher Ansatz vorgestellt, der die Sichtweise der Bauwirtschaft in der Diskussion um das Konzept der Industrie 5.0, welches durch die EU-Kommission initiiert wurde, erläutert und eingeordnet. Anhand der Modulare- bzw. Serielle-Element Bauweise, die in der Fabrikplanung zum Einsatz kommt, wird dargestellt, wie diese dazu beitragen kann in einem turbulenten und volatilen Umfeld, in dem sich das Produzierende Gewerbe behaupten muss, die Fabriken resilienter und Nachhaltiger machen. Dafür wird zunächst der Gesamtkontext der verscheidenden Sphären hergestellt um, so die Wichtigkeit des Ansatzes zur Steigerung der Resilienz und Nachhaltigkeit in der Industrie 5.0 zu erläutern und zu betonen. Weiter wird aufgezeigt, dass der Ansatz der Modularen- bzw. Seriiellen-Element Bauweise weiter entwickelt werden muss umso die gewünschten Erfolge zu erzielen. Diese Weiterentwicklung zielt auf einen Ansatz aus der Kreislaufwirtschaft ab: Die Wiederverwendung von Bauteilen zur Anpassung von Fabriken. Der Beitrag unterstreicht, dass durch wiederverwendbares modulares Bauen nicht nur operative Effizienz, sondern auch langfristige ökologische und ökonomische Vorteile erzielt werden können, was die Bauwirtschaft zur Zukunftsfähigkeit der Industrie beiträgt.

*Schlagwörter: Industrie 5.0, Modulbauweise, Resilienz, Nachhaltigkeit, Kreislaufwirtschaft*

# 1 Einleitung

Die vorliegende Ausarbeitung verfolgt das Ziel, unter Zuhilfenahme des im „Industrie 5.0“-Konzept der EU-Kommission konstituierten Resilienz- und Nachhaltigkeitsgedankens einen Weg vorzustellen, der die Planung und Umsetzung von Fabriken in einem nahezu kontinuierlich volatiler, unsicherer, komplexer und ambiguitiver (VUCA)<sup>1</sup> werdenden Umfeld [3] agiler, effizienter und widerstandsfähiger macht und dabei gleichzeitig dem Ruf wichtiger und immer weiter steigender Nachhaltigkeitsanforderungen in der Baubranche widerspiegelt [4].

Die Entwicklung neuer zukunftsweisender Konzepte in der Baubranche ist unumgänglich und steht vor der Herausforderung, den wirtschaftlichen Druck und die bautechnischen Anforderungen zu berücksichtigen und gleichzeitig den steigenden Nachhaltigkeitskriterien gerecht zu werden. Angesichts der zunehmenden Komplexität der externen Märkte infolge von Nachfrageveränderungen, technologischem Fortschritt, geopolitischen Spannungen sowie regulatorischen Änderungen oder einem allgemein gestiegenen Wettbewerb, steht der moderne Fabrikbau vor großen Herausforderungen (vgl. [5]). Hierbei ist es keine bahnbrechende neue Erkenntnis, dass moderne Firmen sich bereits seit Jahren in dem zuvor kurz angesprochenen Umfeld, geprägt von unvorhersehbaren Ereignissen sowie einer gestiegenen Volatilität (vgl. [6]), in dem das Szenario des Wettbewerbes als eine Art Leitdevise fungiert (Stichwort: Hyperwettbewerb, vgl. [7]), bewegen und behaupten müssen. Gleichwohl ist und bleibt die Entwicklung innovativer Konzepte auch auf absehbare Zeit unumgänglich da technologische Transformationsprozesse in Form von einer Zunahme von Robotertechnologie, was neue Effizienzdynamiken und Sicherheitsbedarfe hervorruft, KI-Anwendungen, die veränderte Anforderungen an das Baustellenmanagement, die Ressourcenplanung und Risikobewertung stellen und der dem 3D-Druck, der unter anderem die Bauzeit und -kosten reduzieren und bislang ungeahnte Gestaltungsmöglichkeiten bieten kann, die Prozessdynamiken und damit einhergehenden An- und Herausforderungen zusätzlich und signifikant beschleunigen respektive intensivieren und jeweils einer adäquaten Bewältigungsstrategie bedürfen (vgl. [8, 9]). Von Fabrikbetreibern wird besonders ein hohes Maß an Flexibilität und ein breites Spektrum an Ausführungsvarianten bis hin zur Individualisierung der Anlagen gefordert, da verlässliche Bedarfsprognosen angesichts der hohen Volatilität der Märkte kaum noch möglich erscheinen und Fabrik-Neubauten folglich ein hohes Maß an Anpassungsfähigkeit abverlangt wird. Hinzu kommt, dass die Kunden eine schnelle Fertigstellung ihrer Anlagen erwarten, was die Bedeutung flexibler Bauzeiten zusätzlich unterstreicht (vgl. [10, S. 14]). Hieraus ergibt sich der Umstand, dass die Aspekte der Effizienz in der Umplanung und der Agilität zu den entscheidenden Faktoren im Zuge der Bewertung einer Fabrik avancieren. Allgemein führt diese kontinuierliche „Dynamisierung und Intensivierung von Markt- und Umweltveränderungen“ ([11, S. 1]) zu einem erhöhtem Anpassungsdruck und zu einer immer größer werdenden Notwendigkeit der Reaktionsfähigkeit und Effizienz, um wettbewerbsfähig zu bleiben und langfristige Wertschöpfung und Wachstum zu generieren. Dies hat zur Folge, dass Produktionssysteme und Fabriken einer Vielzahl externer Störfaktoren aus dem Produktions- und gleichermaßen dem politischen Umfeld ausgesetzt sind. Der

---

<sup>1</sup> „VUCA“ ist eine im Jahr 1987 von Warren Bennis und Burt Nanus geprägte Formulierung (aus dem engl. ins dt. übersetzt: Volatilität (volatility), Unsicherheit (uncertainty), Komplexität (complexity), Ambiguität (ambiguity)), die als Indikator für die allgemein gestiegene Komplexität innerhalb der Wirtschaftswelt herangezogen wird (vgl. [1, S. 74])

Veränderungsdruck (vgl. [12];[13];[14]), der auf allen Produktions- und Fabrikebenen besteht und durch sogenannte Transformationstreiber vorangetrieben wird (vgl. [13]), findet in diesem turbulenten Umfeld statt (vgl. [15, S. 13]), in dem eine Vielzahl sich gegenseitig beeinflussender und verstärkender Faktoren präsent sind. Generell unterscheidet man zwischen internen Veränderungstreibern, die sich aus Veränderungen der Fähigkeiten und Ressourcen sowie der internen Organisation ergeben sowie externen Veränderungstreibern, die meist marktgetrieben oder politisch sind und aus den oben genannten Umweltturbulenzen und politischen Anforderungen bzw. Regulierungen resultieren ([14, S. 54];[16];[17]). Gerade in der Bauwirtschaft und insbesondere in der bauplanerischen Umgebung von Fabriken, die im Rahmen der vorliegenden Ausarbeitung fokussiert wird, spiegeln sich diese Treiber des Wandels sowie die damit verbundenen Herausforderungen wider. Dies wird nicht zuletzt anhand der in den letzten Jahren in der Baubranche vorherrschenden Krise deutlich [18]. Im Zuge dessen sind die betroffenen Unternehmen dazu aufgefordert, notwendige Konzepte zu entwickeln, die es zum Beispiel ermöglichen, bedarfsgerecht und zeitlich flexibel Anpassungen im Fabriklayoutbereich, also an dem Gebäude an sich, vornehmen zu können oder Konfigurations- und Strukturierungsmechanismen zu integrieren, die dabei helfen, möglichst zeitnah und situativ auf individuelle Kundenanforderungen eingehen oder interne agile Prozesse zielgerichtet in Form von kurzen Planungs- und Umsetzungszyklen umsetzen zu können. Dem übergeordnet steht das nahezu alles überschattende Kredo von kurzen Reaktionszeiten und der Geringhaltung von Betriebskosten, dem Rechnung getragen werden muss ([19, S. 290]).

An dieser Stelle setzt der hier angerissene und im Rahmen des derzeit laufenden Dissertationsvorhabens des Autors detailliert untersuchte Ansatz an und versucht, unter Zuhilfenahme des seitens der EU-Kommission vorgestellten Konzepts „Industrie 5.0“ (I5.0), mehrere offene Fragen zu beantworten, die sich vor dem Hintergrund der zuvor beschriebenen Dynamiken innerhalb der Bauwirtschaft in den vergangenen Jahren herauskristallisiert haben. Hierzu zählen unter anderem Fragen wie:

*Wie kann die aktuell, relativ träge Anpassungsmöglichkeit der Gebäude erhöht werden?*

*Welche Maßnahmen müssen ergriffen werden, damit die Prozesse für das Ändern der Gebäudehülle effizienter und somit beschleunigt werden können?*

*Welche Maßnahmen erweisen sich als notwendig, um eine zukunftsfähige, nachhaltige Produktionsstätte aus Sicht des Baubetriebes zu planen?*

Dies sind die forschungsleitenden Fragen, die es zu beantworten gilt. An dieser Stelle ist es wichtig, darauf hinzuweisen, dass die vorliegende Arbeit hauptsächlich beabsichtigt, eine Zusammenfassung der offenen Forschungsfragen, die im Rahmen des Dissertationsvorhabens des Autors umfassend erforscht werden, zu präsentieren. Demzufolge ist die vorliegende Ausarbeitung mehr als kompakter Überblick gedacht, denn als finale Bearbeitung der angesprochenen Thematiken zu verstehen und soll folglich eine erste Einführung in die behandelten Themenbereiche bieten.

Zwar sind im Kontext von Arbeitsorganisation und Prozessoptimierung innerhalb der Fabrik bereits umfangreiche Betrachtungen erfolgt (vgl.[20];[21]), hierbei ist der Aspekt der bauplanerischen Aufgabe, also der physische Anpassung des Fabrikgebäude sowie der damit einhergehenden Herausforderungen, indes meist außenvorgelassen worden ([22]).

Daher wird nachfolgend ein erster Ansatz formuliert, wie die Herausforderungen, unter Rückgriff auf die im Konzept der Industrie 5.0 festgehaltenen Kernmerkmale, in der Bauwirtschaft bewerkstelligt werden könnten. Hierfür wird zunächst der globale Kontext hergestellt, um die Einordnung der Fragestellung in die Sphäre der Fabrikplanung und Industrialisierung zu heben, damit verschiedene Entscheidungspersonen in diesem Prozess mit dem Blick durch das „Auge“ der Bauwirtschaft die Entwicklung von resilienten und nachhaltigen Produktionsökosystemen vorantreiben können. In diesem Zusammenhang erweist sich das Konzept Industrie 5.0 als potenzieller Schlüsselansatz, der die Integration von Mensch und Maschine in einer kollaborativen Arbeitsumgebung betont. Die sogenannte fünfte industrielle Revolution legt den Schwerpunkt auf Nachhaltigkeit, soziale Verantwortung und eine menschenzentrierte Produktion. Durch die Anwendung von Industrie 5.0 in der Bauwirtschaft können verschiedene Aspekte wie Automation, digitale Zwillinge und KI-gestützte Entscheidungsfindung zur Effizienzsteigerung, Qualitätsverbesserung und Risikominderung beitragen. Anhand dieser spezifischen Charakteristika lassen sich diverse Handlungsempfehlungen aufzeigen, um den Übergang zu einem modernen und nachhaltigen Bauwesen zu erleichtern und die oben erwähnten Problematiken im Bauwesen konstruktiver angehen zu können. Zudem bietet das bereits in der Praxis angewandte Modulare- bzw. Serielle-Element Bauweise großes Potential einen Beitrag zu leisten.

Dies führt zu der übergeordneten forschungsleitenden Frage, *ob ein bauteilbezogener modularer Ansatz, den nachhaltigkeits- und agilitäts- Ansprüchen der Industrie 5.0 nachkommen kann?*

## **2 Einordnung und Konzept der Industrie 5.0**

### **2.1 Industrielle Revolutionen**

Die Industrialisierung in Europa, im speziellen im produzierenden Gewerbe, lässt sich in vier industrielle Revolutionen einordnen. Den Beginn markiert die erste industrielle Revolution gegen Ende des 18. Jahrhunderts, gekennzeichnet durch die Mechanisierung samt Nutzung von Wasser- und Dampfkraft, gefolgt von der zweiten industriellen Revolution gegen Ende des 19. Jahrhunderts, die durch konstitutive Charakteristika wie das Aufkommen von Elektrifizierung, arbeitsteiliger Organisation sowie Massenproduktion, z. B. durch Montage- und Produktionslinien, geprägt war. Beide Revolutionen zielten vorrangig darauf ab, physische menschliche Arbeit zu vereinfachen oder vollständig zu übernehmen und die Produktionsfaktoren Energie und Zeit zu optimieren ([23, S. 1], [24, S. 14], [25, S. 2-3]). Ab den 1970er Jahren begann die dritte industrielle Revolution, beeinflusst von computergestützter Automatisierung sowie der beginnenden Digitalisierung der Produktion durch Computersysteme. Im Gegensatz zu den ersten beiden industriellen Transformationsprozessen fokussierten sich die Entwicklungen hier erstmals stärker auf kognitive menschliche Aktivitäten sowie die intelligente und vernetzte Integration von Softwareanwendungen ([24, S. 14]; [20, S. 4-5]). Dementsprechend kam dem ursprünglich menschlich Produktionsfaktor „Wissen“ eine besondere Bedeutung zu ([23, S. 1]). Während die ersten drei industriellen Revolutionen kraft eindeutig definierter technologischer Fortschritte und Transformationen in der Produktionsweise jeweils weitgehend klar voneinander abzugrenzen sind (vgl. [26, S. 43]; [27, S. 948]), entfällt eine solche genaue Bestimmung im Kontext der sogenannten vierten industriellen Revolution. Im Jahr 2011 wurde der Begriff „Industrie 4.0“ (I4.0), stellvertretend für das dahinterliegende Konzept, als Initiative der

deutschen Industrie ins Leben gerufen. Es zielte darauf ab, die Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Industrie im digitalen Zeitalter zu steigern bzw. zu erhalten ([28], S. 18). Zwecks dessen wurde die Aufmerksamkeit nach einer langen Phase weitgehender Nichtbeachtung sowie der teilweisen „Degradierung“ als *old economy* wieder in Richtung der industriellen Produktion gelenkt. Sabine Pfeiffer konstatiert: „Was noch vor Kurzem als *old economy* galt, wird als Nukleus IT-basierter Fortschritts in disruptiver Qualität gefeiert“ [29, S. 6]. Industrie 4.0 evolvierte vergleichsweise schnell zu einem internationalen „Exportschlager“ [30], sodass diverse Länder ähnliche strategische Initiativen ins Leben gerufen haben („Made in China 2025“ in China, „Society 5.0“ in Japan, „Industrial Internet“ in den USA usw.). Grundlegendes Charakteristikum des Konzepts I4.0 ist die echtzeitbasierte horizontale und vertikale intelligente Vernetzung technischer Systeme ([31]; [32, S. 530]). Das übergeordnete Kredo offenbart sich in der durchgängigen digitalen Vernetzung möglichst aller Elemente von Produktionsprozessen, den sie flankierenden Dienstleistungen sowie den verbindenden Logistikprozessen, wobei von der lokalen Produktion bis zur globalen Wertschöpfungskette alles dezentral über elektronisch eindeutig identifizier- und nachverfolgbare Produkte beziehungsweise Produktkomponenten steuerbar sein soll (vgl. [29, S. 7]). Dieser Umstand deutet darauf hin, dass eine neue Orientierung der Organisation und Steuerung der gesamten Wertschöpfungskette im Lebenszyklus von Produkten angestrebt wird, weg von der reinen Effizienz getriebenen Strategie und hin zu resilienteren und nachhaltigeren Konzepten [33].

Aus bauwirtschaftlicher Sicht hat sich diesbezüglich speziell das Kernelement von I4.0, die „Smart Factory“ ([34]; [35, S. 10]), als eines der wichtigsten Elemente hervorgerufen. Ziel von I4.0 war bzw. ist es, eine agile, flexible und bedarfsgerechte Fertigung zu ermöglichen. Damit lässt sich zumindest im „Mainstream“ des I4.0-Diskurses [36, S. 16] eine Emanzipation vom lang gehegten Traum der vollautomatisierten, autonomen Lights-Out-Fabrik (vgl. [37]) erkennen, der inzwischen als illusorische Utopie verworfen wurde. I4.0 verfolgt ein weitaus realistischeres Entwicklungsszenario: „Humanmachine/robot interaction“ [38]. Folgt man dieser analytischen Aufschlüsselung des I4.0-Konzepts, lässt sich eine eindeutige Fokussierung auf den Menschen als notwendigen und konstitutiven Produktionsfaktor in der Produktionsumgebung ausmachen. Nichtsdestotrotz forcierten sowohl ein Großteil der Forschungslandschaft als auch die Akteure der Praxis gleichermaßen nach wie vor einen technologisch-determinierten Ansatz zur Steigerung der Effizienz und Flexibilität der Produktion. Weniger jedoch wurde und wird der Beginn eines Lebenszyklus einer Fabrik, also des Errichtens des Fabrikgebäudes betrachtet, welches Aufgabe der Bauwirtschaft ist. Die im Rahmen von I4.0 grassierenden und praxisbezogen gelebten Ansätze gründeten somit auch weiterhin nahezu ausschließlich auf wachstumsorientierten Ideen, die einseitig ökonomisch motivierte Effizienzkriterien vor den menschlichen und nachhaltigkeitsorientierten Aspekten bevorzugen ([39, S. 95]) – „das Primat der Technologie“ ([40, S. 351]).

Aufgrund des immer stärker werdenden Innovationsdrucks durch die Digitalisierung sowie der (zumindest derzeit) anscheinend kontinuierlichen Fortschritte im Bereich der Künstlichen Intelligenz (KI) [41] haben sich indes auch die im Zusammenhang mit I4.0 bereits angedeuteten Herausforderungen in der Produktion noch mal ein Stück weit intensiviert [42, 43]. Kraft der jüngsten Bemühungen im Kontext von I4.0 zeigt sich allerdings, dass die alleinige Einführung neuer Technologien, ohne Berücksichtigung des menschlichen Faktors (vgl. [44, S. 145], [45]) sowie der nachhaltigen [4]- und resilienten Wirtschaft [46, S. 10], indes nicht ausreichend ist, um der besonderen Verantwortung des produzierenden Gewerbes gerecht zu werden (vgl. [47]).

## 2.2 Industrie 5.0

Insbesondere der Vernachlässigung der Komponenten „Nachhaltigkeit“ und „Resilienz“ im Konzept I4.0 versucht das Konzept Industrie 5.0 nun entgegenzuwirken (vgl. [48]). Während der I4.0-Gedanke vordergründig darauf ausgerichtet war, die Integration digitaler Technologien in die Produktionsabläufe zu ermöglichen, erweitert das I5.0-Konzept den Fokus auf den arbeitenden Menschen und die Gesellschaft sowie die Bereiche der Energieeffizienz sowie auf ökologische Aspekte. Das Konzept I5.0 versucht folgegemaÙ eine Verlagerung des Schwerpunkts von einzelnen Technologien auf die Erreichung sozialer Ziele, die nicht nur Arbeitsplätze und Wachstum schaffen, sondern auch das Wohlbefinden und die Bedürfnisse der Menschen in den Mittelpunkt stellen (vgl. [32], [2]). Hieraus lässt sich schließen, dass I5.0 im Gegensatz zu den ersten vier industriellen Revolutionen

nicht ausschließlich von technologischem Fortschritt geprägt ist und daher eher als Zukunftsbild bzw. als visionäre Erweiterung des I4.0-Gedankens denn als Revolution angesehen werden kann [49]. Das Hauptaugenmerk von I5.0 liegt, wie in Abb. 2 zu sehen, auf der Verwirklichung einer Neudefinition und Erweiterung des Zwecks digitaler und intelligenter Technologien, wobei der Schwerpunkt auf den oben erwähnten gesellschaftlichen Trends und Bedürfnissen liegt: „Resilienz“, „Nachhaltigkeit“ und „Mensch-Zentriertheit“. [50]

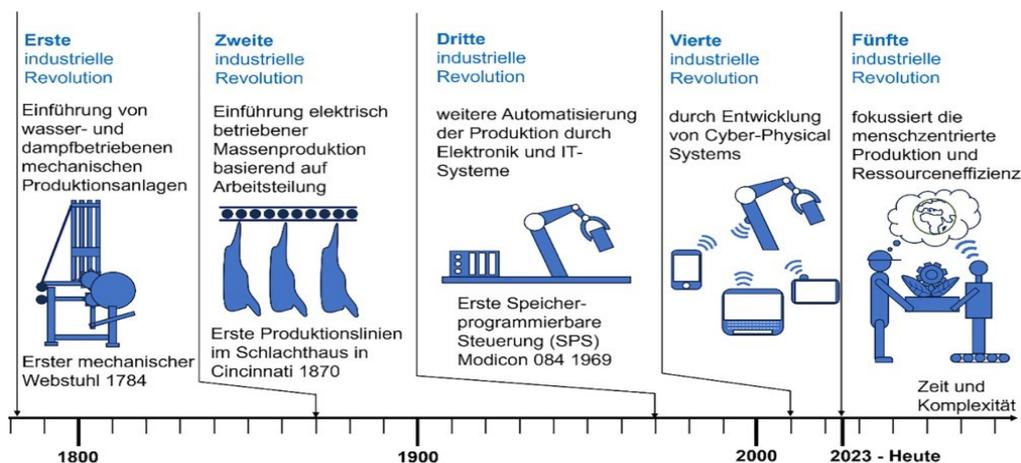


Abb. 1: Industrie 5.0 im Zeitstrahl der industriellen Entwicklung [2, S. 1126]

Im Zusammenhang des modernen Fabrikbaus bzw. in der Bauwirtschaft bezieht sich der Faktor Resilienz auf die Entwicklung einer größeren Widerstandfähigkeit des gesamten Konstruktes der Fabrik und zielt einerseits auf die strukturelle Variabilität bei gleichzeitiger Stabilität der Fabrikgebäude ab. Andererseits sollten resiliente Fabriken flexibel und anpassungsfähig sein, um sich schnell an veränderte Anforderungen oder an neue Technologien anpassen zu können (vgl. [51]; [52]). Der zweite Faktor, die Nachhaltigkeit, die im Kern auf der Kombination wirtschaftlicher Leistung mit der Einhaltung nachhaltigkeitsorientierter Standards (z. B. Ressourceneffizienz, Kreislaufwirtschaft) liegt, lässt sich in der Bauwirtschaft im Zuge der Förderung von kreislauffähigen Verfahren und Produkten sowie der Verringerung des CO<sub>2</sub>-Fußabdrucks wiederfinden. (vgl. [53]). Diese Aspekte markieren die Basis für den Ansatz, der in der zugrundeliegenden Forschungsarbeit untersucht wird. Der dritte Aspekt, welcher hier vorerst nicht weiter diskutiert wird, manifestiert sich im Element der „Humanzentrierung“ der Produktion und Unternehmensführung.

## 2.3 Resilienz aus baubetrieblicher Sichtweise

Der Schwerpunkt dieser Arbeit liegt auf der Diskussion wie und ob es möglich ist, Produktionsstätten aus bauwirtschaftlicher Sicht in Ihrer Konstruktionsweise und baubetrieblicher Denkweise umzugestalten bzw. neu zu denken, damit sie den Vorstößen der I5.0 entsprechen, um somit ein Gleichgewicht zwischen notwendiger wirtschaftlicher Effizienz und einem nachhaltigen, resilienten Baukörper für das Produzierenden Gewerbe realisieren zu können.

Wird die Bauwirtschaft im Kontext von I5.0 definiert, ist Resilienz auf die Fähigkeit eines Bauprojekts, einer Baufirma oder der gesamten Bauindustrie zurückzuführen, sich an dynamische Ereignisse anzupassen, diese bestmöglich in wirtschaftlicher Hinsicht zu adaptieren und sich schnell von unvorhergesehenen Ereignissen zu erholen, um kontinuierlich qualitative Bauleistungen zu erstellen. Diese Resilienz beruht auf der Nutzung und Integration von digitalen Technologien, wie dem Building Information Modeling (BIM) und weiteren innovativen baupraktischen technischen Lösungen, die die traditionellen Bauprozesse revolutionieren.

Durch den Einsatz von BIM können Bauunternehmen zum Beispiel nicht nur digitale Modelle ihrer Bauprojekte erstellen, sondern auch Daten über den gesamten Lebenszyklus eines Gebäudes verfolgen und agil zur weiteren Adaption und (Um)Planung angewendet werden. Dies ermöglicht eine verbesserte Planung, Koordination und Überwachung während des gesamten Bauprozesses und des gesamten Lebenszyklus der Fabrik (vgl. [54]). Unternehmen sind demzufolge schon jetzt in der Lage, verschiedene Szenarien zu simulieren und potenzielle Probleme vorherzusehen, bevor diese auftreten, um so effizient den notwendigen Anpassungen zu entgegen. Es benötigt hierzu jedoch baupraktischer Lösungen, um diese Agilität umzusetzen und schlussendlich resilient zu werden.

Letztlich trägt Resilienz in der Bauwirtschaft dazu bei, auch unter schwierigen Bedingungen die Stabilität, Zuverlässigkeit und Widerstandsfähigkeit von Bauprojekten und Unternehmen sicherzustellen, während sie gleichzeitig zu einer verbesserten Leistungsfähigkeit, Produktivität und Wettbewerbsfähigkeit führt. Ein mögliches baupraktisches Werkzeug könnte die hier diskutierte wiederverwendbare Modulbauweise auf Bauteilebene, als Fundament für nachhaltige und resiliente Fabriken sein.

## 3 Wiederverwendbare Modulbauweise auf Bauteilebene, als Fundament für nachhaltige und resiliente Fabriken

### 3.1 Serielles bauen und Modulbauweise in der Fabrikplanung

Die Modulare- bzw. Serielle-Element Bauweise im Bauwesen bezieht sich auf eine Art des Bauens, bei der die Strukturen oder das Gebäude aus vorgefertigten, nach einem bestimmten Standard gefertigten Modulen oder Bauelementen konstruiert und gebaut werden, d. h. sie werden an einem vom Bauprojekt unabhängigen Ort, im normalen Fall in einem geschützten, hochtechnisierten Umfeld produziert und dann am Bestimmungsort montiert. Diese Module können aus verschiedenen Materialien wie Holz, Beton, Stahl oder Verbundwerkstoffen hergestellt werden und sind meist standardisiert, um eine effiziente Produktion und Montage zu ermöglichen. Modulare- bzw. Serielle-Element Bauweise bietet zahlreiche baubetriebliche Vorteile wie z. B. *Effizienz und Zeitersparnisse*: Zum einen können die Bauzeiten durch die Vorfertigung der Module in einem industriellen Umfeld

deutlich verkürzt werden, da die Randbedingungen kontrolliert und optimiert sind – parallel zur Vorbereitung des Baugrundes und der Fundamente auf der Baustelle werden die Module bereits vorproduziert. Dies führt zu einer erheblichen Reduzierung der Gesamtbauphase und ermöglicht eine schnellere Betriebsaufnahme, was für Produktionsunternehmen ein kritischer Faktor sein kann. Autoren wie Knaack und Henn ([55], [56, S. 11, 24]) weisen darauf hin, dass die Bauzeit durch die Modulbauweise im Vergleich zu traditionellen Bauweisen um bis zu 50% reduziert werden könne. Ein weiterer Vorteil manifestiert sich im Aspekt der *Kostenkontrolle*: Da die Bauteile (Module) unter kontrollierten Bedingungen hergestellt werden, können ein Großteil der wertschöpfenden Kosten besser kalkuliert und Budgetüberschreitungen identifiziert und im besten Fall minimiert werden. Auch Egan (vgl. [57]) betont in seinem Bericht „Rethinking Construction“, wie die Modulbauweise zur Kosteneffizienz beiträgt, indem sie weniger Materialverschwendung und genauere Budgeteinhaltung ermögliche. Ein weiterer, nicht zu vernachlässigender Faktor offenbart sich im Zusammenhang mit dem *Qualitätsmanagement*: Die Fertigung der Module in einer geschützten Umgebung verbessert die Qualitätssicherung und Kontrolle. Fehler und Mängel können vor der Ankunft auf der Baustelle behoben werden, was die Nachbesserungsarbeiten reduziert und die Endqualität des Gebäudes verbessert. Gemäß Gibb (vgl. [58]) werden durch den Einsatz von modularen Systemen die Risiken und die Varianz in der Bauproduktion erheblich reduziert.

### 3.2 Einordnung der Gebäudeplanung in die Fabrikplanung

Definiert wird die Fabrikplanung als ein „[s]ystematischer, zielorientierter, in aufeinander aufbauende Phasen strukturierter und unter Zuhilfenahme von Methoden und Werkzeugen durchgeführter Prozess zur Planung einer Fabrik von der Zielfestlegung bis zum Hochlauf der Produktion“ [59, S. 3]. Jedoch kann die definitorische Bestimmung hier prinzipiell aus zwei unterschiedlichen Sichtweisen erfolgen: Zum einen die konventionelle Fabrikplanung, die den Planungsworkflow von Fabriken darstellt und ein so genanntes Fabrikkonzept als finales Ergebnis fordert (vgl. [59]). Zum anderen die Fabrikanpassungsplanung. Hier „liegt die allgemeine Fabrikanpassungssystematik zu Grunde“ [60, S. 23]. Sie beschäftigt sich ausschließlich mit der Anpassung von bereits bestehenden Fabriken.

„Ein Fabrikkonzept wird in einem Fabrikplanungsprozess, welches Lösung von Problemstellungen der Planung Realisierung und Inbetriebnahme von Fabriken umfasst, erstellt. Von elementarer Bedeutung dabei ist die Betrachtung der Fabrik als Gesamtsystem, das durch die Planungsfelder Standortplanung, Generalbebauungsplanung und Fabrikstrukturplanung beschrieben wird“ [60, S. 22]. Während die beiden Ansätze I4.0 und I5.0 in ihrer ursprünglichen Logik auf das Gesamtsystem der Fabrikplanung abzielen (Makroebene) und somit einen holistischen Betrachtungswinkel einnehmen, wird dieser gesamtheitliche Ansatz im vorliegenden Fall versucht, explizit auf die Sphäre der Bauwirtschaft (Mikroebene) innerhalb des Gesamtkontextes „Fabrikplanung“ anzuwenden.

## 4 Diskurs: Ansatz zur Steigerung von Resilienz im Sinne der I5.0

Ein Ansatz für das bereits erläuterte Konzept der Gebäudeplanung und -erstellung ist die in Kap. 3.1 beschriebene Modular- bzw. Element-Bauweise, die schon jetzt in anderen Bereichen wie dem klassischen Hochbau erfolgreich eingesetzt wird (Rahmenvertrag Bau etc. Goldbeck etc. Nachweis).

Wird diese Bauweise vor dem Hintergrund der nachhaltigen Bauwirtschaft betrachtet, wird schnell deutlich, dass es nicht ausreicht, effizient und standardisiert zu bauen und somit Ressourcen zu optimieren, sondern den nächsten Schritt in der Nachhaltigkeitsbetrachtung zu gehen: Die Kreislaufwirtschaft. Bereits jetzt wird „für die Zukunft der Baubranche [...] in der aktuellen politischen Diskussion die Umsetzung von Prinzipien der Kreislaufwirtschaft als eine der zentralen Herausforderungen diskutiert“ [61, S. 9].

Der Ansatz des Modularen und Seriellen Bauens kann weitergedacht werden, indem ein Wiederverwendbarkeit der relevanten tragenden Bauteile sowie raumumschließenden Elemente gewährleistet wird. Hier sind bereits erste valide Möglichkeiten entwickelt worden [62].

Dieser gesamtheitliche Ansatz muss insbesondere im Industriebau untersucht und nachgewiesen werden, sodass ein signifikanter Mehrwert generiert werden kann, indem Effizienzgewinne in der Planung und Anpassungsfähigkeit der Fabrik ermöglicht werden können. Die Nutzung von Instrumenten wie dem Life Cycle Assessment (LCA), mit Schwerpunkt auf der CO<sub>2</sub>-Bilanzierung, vor dem Hintergrund der Kreislaufwirtschaft, ist ein exemplarischer Treiber, um die Nachhaltigkeit und Resilienz und somit auch die wirtschaftliche Relevanz solcher Konzepte zu bewerten und zu stützen.

Kritisch ist hier zu erwähnen, dass ebenfalls nachteilige Aspekte, wie ein eventueller initialer Mehraufwand von Materialien in der Fertigung unumgänglich ist, um ein möglichst breites Spektrum von Einsatzmöglichkeiten des Bauteils zu gewährleisten. Die oft diskutierten architektonischen Einschränkungen im industriellen bzw. modularem Bauen spiegeln sich darin wider, dass „Architekten bei der Frage des modularen Bauens eher um ihre Kreativität und die Qualität von Architektur und Städtebau zu fürchten, denn um ihre Existenz“ [63, S. 7].

## 5 Fazit

Die übergeordnete Fragestellung war, *kann ein bauteilbezogener modularer Ansatz, den nachhaltigkeits- und agilitäts- Ansprüchen der Industrie 5.0 nachkommen*. Diese wurde ausführlich in dem vom Autor vorstellten Ansatz erläutert und mit einem positiven Resümee abgeschlossen. Ziel war somit darzustellen, dass in der Bauindustrie, die im Branchenvergleich in den Themen Digitalisierung und Fortschritt eher die hinteren Plätze belegt [64, S. 9], potential für neue wichtige Impulse existieren. Zusammenfassend ist es entscheidend, dass neue Konzepte nicht nur die traditionellen Effizienz- und Produktivitätsziele erfüllen, sondern auch die Anforderungen an Nachhaltigkeit und Umweltverträglichkeit berücksichtigen. Sollen diese Faktoren berücksichtigt werden, ist der beschriebene Ansatz ein möglicher Lösungsweg, um aus bauwirtschaftlicher Sicht den Weg für ein Unternehmen hin zur resilienten und nachhaltigen, also der I5.0 entsprechenden, Fabrik zu ebnen. Das Unternehmen ist somit in der Lage, in dem zu Beginn beschriebenen Spannungsfeld zwischen wirtschaftlichem Druck und dem Wandel hin zu einer nachhaltigeren Produktion zu bestehen und sich mittel- bis langfristig zu positionieren.

**Danksagung:**

Dieser Artikel wurde im Rahmen des Graduiertenkollegs GRK 2193 „Anpassungsintelligenz von Fabriken im dynamischen und komplexen Umfeld“ finanziert, gefördert durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) – Projektnummer 276879186.

**6 Literaturverzeichnis**

- [1] T. Krokowski und M. González Ocanto, *FÜHRUNGSKRÄFTEARBEIT ALS INTERAKTIONSBASIERTE DIENSTLEISTUNG: Interaktionsarbeit, Führung, Digitalisierung*. Gevelsberg: EHP Edition Humanistische Psychologie, 2021.
- [2] B. Vogel-Heuser und K. Bengler, "Von Industrie 4.0 zu Industrie 5.0 – Idee, Konzept und Wahrnehmung", *HMD*, Jg. 60, Nr. 6, S. 1124–1142, 2023, doi: 10.1365/s40702-023-01002-x.
- [3] H. M. Dannapfel, "Ein systemisches Management-Modell für die Fabrikplanung: A systematic management model for factory planning" Dissertation, Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen, Aachen. [Online]. Verfügbar unter: <https://publications.rwth-aachen.de/record/780863/files/780863.pdf>
- [4] S. F. Schäfer und S. Flicke, "Nachhaltige Fabrikplanung für die Green Factory: Neue Paradigmen durch das Zielfeld der Nachhaltigkeit", *Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb*, Jg. 117, Nr. 5, S. 264–270, 2022.
- [5] M. Bosch-Rekvelde, Y. Jongkind, H. Mooi, H. Bakker und A. Verbraeck, "Grasping project complexity in large engineering projects: The TOE (Technical, Organizational and Environmental) framework", *International Journal of Project Management*, Jg. 29, Nr. 6, S. 728–739, 2011, doi: 10.1016/j.ijproman.2010.07.008.
- [6] L. Schreiber, *Construction industry still navigating volatile prices, supply disruptions and labor shortages*. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.mainebiz.biz/article/construction-industry-still-navigating-volatile-prices-supply-disruptions-and-labor> (Zugriff am: 22. April 2024).
- [7] R. A. D'aveni, *Driving forces and barriers of Industry 4.0: Do multinational and small and medium-sized companies have equal opportunities?* New York: Simon & Schuster, 2014. [Online]. Verfügbar unter: <https://ebookcentral.proquest.com/lib/kxp/detail.action?docID=5658315>
- [8] J. M. Davila Delgado *et al.*, "Robotics and automated systems in construction: Understanding industry-specific challenges for adoption", *Journal of Building Engineering*, Jg. 26, S. 100868, 2019, doi: 10.1016/j.job.2019.100868.
- [9] J. A. Nebrida und O. Oliveros, "Artificial Intelligence Utilized in 3D Printing Construction Technology", *AJARR*, Jg. 17, Nr. 4, S. 20–25, 2023, doi: 10.9734/ajarr/2023/v17i4476.
- [10] B. Vogel-Heuser, T. Bauernhansl und M. ten Hompel, *Handbuch Industrie 4.0 Bd.4: Allgemeine Grundlagen*, 2. Aufl. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2016. [Online]. Verfügbar unter: <http://gbv.ebib.com/patron/FullRecord.aspx?p=4748961>

- [11] H. Lager, *ANPASSUNGSFÄHIGKEIT IN ZEITEN DER DIGITALISIERUNG: Zur Bedeutung von empowerment und innovativer ... organisationsorganisation*. Zugl.: Dortmund, Techn. Univ., Diss., 2019. [Place of publication not identified]: VS Verlag FÜR SOZIALWISSE, 2020. [Online]. Verfügbar unter: [http://ebooks.ciando.com/book/index.cfm/bok\\_id/2787696](http://ebooks.ciando.com/book/index.cfm/bok_id/2787696)
- [12] D. Horváth und R. Z. Szabó, "Driving forces and barriers of Industry 4.0: Do multinational and small and medium-sized companies have equal opportunities?", *Technological Forecasting and Social Change*, Jg. 146, S. 119–132, 2019, doi: 10.1016/j.techfore.2019.05.021.
- [13] M. Schilling-Praetzel, G. Reinhart und R. Cisek, "ProMotion - Steigerung der Wandlungsfähigkeit durch mobile Produktionssysteme" (German), *Karlsruher Arbeitsgespräche 2002, Forschung für die Produktion von morgen, Tagungsband, Karlsruhe, DE, 14.-15. Mär, 2002 (in Serie: FZKA-PFT, Wissenschaftliche Berichte. Forschungszentrum Karlsruhe Technik und Umwelt) ; 210*, Jg. 210, S. 336–346, 2002.
- [14] E. Westkämper und C. Löffler, *Strategien der Produktion*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2016.
- [15] P. Nyhuis, Hg., *Wandlungsfähige Produktionssysteme*. Berlin: Gito, 2010.
- [16] *202/852 Verordnung über die Einrichtung eines Rahmens zur Erleichterung nachhaltiger Investitionen und zur Änderung der Verordnung (EU) 2019/2088: EU-Taxonomie Verordnung 202/852*, 2020.
- [17] Europäische Kommission, "Mitteilung: Der europäische Grüne Deal: Mitteilung Der Kommission An Das Europäische Parlament", Europäische Kommission, Brüssel, 11. Dez. 2019.
- [18] A. Walker, *BayWa-Chef über die größte Baukrise seit 50 Jahren: „Zu großen Teilen von der Politik zu verantworten“*. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.merkur.de/wirtschaft/der-politik-zu-verantworten-baywa-chef-ueber-die-groesste-baukrise-seit-50-jahren-zu-grossteilen-von-zr-92799486.html> (Zugriff am: 22. April 2024).
- [19] D. Specht und R. Stefanska, "Wandlungsfähige Fabrikstrukturen als Strategie", *Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb*, Jg. 102, Nr. 5, S. 286–290, 2007, doi: 10.3139/104.101139.
- [20] R. Cagliano, F. Canterino, A. Longoni und E. Bartezzaghi, "The interplay between smart manufacturing technologies and work organization", *IJOPM*, Jg. 39, 6/7/8, S. 913–934, 2019, doi: 10.1108/IJOPM-01-2019-0093.
- [21] B. Vogel-Heuser, *Handbuch Industrie 4.0: Produktion*, 2. Aufl. Berlin, Germany: Springer Vieweg, 2017. [Online]. Verfügbar unter: <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/978-3-662-45279-0.pdf>
- [22] A. E. Ikudayisi, A. P. Chan, A. Darko und Y. M. Adedeji, "Integrated practices in the Architecture, Engineering, and Construction industry: Current scope and pathway towards Industry 5.0", *Journal of Building Engineering*, Jg. 73, S. 106788, 2023, doi: 10.1016/j.job.2023.106788.
- [23] H.-J. Bullinger, *Erfolgsfaktor Mitarbeiter: Motivation - Kreativität - Innovation*. Stuttgart: Teubner, 1996.

- [24] H. Kagermann, W. Wahlster und J. Helbig, *Bericht der Promotorengruppe Kommunikation: – Im Fokus: Das Zukunftsprojekt Industrie 4.0 – Handlungsempfehlungen zur Umsetzung*, 2012. [Online]. Verfügbar unter: [https://www.acatech.de/wp-content/uploads/2018/03/industrie\\_4\\_0\\_umsetzungsempfehlungen.pdf](https://www.acatech.de/wp-content/uploads/2018/03/industrie_4_0_umsetzungsempfehlungen.pdf)
- [25] C. Pinnow und S. Schafer, Hg., *Industrie 4.0 - Grundlagen und Anwendungen: Branchentreff der Berliner Wissenschaft und Industrie*, 1. Aufl. [Place of publication not identified]: Beuth Verlag GmbH, 2015. [Online]. Verfügbar unter: <https://ebookcentral.proquest.com/lib/kxp/detail.action?docID=4341151>
- [26] J. Schumacher, "Entwicklung eines Industrie 4.0 Reifegradindex für produzierende Unternehmen", Universität Potsdam, 2022. [Online]. Verfügbar unter: [https://publishup.uni-potsdam.de/opus4-ubp/frontdoor/deliver/index/docId/55464/file/schumacher\\_diss.pdf](https://publishup.uni-potsdam.de/opus4-ubp/frontdoor/deliver/index/docId/55464/file/schumacher_diss.pdf)
- [27] A. Raja Santhi und P. Muthuswamy, "Industry 5.0 or industry 4.0S? Introduction to industry 4.0 and a peek into the prospective industry 5.0 technologies", *Int J Interact Des Manuf*, Jg. 17, Nr. 2, S. 947–979, 2023, doi: 10.1007/s12008-023-01217-8.
- [28] H. Kagermann, J. Helbig und W. Wahlster, *Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Industrie 4.0: Abschlussbericht des Arbeitskreises Industrie 4.0*, 2013.
- [29] S. Pfeiffer, "Industrie 4.0 und die Digitalisierung der Produktion", *Aus Politik und Zeitgeschichte ; 31-32*, 31-32, S. 6–13, 2015.
- [30] G. Giersberg, "Mensch mit Maschine: eine deutsche Industrierevolution", *Frankfurter Allgemeine Zeitung*, 22. Dez. 2019, 2019. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.faz.net/aktuell/wirtschaft/unternehmen/mensch-mit-maschine-eine-deutsche-industrierevolution-16546127.html>. Zugriff am: 22. April 2024.
- [31] A. G. Frank, L. S. Dalenogare und N. F. Ayala, "Industry 4.0 technologies: Implementation patterns in manufacturing companies", *International Journal of Production Economics*, Jg. 210, S. 15–26, 2019, doi: 10.1016/j.ijpe.2019.01.004.
- [32] X. Xu, Y. Lu, B. Vogel-Heuser und L. Wang, "Industry 4.0 and Industry 5.0—Inception, conception and perception", *Journal of Manufacturing Systems*, Jg. 61, S. 530–535, 2021, doi: 10.1016/j.jmsy.2021.10.006.
- [33] T. Krokowski, C. Regelman und D. Wentzek, "Industry 5.0 in Smart Manufacturing: The Need for Equilibrium in Work Organization.", *Technische Universität Dortmund*, Jg. 2024, 2024.
- [34] D. Zuehlke, "SmartFactory—Towards a factory-of-things", *Annual Reviews in Control*, Jg. 34, Nr. 1, S. 129–138, 2010, doi: 10.1016/j.arcontrol.2010.02.008.
- [35] Marion und J. N. Dörseln, *Smart Factory: Einsatzfaktoren - Technologie - Produkte*. Stuttgart: W. Kohlhammer GmbH, 2020.
- [36] P. Ittermann, J. Niehaus, H. Hirsch-Kreinsen, J. Dregger und M. ten Hompel, "Social Manufacturing and Logistics", 2016.

- [37] N. K. Lee, "Total Automation: The Possibility of Lights-Out Manufacturing in the Near Future", 2018. [Online]. Verfügbar unter: <https://scholarsmine.mst.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1025&context=peer2peer>
- [38] J. Johansson, L. Abrahamsson, B. B. Kåreborn, Y. Fältholm, C. Grane und A. Wykowska, "Work and Organization in a Digital Industrial Context", *mrev*, Jg. 28, Nr. 3, S. 281–297, 2017, doi: 10.5771/0935-9915-2017-3-281.
- [39] R. Kopp und M. Schwarz, "Industrie 4.0 aus der Perspektive sozialer Innovationen", Jg. 2017, S. 89–97. [Online]. Verfügbar unter: [https://www.wsi.de/data/wsimit\\_2017\\_02\\_kopp.pdf](https://www.wsi.de/data/wsimit_2017_02_kopp.pdf)
- [40] J. Howaldt, R. Kopp und J. Schultze, "Zurück in die Zukunft? Ein kritischer Blick auf die Diskussion zur Industrie 4.0" in *Digitalisierung industrieller Arbeit*, H.-K. Hartmut, Hg., [Place of publication not identified]: Nomos Verlag, 2018, S. 347–364.
- [41] Fraunhofer-Institut für Kognitive Systeme IKS, *Künstliche Intelligenz (KI) und maschinelles Lernen - Fraunhofer IKS*. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.iks.fraunhofer.de/de/themen/kuenstliche-intelligenz.html> (Zugriff am: 22. April 2024).
- [42] G. Weiß, "Zukunft der Produktion: Auf dem Weg zu Industrie 5.0", *Magazon des Fraunhofer-Instituts IKS*, 2023. [Online]. Verfügbar unter: <https://safe-intelligence.fraunhofer.de/artikel/zukunft-der-produktion-industrie-5-0>
- [43] V. Hoai My, *Industrie 4.0 – Ein Turbo für Künstliche Intelligenz in der Produktion – Magazin des Fraunhofer-Instituts für Kognitive Systeme IKS*. [Online]. Verfügbar unter: <https://safe-intelligence.fraunhofer.de/artikel/ki-in-der-produktion> (Zugriff am: 22. April 2024).
- [44] J. Hofmann, Hg., *Arbeit 4.0 - Digitalisierung, IT und Arbeit: IT als Treiber der digitalen Transformation*. Wiesbaden, Heidelberg: Springer Vieweg, 2018.
- [45] E.-M. Hommel, *Das Internet der Menschen: „Industrie 4.0 verbannt Menschen nicht aus Werkhallen“*. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.handelsblatt.com/technik/das-internet-der-menschen-industrie-4-0-verbannt-menschen-nicht-aus-werkhallen/13496690.html> (Zugriff am: 22. April 2024).
- [46] H. Kohl, "Resiliente Wertschöpfung in der produzierenden Industrie – innovativ, erfolgreich, krisenfest", *Whitpaper "Resyst"*, S. 1–23, 2021. [Online]. Verfügbar unter: <https://publica-rest.fraunhofer.de/server/api/core/bitstreams/57596bf7-1c31-4311-b708-5eee7650d06f/content>
- [47] F. Piller, D. Brachtmann, S. Falk, P. Klement und n. Madeja, "Thesenpapier Industrie 4.0 und Nachhaltigkeit", 2021. [Online]. Verfügbar unter: [https://www.plattform-i40.de/IP/Redaktion/DE/Downloads/Publikation/Thesen-Nachhaltigkeit-Geschaeftsmodelle.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=1](https://www.plattform-i40.de/IP/Redaktion/DE/Downloads/Publikation/Thesen-Nachhaltigkeit-Geschaeftsmodelle.pdf?__blob=publicationFile&v=1)
- [48] Europäische Kommission, *Industry 5.0: A Transformative Vision for Europe*, 2021.
- [49] M. Breque, L. de Nul und A. Petridis, *Industry 5.0: Towards a sustainable, human-centric and resilient European industry*. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2021.

- [50] springerprofessional.de, *Von Industrie 4.0 zu Industrie 5.0* – Idee, Konzept und Wahrnehmung. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.springerprofessional.de/von-industrie-4-0-zu-industrie-5-0-idee-konzept-und-wahrnehmung/25961942> (Zugriff am: 22. April 2024).
- [51] N. Achour, E. Pantartzis, F. Pascale und A. D. F. Price, "Integration of resilience and sustainability: from theory to application", *International Journal of Disaster Resilience in the Built Environment*, Jg. 6, Nr. 3, S. 347–362, 2015, doi: 10.1108/IJDRBE-05-2013-0016.
- [52] L. Felicioni, A. Lupíšek und J. Gaspari, "Exploring the Common Ground of Sustainability and Resilience in the Building Sector: A Systematic Literature Review and Analysis of Building Rating Systems", *Sustainability*, Jg. 15, Nr. 884, S. 1–24, 2023, Art. no. 884, doi: 10.3390/su15010884.
- [53] Chengli Hu\*, Ping Liu, Hongtao Yang und Shi Yin\* and Kifayat Ullah\*, "A novel evolution model to investigate the collaborative innovation mechanism of green intelligent building materials enterprises for construction 5.0", *AIMS Math.*, Nr. 8, S. 8117–8143, 2023.
- [54] M. Baghalzadeh Shishehgarhaneh, A. Keivani, R. C. Moehler, N. Jelodari und S. Roshdi Laleh, "Internet of Things (IoT), Building Information Modeling (BIM), and Digital Twin (DT) in Construction Industry: A Review, Bibliometric, and Network Analysis", *Buildings*, Jg. 12, Nr. 10, S. 1503, 2022, doi: 10.3390/buildings12101503.
- [55] U. Knaack, S. Chung-Klatte und R. Hasselbach, *Systembau: Prinzipien der Konstruktion*. Basel: Birkhäuser, 2012. [Online]. Verfügbar unter: <https://ebookcentral.proquest.com/lib/kxp/detail.action?docID=1020456>
- [56] G. Prof.-Dr.-Ing Henn, H. Prof. Nickl und C. Prof. Nickl-Weller, "DBZ Modulbau: Merck Modulares Gebäude", *DBZ*, Nr. 6, 2018. [Online]. Verfügbar unter: [https://www.dbz.de/download/1308141/Modulbau\\_2018.pdf](https://www.dbz.de/download/1308141/Modulbau_2018.pdf)
- [57] J. Sir Egan, "54315\_RETHINKING CONST3", 1998. [Online]. Verfügbar unter: [https://constructingexcellence.org.uk/wp-content/uploads/2014/10/rethinking\\_construction\\_report.pdf](https://constructingexcellence.org.uk/wp-content/uploads/2014/10/rethinking_construction_report.pdf). Zugriff am: 25. April 2024.
- [58] A. G. F. Gibb, "Standardization and pre-assembly- distinguishing myth from reality using case study research", *Construction Management and Economics*, Jg. 19, Nr. 3, S. 307–315, 2001, doi: 10.1080/01446190010020435.
- [59] *VDI-Richtlinie 5200-1: Fabrikplanung*, 5200-1, VDI, Feb. 2011.
- [60] L. Lenz, "Bewertungssystem zur Entscheidungsunterstützung von Fabrikgebäudeanpassungen auf Basis von Building Information Modeling" Dissertation, Technische Universität Dortmund, 2019.
- [61] Dr. Sandra Schuster und Dr. Sonja Geier, "circularWOOD: Paradigmenwechsel für eine Kreislaufwirtschaft im Holzbau" 15, Feb. 2023.
- [62] Jaakko Yrjölä, "Peikko White Paper: Bolted connections for precast structures: ENABLING CIRCULARITY WITHOUT COMPROMISING PERFORMANCE", 2022.

- 
- [63] A. Koschany, "Tristesse in Serie oder Haute Couture vom Band?: Seriell-modulares Bauen im Wohnungsbau", *Bautechnik*, Nr. 12, S. 62–68, 2018.
- [64] J. Büchel, "Digitalisierung der Wirtschaft in Deutschland: Digitalisierungsindex 2023", BMWK, Jan. 2024. [Online]. Verfügbar unter: [https://www.de.digital/DIGITAL/Redaktion/DE/Digitalisierungsindex/Publikationen/publikation-digitalisierungsindex-2023.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=2](https://www.de.digital/DIGITAL/Redaktion/DE/Digitalisierungsindex/Publikationen/publikation-digitalisierungsindex-2023.pdf?__blob=publicationFile&v=2). Zugriff am: 25. Juni 2024.

# Bauindustrie 4.0: Konzept, Schlüsseltechnologien und aktuelle Herausforderungen

Tessa Oberhoff<sup>1</sup> und Finn Hermel<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Institut für Baumanagement, Digitales Bauen und Robotik im Bauwesen, RWTH Aachen University, oberhoff@icom.rwth-aachen.de

<sup>2</sup> RWTH Aachen University

## Kurzfassung

Das produzierende Gewerbe hat durch die Umsetzung des sogenannten Industrie 4.0 Konzepts digitale Technologien und Methoden in Unternehmensprozesse integriert. Unter anderem dadurch konnte die Produktivität der Branche in Deutschland seit 1991 nahezu verdoppelt werden. Die Produktivität der Baubranche stagniert im Vergleichszeitraum nahezu. Um die Produktivität auch in der Baubranche zu erhöhen, soll das Industrie 4.0 Konzept adaptiert werden. Damit eine Bauindustrie 4.0 erfolgreich umgesetzt und ein Wandel in der Branche erzeugt werden kann, müssen das Konzept niederschwellig erläutert und Herausforderungen bei der Implementierung systematisch identifiziert werden. So können in der Folge adäquate Handlungsempfehlungen abgeleitet werden. Das Konzept der Bauindustrie 4.0 wird über eine Literaturrecherche hergeleitet. Zur Erfassung der Herausforderungen wird eine systematische Literaturrecherche durchgeführt. Dabei werden 21 Artikel, die sich mit Herausforderungen hinsichtlich des Konzepts der Bauindustrie 4.0 auseinandersetzen, identifiziert und ausgewertet. Die Herausforderungen sind vielfältig und können in die vier Kategorien *Branchenspezifische*, *Organisatorische und betriebliche*, *Regulatorische* und abschließend *Technologische Herausforderungen* eingeteilt werden. Die größte Herausforderung wird aktuell in den Kosten für die Implementierung von Schlüsseltechnologien der Bauindustrie 4.0 gesehen. Um den identifizierten Herausforderungen zu begegnen, müssen alle Beteiligten der Baubranche mitwirken. Die Handlungsempfehlungen zielen auf Unternehmen, staatliche Institutionen, Forschungs- und Bildungseinrichtungen sowie Beschäftigte der Branche ab.

*Schlagerwörter: Industrie 4.0, Bauindustrie 4.0, Construction 4.0, Digitale Transformation, Schlüsseltechnologien, Herausforderungen*

## 1 Einleitung

Während die Produktivität in anderen Wirtschaftszweigen in Deutschland seit 1991 deutlich gestiegen ist, bewegt sich die Produktivität der deutschen Bauwirtschaft seitdem auf einem stagnierenden Level [1, S. 1-3], [2, S. 101]. Gleichzeitig weist die Baubranche einen niedrigen Grad an Digitalisierung auf [3, S. 10]. Der vermehrte Einsatz digitaler Technologien und Methoden wird als Chance gesehen, die Produktivität in der Bauwirtschaft zu steigern [4, S. 2], [5, S. 3]. In diesem Zusammenhang kann der Bausektor Entwicklungen und Standards aus Branchen, deren Produktivität sich besser entwickelt hat, adaptieren [6, S. 5-7]. Das bekannteste Beispiel kommt aus dem produzierenden Gewerbe. Hier hat sich im Kontext der Digitalisierung und Integration disruptiver Technologien der Begriff Industrie 4.0 etabliert [7, S. 7]. Für die Vision, Industrie 4.0 Prinzipien auf die Bauindustrie zu übertragen, wird die englische Bezeichnung „Construction 4.0“, die als „Bauen 4.0“ oder „Bauindustrie 4.0“ übersetzt werden kann, genutzt [8, S. 3]. In diesem Artikel wird die Bezeichnung Bauindustrie 4.0 genutzt.

Um eine nachhaltige Umsetzung und Integration der Bauindustrie 4.0 zu fördern, muss ein Verständnis für das Konzept und die damit verbundenen Schlüsseltechnologien geschaffen werden. Derzeit existiert jedoch keine einheitliche Definition beziehungsweise Beschreibung des Bauindustrie 4.0 Konzepts [9, S. 1211], [10, S. 1-2]. Hier setzt dieser Artikel an, indem über die Vierte Industrielle Revolution und die Industrie 4.0 zunächst eine Herleitung der Bauindustrie 4.0 sowie deren Zielen erfolgt. Im nächsten Schritt werden die Bestandteile des Bauindustrie 4.0 Konzepts definiert. Zudem werden Herausforderungen bei der Implementierung der Bauindustrie 4.0 systematisch erfasst und geclustert, um für diese zu sensibilisieren und in der Konsequenz adäquate Handlungsempfehlungen für die Branche zu entwickeln. So kann die digitale Transformation von Bauunternehmen und damit der gesamten Bauwirtschaft vorangetrieben werden, um in der Folge bestehende Potenziale zur Steigerung der Produktivität effektiv zu nutzen und gegenüber anderen Industrien aufzuholen.

## 2 Methodisches Vorgehen

Bei der Erarbeitung dieses Artikels wurden zwei getrennte Literaturrecherchen durchgeführt. Die erste Recherche dient der Erarbeitung einer Übersicht über das Konzept der Bauindustrie 4.0. Aufgrund des Umfangs des Themenfeldes und des Mangels einer einheitlichen Definition in der Literatur wurde für die erste Literaturrecherche kein systematischer Ansatz gewählt. Auf Basis unterschiedlicher Artikel, vor allem Literaturrecherchen, zum Thema Industrie bzw. Bauindustrie 4.0 wurde eine Erläuterung des Konzepts der Bauindustrie 4.0 und deren Schlüsseltechnologien erarbeitet. Die Herleitung und Definition des Konzepts Bauindustrie 4.0 ist in Kapitel 3 dargestellt. Schlüsseltechnologien werden in Kapitel 4 definiert und jeweils durch Beispiele verdeutlicht. Für Kapitel 5 hingegen wurde eine systematische Literaturrecherche (SLR) durchgeführt, um eine Auswahl von Artikeln zu identifizieren, die sich mit den Herausforderungen bei der Implementierung von Industrie 4.0 Technologien in der Bauindustrie befassen. Eine SLR bietet den Vorteil eines strukturierten und evidenzbasierten Vorgehens bei der Literatursuche. Zudem ist eine umfassende und effiziente Erfassung der bestehenden Literatur zur Beantwortung der formulierten Fragestellung nach aktuellen Herausforderungen bei der Implementierung der Bauindustrie 4.0 möglich. Dieser Artikel orientiert sich bei der Durchführung der SLR an den Richtlinien der PRISMA-Methode [11]. So kann

gewährleistet werden, dass die SLR transparent, umfassend und von hoher Qualität ist. Folgende Schritte wurden bei der SLR unternommen:

- Entwicklung von Ein- und Ausschlusskriterien
- Erstellen von Suchstrings und den dazugehörigen Schlagwörtern
- Auswahl geeigneter Datenbanken für die SLR
- Durchführung und Dokumentation des Suchprozesses
- Durchführung und Dokumentation des Auswahlprozesses
- Extraktion und Dokumentation der genannten Herausforderungen aus den Artikeln

Die SLR beginnt mit der Festlegung von Auswahlkriterien, die darüber entscheiden, ob ein Artikel einen Mehrwert für die Beantwortung der Fragestellung liefert oder nicht. Die für diesen Artikel relevanten Ein- und Ausschlusskriterien sind in Tabelle 2-1 aufgeführt. Bei der Vorauswahl der Artikel nach dem Abstract oder auch des Volltextes wurde darauf geachtet, ob sich der Inhalt mit den Herausforderungen bei der Implementierung von Industrie 4.0 Technologien in der Bauindustrie beschäftigt oder nicht.

Ausschlusskriterium	Beschreibung
A1	Duplikate
A2	Vom Autor oder Herausgeber zurückgenommen
A3	Kein Autor angegeben
A4	Veröffentlicht 2018 oder früher
A5	Titel entspricht nicht dem gesuchten Thema
A6	Der vollständige Text des Artikels ist nicht verfügbar
Einschlusskriterium	Beschreibung
E1	Herausforderungen sind der zentrale Inhalt des Artikels
E2	Neben anderen Inhalten sind die Herausforderungen ein Thema des Artikels
E3	Es handelt sich um einen wissenschaftlichen Artikel

*Tabelle 2-1: Ein- und Ausschlusskriterien*

Es wurden fünf Kern-Suchbegriffe festgelegt und durch die Ergänzung von Synonymen je ein Suchpaket pro Kern-Begriff definiert. Anschließend wurde ein Suchstring erstellt, der nach Artikeln sucht, die mindestens ein Suchwort aus jedem Suchpaket enthält (siehe Abb. 2-1). Ziel ist es, die Suchergebnisse direkt auf die relevanten Artikel einzugrenzen, sodass der anfängliche Artikelpool möglichst klein ist. Als nächstes wurde eine Vorauswahl der Datenbanken durchgeführt. Für die SLR wurden die Datenbanken Web of Science, Scopus und IEEE Xplore ausgewählt. Die Literatursuche wurde am 26.04.2024 durchgeführt. Dabei wurden 178 Artikel bei der Suche mit Web of Science, 371 Artikel bei der Suche mit Scopus und 505 Artikel bei der Suche mit IEEE Xplore identifiziert, sodass insgesamt 1054 Artikel in die engere Auswahl gekommen sind.

Die Artikel wurden anhand der in Tabelle 2-1 aufgeführten Ein- und Ausschlusskriterien geprüft. Insgesamt konnten in den in Abb. 2-1 dargestellten Schritten unter Verwendung der Kriterien 1033 Artikel ausgeschlossen werden. Das Ergebnis der SLR ergab 21 Artikel, die zur Identifizierung der Herausforderungen bei der Implementierung von Industrie 4.0 Technologien in der Bauindustrie beitragen. Die 21 Artikel wurden inhaltlich analysiert und hinsichtlich der Fragestellung ausgewertet.

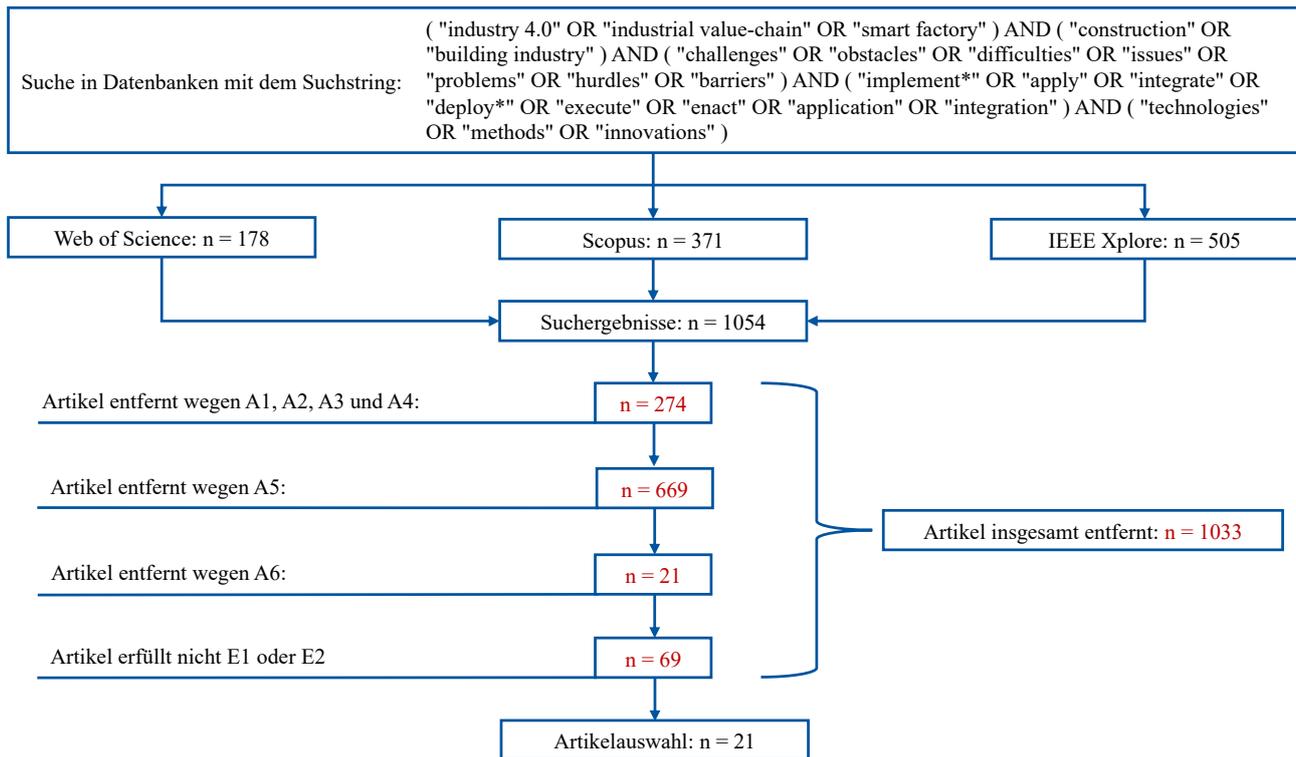


Abbildung 2-1: Ablauf des Auswahlprozesses

Bei der Inhaltsanalyse wurden die relevanten Inhalte der einzelnen Artikel strukturiert gesammelt und in einer Tabelle zusammengefasst und verwaltet. Darüber hinaus wurde eine Übersichts-Tabelle erstellt, in der ähnliche Herausforderungen zu je einer Herausforderung zusammengefasst wurden (siehe Tab. 2-2). Auf diese Weise wird deutlich, wie oft die einzelnen Herausforderungen in den 21 Artikeln genannt wurden. Die Herausforderungen wurden zusätzlich geclustert, um eine bessere Übersicht zu erhalten und abschließend gezielt Handlungsempfehlungen zur Überwindung der Herausforderungen je Cluster abzuleiten.

Quelle	Hohe Kosten	Fachkräftemangel	Traditionelle Strukturen	Regulatorische Herausforderungen	Mangelnde Datensicherheit	Unsicherheiten für Bauunternehmen	Fragmentierung der Baubranche	Komplexität der Baubranche	Fehlende Interoperabilität	Internetverbindung- und Stromversorgung	Prozess und Organisationsänderungen	Angst vor Jobverlusten	Mangel an Investitionen in F&E	Fehlende strategische Koordination
[12]	X	X				X	X		X			X		
[13]										X				
[14]	X													
[15]	X			X				X						
[16]	X	X	X										X	
[17]	X	X	X	X	X	X	X	X				X	X	
[18]	X	X	X											
[19]								X						
[20]		X	X		X					X				
[21]	X	X	X	X	X	X			X	X				X
[22]	X	X	X	X	X					X	X	X		
[23]	X	X	X	X	X	X	X			X				
[24]	X				X						X			
[25]	X	X	X						X					
[26]	X	X	X								X			
[27]							X	X						
[28]	X	X	X			X			X		X			
[29]	X			X			X	X				X		
[30]	X	X			X	X								
[31]					X					X				
[32]	X				X			X	X	X				

Tabelle 2-2: Übersicht Nennung der Herausforderungen in der Literatur

### 3 Bauindustrie 4.0 Konzept

Im folgenden Kapitel werden Ergebnisse der ersten Literaturrecherche dargestellt. Es dient der Definition des Bauindustrie 4.0 Konzepts und dessen grundlegender Ziele.

#### 3.1 Vierte industrielle Revolution

Als „Industrielle Revolution“ wird die Nutzung von technischen Weiterentwicklungen in der Gesellschaft sowie die damit verbundenen organisatorischen Umgestaltungen in Produktionsprozessen verstanden [33, S. 1]. Jede der vier bisher vollzogenen Industriellen Revolutionen ist durch andere zentrale Konzepte und treibende Technologien gekennzeichnet [34, S. 54]. Die Erste Industrielle Revolution wurde Ende des 18. Jahrhunderts durch die Einführung mechanischer Produktionsanlagen mithilfe von Wasser und Dampfkraft ausgelöst. Die Zweite Industrielle Revolution wurde gekennzeichnet von Massenproduktion basierend auf Arbeitsteilung mithilfe von elektrischer Energie. Zur weiteren Automatisierung der Produktion wurden in der Dritten Industriellen Revolution Elektronik und Informationstechnologien eingesetzt. Als Vierte Industrielle Revolution wird der

Einsatz cyber-physischer Systeme verbunden durch das Internet zur allgemeinen Vernetzung verstanden. [35, S. 5-6], [36, S. 1-4].

### **3.2 Industrie 4.0**

Der Begriff „Industrie 4.0“ bezieht sich auf die Vierte Industrielle Revolution im produzierenden Gewerbe und wurde erstmals öffentlich auf der Hannover Messe im November 2011 im Rahmen der Roadmap der Bundesregierung zur Transformation der Industrie verwendet [37, S. 1]. In der Literatur existiert keine eindeutige Definition für den Begriff oder das Konzept, das hinter diesem Begriff steht [9, S. 1211], [10, S. 1-2]. Vielmehr handelt es sich um ein flexibles, vielschichtiges Konzept, das aus zahlreichen ineinandergreifenden, aber nicht zwangsläufig neuen Technologien und Methoden besteht [38, S. 409]. Im Zentrum steht dabei die Integration neuer Informations- und Kommunikationstechnologien in die automatisierte industrielle Produktion über cyber-physische Systeme [9, S. 1211]. Die damit einhergehende digitale Transformation optimiert die Wertschöpfung und erschließt neue Geschäftspotenziale [37].

### **3.3 Bauindustrie 4.0**

Obwohl sich die Anforderungen der Bauwirtschaft stark von denen des produzierenden Gewerbes und damit der herkömmlichen Industrie unterscheiden, lässt sich das Konzept der Industrie 4.0 in angepasster Form gut auf die Bauwirtschaft übertragen [39, S. 2-3], [40]. Einen eigenen Namen erhielt das Konzept der Industrie 4.0 in der Baubranche erstmals 2016 im Rahmen einer Studie von Roland Berger zur Digitalisierung in der Bauwirtschaft [8]. Die Studie nutzt die englische Bezeichnung „Construction 4.0“. Analog zur Industrie 4.0 umfasst Construction 4.0, übersetzt Bauen 4.0 oder Bauindustrie 4.0, die Digitalisierung der Bauwirtschaft sowie die Industrialisierung von Bauprozessen entlang der gesamten Wertschöpfungskette und über den gesamten Lebenszyklus eines Gebäudes [8, S. 3, 14]. Ziel der Bauindustrie 4.0 ist es, mit Hilfe von digitalen Ansätzen die Energie- und Ressourceneffizienz zu verbessern und damit die Produktivität und Effektivität zu erhöhen [8, S. 3], [41, S. 47]. Im Gegensatz zur produzierenden Industrie, die bereits große Teile des Industrie 4.0 Konzepts in ihren Prozessen verankert hat, befindet sich die Bauindustrie noch im Transformationsprozess [40]. An der Umsetzung und Anpassung dieser Technologien für den Bausektor wird in den letzten Jahren vermehrt geforscht, wie die in den vergangenen Jahren zunehmende Zahl von Veröffentlichungen zum Thema Bauindustrie 4.0 zeigt [24, S. 5].

Wie das Industrie 4.0 Konzept setzt sich das Bauindustrie 4.0 Konzept aus verschiedenen Technologien und Methoden zusammen. Aus der Industrie 4.0 bekannten Technologien, wie IoT, Big Data oder Sensorik, werden auf baubezogene Anwendungsfälle übertragen, wozu bauspezifische Technologien wie beispielsweise digitale Zwillinge von Bauwerken, Baurobotik, 3D-Druck mit Beton und modulares Bauen zählen. Nach Ansicht von Experten ist Building Information Modeling (BIM) eine Voraussetzung für die erfolgreiche Adaption dieser Technologien als zentraler Baustein in der Bauindustrie [42, S. 126].

## 4 Schlüsseltechnologien

Wie im vorangegangenen Kapitel beschrieben, gibt es in der Literatur keine einheitliche Definition der Begriffe Industrie 4.0 und Bauindustrie 4.0 [43, S. 3]. Hinter den Konzepten steht eine Art Baukastenprinzip, das sich aus unterschiedlichen Methoden und Technologien zusammensetzt [38, S. 409]. In diesem Artikel wird in Anlehnung an die Recherche von [44] S. 9-11 zwischen drei Teilbereichen des (Bau-)Industrie 4.0 Konzepts unterschieden. Diese sind namentlich:

- Design Prinzipien
- Unterstützende Technologien
- Schlüsseltechnologien

Design Prinzipien beschreiben die Art und Weise wie die (Bau-)Industrie 4.0 umgesetzt wird, also die notwendigen Rahmenbedingungen [44, S. 8], [45, S. 4], [46, S. 3927]. Beispiele für Design Prinzipien der (Bau-)Industrie 4.0 sind Interoperabilität, Dezentralisierung, horizontale und vertikale Integration, Echtzeitfähigkeit, Serviceorientierung und Modularität, wobei verschiedene Definitionen existieren [44, S. 11], [45, S. 4], [47, Abs. 1].

Unterstützende Technologien sind Technologien, die den Einsatz von Schlüsseltechnologien ermöglichen. Im Gegensatz zu Schlüsseltechnologien sind unterstützende Technologien oft ausgereifter, da sie seit längerer Zeit angewendet werden, wenn auch in anderen Bereichen als der (Bau-)Industrie 4.0. Sie sind deshalb nicht kennzeichnend für die beiden Konzepte. [44, S. 14] Unterstützende Technologien für Industrie 4.0 sind beispielsweise industrielle Sensoren und Aktuatoren, RFID und Auto-ID, das Internet oder Hochleistungscomputer [44 S. 10].

Als Schlüsseltechnologien werden im Gegensatz dazu solche Technologien bezeichnet, die Merkmale des (Bau-)Industrie 4.0 Konzepts sind. Sie besitzen einen derartigen Neuheitswert bzw. verändern die Gesellschaft so stark, dass sie als Kern der Vierten Industriellen Revolution verstanden werden. Häufig handelt es sich um disruptive Technologien. Im Folgenden werden die sechs Schlüsseltechnologien Internet der Dinge, Cloud Computing, Künstliche Intelligenz, Extended Reality, Additive Fertigung und Robotik erläutert. Die Auswahl der Technologien basiert auf diversen Quellen, wobei bei der Benennung von Schlüsseltechnologien kein Konsens besteht [44 S. 9], [48, S. 2], [49, S. 5-8], [50, S. 972].

### 4.1 Internet der Dinge

Das Konzept des Internet der Dinge (IoT) beschreibt ein Netzwerk von physischen Objekten aller Art, die in der Regel über das Internet verbunden sind, autonom agieren und über verschiedene Technologien miteinander kommunizieren [51, S. 1], [52, S. 3-4]. Nach herrschender Meinung wurde der Begriff erstmals von Kevin Ashton im Jahr 1999 verwendet [53, S. 1]. Seine zentrale Idee war es, physische Objekte mit RFID-Technologie, einem Verfahren zur automatischen Identifizierung von Objekten über Funk auszustatten, damit sie eindeutig identifiziert werden können. Auf diese Weise sollte jedes physische Objekt einen digitalen Partner haben und so virtuelle und reale Objekte verbunden werden. [51] Alle Objekte des IoT tauschen ständig Informationen aus und verarbeiten sie auf der Grundlage festgelegter Protokolle, um Aufgaben wie die Positionsbestimmung von Objekten, die Überwachung von Systemen und die Regelung von Prozessen mithilfe verschiedener Technologien

wie Sensoren und Künstlicher Intelligenz (KI) zu erfüllen [54]. Im Bauwesen ist das IoT oft eng verbunden mit BIM bzw. Digitalen Zwillingen, um den Zustand eines Gebäudes oder einer Baustelle widerzuspiegeln [55]. Dementsprechend findet die Technologie unter anderem Anwendung im Rahmen der Baufortschrittskontrolle oder des Facility Managements [56].

## 4.2 Cloud Computing

Cloud Computing ist ein Modell, bei dem Computing-Ressourcen wie Server, Speicher, Netzwerke, Anwendungen und Dienste flexibel, bedarfsgesteuert und mit minimalem Verwaltungsaufwand über das Internet bereitgestellt werden [57, S. 2], [26, S. 560]. Statt lokal auf einem physischen Computer oder Server werden die Ressourcen über entfernte Serverinfrastrukturen bereitgestellt und verwaltet [57, S. 2]. Der Zugriff auf die Ressourcen ist dabei von jedem Ort aus möglich [26, S. 560]. Bauunternehmen müssen bei Bauprojekten große Datenmengen speichern. Technologien wie IoT, Extended Reality oder Modellierungssimulationen wie BIM erzeugen große Datenmengen [58, S. 6]. Die Nutzung einer Cloud hat den Vorteil, dass keine großen Server auf der Baustelle benötigt werden und die Daten unabhängig von Raum und Zeit abgerufen werden können [58, S. 6].

## 4.3 Künstliche Intelligenz

Der Begriff Künstliche Intelligenz wurde erstmals 1956 im Rahmen eines Sommerforschungsprojekts in Dartmouth geprägt [59] S. 1. „Künstliche Intelligenz ist die Fähigkeit einer Maschine, menschliche Fähigkeiten wie logisches Denken, Lernen, Planen und Kreativität zu imitieren. [...] KI-Systeme sind in der Lage, ihr Handeln anzupassen, indem sie die Folgen früherer Aktionen analysieren und autonom arbeiten.“ [60, Abs. 1]. In der Baubranche kommen verschiedene Arten von KI in einer Vielzahl von Bereichen zur Anwendung, darunter zum Beispiel Generative KI zum Entwurf von Grundrissen unter der Vorgabe von Prämissen oder Baustellensicherheit [61, S. 6-7], [62, S. 5], [63, S. 2-5].

## 4.4 Extended Reality

Extended Reality (XR) ist der Oberbegriff für die immersiven Technologien Virtual Reality und Augmented Reality. Jede dieser Technologien ermöglicht interaktive Erfahrungen in einer computergenerierten Umgebung [64, Abs. 2]. Die Technologien unterscheiden sich in der Art und Weise, wie sie digitale Inhalte präsentieren und inwieweit sie die reale Welt integrieren [64, Abs. 1]. Bei Virtual Reality (VR) wird eine computergenerierte Umgebung simuliert. Mit Hilfe eines VR-Headsets und zusätzlichen Hilfsmitteln findet sich der Nutzer in einer künstlichen 3D- Umgebung wieder, mit der er interagieren kann [65, S. 379]. Bei Augmented Reality (AR) wird die reale Welt mit digitalen Informationen, Grafiken oder virtuellen Objekten überlagert. Im Gegensatz zu VR wird die reale Umgebung nicht vollständig durch eine virtuelle ersetzt, sondern um zusätzliche digitale Elemente erweitert [65, S. 379]. Es gibt in der Bauindustrie zahlreiche Anwendungsgebiete für XR. So ermöglichen VR-Technologien zum Beispiel die Durchführung von Entwurfsprüfungen vor dem Bau, um Planungsfehler zu erkennen [66, S. 4-5].

## 4.5 Additive Fertigung

Die additive Fertigung, auch als 3D-Druck bekannt, ist ein Fertigungsprozess, bei dem dreidimensionale Objekte durch das schichtweise Auftragen von Material aufgebaut werden [67, S.

109]. Im Gegensatz zu herkömmlichen, subtraktiven Verfahren, bei denen Material von einem festen Block abgetragen wird, wird bei der additiven Fertigung Material hinzugefügt [67, S. 110]. Additive Fertigungstechnologien ermöglichen die präzise Herstellung komplexer und maßgeschneiderter Bauteile [68, S. 1]. In der Bauindustrie stellen additive Fertigungsverfahren zunehmend eine Alternative zu konventionellen Bauweisen dar [69, S. 2-6]. In der Bauindustrie wird als Druckmaterial beispielsweise Beton genutzt, sodass ganze Häuser im Druckverfahren hergestellt werden können [69, S. 2-6].

## 4.6 Robotik

Der Begriff Robotik beschreibt mechatronische Systeme, die den Menschen bei seiner Arbeit unterstützen oder ersetzen können [70, S. 429]. Bei Robotik kann zwischen smarter- und kollaborativer Robotik unterschieden werden. Smarte Robotik beschreibt die Integration von intelligenten Technologien, wie zum Beispiel KI, Cloud Computing, Big Data und Sensoren in Roboter. Dadurch können Roboter autonome Entscheidungen treffen, sich an verschiedene Situationen anpassen und mit ihrer Umgebung interagieren [71, S. 1]. Bei der kollaborativen Robotik sind die Roboter in der Lage, sicher und effektiv mit Menschen zusammenzuarbeiten. Kollaborative Roboter können dabei in direktem physischen Kontakt mit Menschen stehen [72, S. 1210]. In der Bauindustrie ist die Inspektion der Baustelle ein Anwendungsbereich von kollaborativen Robotern. So können Roboter zum Beispiel eingesetzt werden um ferngesteuert die Inspektion auf Baustellen durchzuführen [73, S. 393-394].

## 5 Herausforderungen

Die Herausforderungen bei der Implementierung von Industrie 4.0 Technologien in der Bauindustrie, die in den 21 Artikeln der SLR genannt werden, werden in diesem Kapitel dargestellt. Abbildung 5-1 zeigt die Häufigkeit, mit der die einzelnen Herausforderungen in den 21 Artikeln aus der systematischen Literaturrecherche (s. Tab. 2-2) genannt werden.

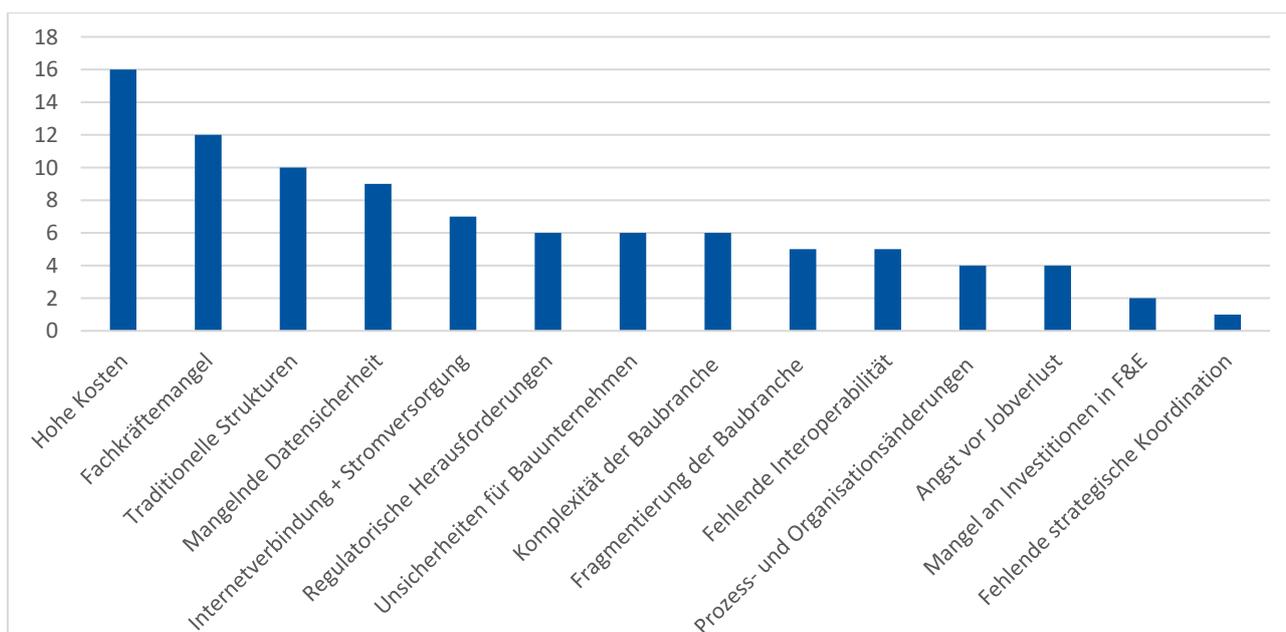


Abbildung 5-1: Häufigkeit der Herausforderungen

Die Herausforderungen lassen sich, wie in Tabelle 5-1 dargestellt, in die Gruppen *Branchenspezifische Herausforderungen*, *Organisatorische und betriebliche Herausforderungen*, *Regulatorische Herausforderungen* und *Technologische Herausforderungen* einteilen. In den folgenden Abschnitten werden die Herausforderungen näher erläutert. Bei der Angabe der Häufigkeit der Nennung wurde auf die Fünferstelle gerundet.

Gruppe	Herausforderungen
Branchenspezifische Herausforderungen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Traditionelle Strukturen</li> <li>• Komplexität der Baubranche</li> <li>• Unsicherheiten für Bauunternehmen</li> <li>• Fragmentierung der Baubranche</li> </ul>
Organisatorische und betriebliche Herausforderungen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hohe Kosten</li> <li>• Fachkräftemangel</li> <li>• Angst vor Jobverlusten</li> <li>• Prozess- und Organisationsänderungen</li> <li>• Fehlende strategische Organisation</li> </ul>
Regulatorische Herausforderungen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Regulatorische Herausforderungen</li> </ul>
Technologische Herausforderungen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Datensicherheit</li> <li>• Internetverbindung und Stromversorgung</li> <li>• Fehlende Interoperabilität</li> <li>• Mangel an Investition in F&amp;E</li> </ul>

*Tabelle 5-1: Gruppierung der Herausforderungen*

## 5.1 Branchenspezifische Herausforderungen

Die geringe Bereitschaft der Bauindustrie, neue Technologien einzusetzen, wird in ca. 50 Prozent der Artikel als Herausforderung genannt. Es herrscht eine geringe Akzeptanz gegenüber neuen Technologien [26, S. 566], [21S. 37082]. Begründet wird der Widerstand der Bauindustrie mit einer konservativen Einstellung und einer starren Kultur innerhalb der Branche [16, S. 3]. Bauunternehmen halten häufig an **traditionellen Strukturen** fest, was Innovationen erschwert [74, S. 17].

In 30 Prozent der Artikel wird die **Komplexität der Bauindustrie** als Herausforderung genannt. Die Komplexität der Baubranche erschwert die Integration digitaler Technologien [19, S. 187]. Nahezu jedes Bauprojekt ist einzigartig und bringt unterschiedliche Ausgangsbedingungen mit sich [15, S. 572-573.] Standortbedingungen wie das Wetter, das Arbeitskräfteangebot sowie die Bauvorschriften variieren von Projekt zu Projekt [17, S. 457]. Die Produkt- und Arbeitsprozesse in der Baubranche sind ebenfalls komplex [17, S. 457]. Die Tätigkeiten bei Bauprojekten wiederholen sich selten, was den Einsatz von Technologien wie zum Beispiel Robotern erschwert [17, S. 457].

Die **Unsicherheiten für Bauunternehmen**, die mit der Implementierung von Industrie 4.0 Technologien verbunden sind, werden in 30 Prozent der Artikel als Herausforderung genannt. Die Vorteile und der Nutzen der Implementierung sind für Bauunternehmen oft unklar [23, S. 1670]. Derzeit sind die wirtschaftlichen Auswirkungen von Industrie 4.0 Technologien in der Bauindustrie noch nicht umfassend erforscht [30, S. 16]. Für den Mehrwert, der durch die Implementierung der Bauindustrie 4.0 entstehen soll, existieren nicht ausreichend Nachweise [21, S. 37080]. Es herrscht ein

fehlendes Bewusstsein für die Vorteile, die der Einsatz von neuen Technologien mit sich bringen kann [22, S. 393].

Die **starke Fragmentierung** der Bauindustrie stellt laut 25 Prozent der Artikel eine Herausforderung dar. Im Gegensatz zur Fließbandarbeit in der Fertigungsindustrie sind die Prozesse in der Bauindustrie, Prozesse mit einer unstrukturierten Organisation und einem nicht linearen Arbeitsablauf [27, S. 122909]. Die Bauaufgaben sind selten in einer fortlaufenden Kette verbunden. Stattdessen ist die Arbeit zwischen oder innerhalb von Aufgaben mit anderen Arbeiten verbunden oder stützt sich auf andere laufende Arbeiten [27, S. 122909]. Unterschiedliche Aufgaben werden oft an Subunternehmer mit unterschiedlichem Informationsstand vergeben [27, S. 122909]. Aufgrund der Fragmentierung der Bauindustrie gibt es Schwierigkeiten, eine gemeinsame Architektur beziehungsweise ein gemeinsames System für Bauprojekte aufzubauen [29, S. 9].

## 5.2 Organisatorische und betriebliche Herausforderungen

In 75 Prozent der Artikel wird auf die **hohen Kosten** hingewiesen, die mit der Implementierung von Industrie 4.0 Technologien in die Bauindustrie verbunden sind. Gerade die Anfangsinvestitionen sind hoch [18, S. 26], [23, S. 1670]. Die hohen Kosten schrecken Bauunternehmen davon ab, in neue Technologien zu investieren [17, S. 457], [16, S. 3]. Zu den Kosten der Implementierung von Industrie 4.0 Technologien gehören zum Beispiel Anschaffungskosten und Wartungskosten sowie Kosten für die Schulung von Mitarbeitenden [21, S. 37082], [23, S. 1670], [25, S. 325.]

Der **Mangel an Personal**, das mit den neuen Technologien vertraut ist, stellt eine weitere Herausforderung dar und wird in 60 Prozent der Artikel erwähnt. Wenn in einem Unternehmen eine neue Technologie, wie beispielsweise eine KI-Anwendung, eingeführt wird, fehlt den Mitarbeitenden häufig das nötige Wissen zum Thema. Das geringe Verständnis für Technologien führt dazu, dass diese nicht optimal genutzt werden [12, S. 290]. Aus diesem Grund ist es notwendig, das Personal in neuen Technologien zu schulen [14, S. 12].

Die ungewissen Auswirkungen auf das Arbeitsleben der Arbeitnehmer, die durch die Einführung von Industrie 4.0 Technologien entstehen könnten [22, S. 393], werden in 20 Prozent der Artikel als Herausforderung genannt. Aus **Angst vor dem Verlust des Arbeitsplatzes** herrscht ein Mangel an Akzeptanz für neue Technologien in der Baubranche [29, S. 9].

Laut 20 Prozent der Artikel sind für die Implementierung neuer Technologien **Prozess- und Organisationsänderungen** notwendig [24, S. 12], [26, S. 566], [22, S. 393]. Die Bewältigung dieser Prozessänderungen gestaltet sich für Bauunternehmen schwierig [28, S. 74511]. Ein Beispiel sind Änderungen bei der Arbeitsorganisation [21, S. 37080].

In 5 Prozent der Artikel wird der **Mangel an strategischer Koordination** in den Bauunternehmen als eine Herausforderung genannt. So kann das Fehlen einer digitalen Strategie ein Hindernis für die Umsetzung von Industrie 4.0 Technologien in der Bauindustrie darstellen [21, S. 37080].

## 5.3 Regulatorische Herausforderungen

**Regulatorische Herausforderungen** werden in 30 Prozent der Artikel erwähnt. Die Gesetzgebung von Bund, Ländern und Kommunen erschwert neue Innovationen in der Bauindustrie [15, S. 573]. Es fehlen Vorschriften, Normen, Zertifizierungen und Leitlinien für die Einführung von Industrie 4.0

Technologien [22, S. 393], [29, S. 9]. Aufgrund mangelnder finanzieller Unterstützung der Politik bei der Implementierung neuer Technologien [74, S. 17] sind Bauunternehmen nicht in der Lage in neue, zu Beginn teure Technologien zu investieren [21, S. 37080].

## 5.4 Technologische Herausforderungen

Eine weitere Herausforderung für die Bauindustrie ist die **Datensicherheit**. Diese wird in 40 Prozent der Artikel aufgeführt. Durch Industrie 4.0 Technologien werden erhebliche Mengen an sicherheitssensiblen Daten erzeugt, verarbeitet und übertragen. Aus diesem Grund ist die Bauindustrie ein attraktives Ziel für Cyber-Angriffe [31, S. 9]. Damit einhergehend wächst der Bedarf an Datensicherheit in den Bauunternehmen [24, S. 12]. Strengere Sicherheitsstandards sind notwendig, um sich vor Hackern zu schützen [30, S. 16].

Eine **gute Internetverbindung** sowie **Stromversorgung** auf der Baustelle sind Grundvoraussetzungen für den Einsatz von neuen Technologien [22, S. 393]. Die oft schlechte und somit für neue Technologien unzureichende Internetverbindung auf den Baustellen stellt laut 30 Prozent der Artikel eine weitere Herausforderung dar. Durch eine Implementierung von neuen Technologien nimmt die Anzahl an Geräten zu. Das kann zu Problemen mit der Kommunikationsbandbreite führen [32, S. 752]. Eine unzureichende Breitbandverbindung führt dazu, dass Daten mit einer Verzögerung übertragen werden [13, S. 10].

Eine Herausforderung, die in 25 Prozent der Artikel genannt wird, ist die oft **fehlende Interoperabilität** zwischen den Technologien. Die Implementierung von Technologien, z. B. eines neuen KI-Systems, in ein bereits bestehendes IT-System kann Schwierigkeiten bereiten, wenn die Systeme nicht miteinander kompatibel sind [12, S. 290]. Auch die Interoperabilität von Informationen beziehungsweise Daten stellt häufig ein Problem dar [25, S. 325]. Es fehlen Standards, die dazu beitragen, eine Interoperabilität zu erreichen [23, S. 1670].

Der **Mangel an Investitionen in Forschung und Entwicklung** (F&E) für neue Technologien seitens Bauunternehmen wird in 10 Prozent der Artikel als eine Herausforderung beschrieben. Der Mangel an Investitionen wird als eine der Hauptursachen für eine geringe Akzeptanz neuer Technologien und Innovationen angesehen [16, S. 3].

## 6 Diskussion und Handlungsempfehlungen

In Anlehnung an die in Kapitel 5 gebildeten Cluster von Herausforderungen, werden in diesem Kapitel Handlungsempfehlungen je Cluster gegeben, um die genannten Herausforderungen zu überwinden. Dabei werden unterschiedliche Beteiligte der Baubranche angesprochen.

**Branchenspezifische** Herausforderungen lassen sich nicht innerhalb kurzer Zeit ändern. Es ist ein Wandel in der Kultur und Arbeitsweise der Baubranche notwendig, der durch Aufklärung über den Nutzen neuer Technologien erzeugt wird [25, S. 325]. Die Vermittlung von Wissen zu neuesten Technologien muss bei der (universitären) Ausbildung höher priorisiert werden, um die Akzeptanz zu erhöhen [29, S. 9]. Mit den Technologien, die die Bauindustrie 4.0 umfasst, können ggf. branchenspezifische Probleme überwunden werden. [32, S. 748] schlagen die Herstellung modularer Gebäude außerhalb der Baustelle unter Verwendung von Industrie 4.0 Technologien vor, die auch in der Produktion eingesetzt werden, um die Rahmenbedingungen bei Bauprojekten denen der Industrie

anzugleichen. Die anschließende Montage findet auf der Baustelle statt. Dieser Ansatz stellt sicher, dass die Baubranche von Industrie 4.0 Technologien profitiert, die sonst lediglich in der Fertigungsautomatisierung eingesetzt werden [32, S. 748].

Aus **regulatorischer Sicht** spielen staatliche Maßnahmen eine wichtige Rolle [21, S. 37083]. Staatliche Einführungsstrategien, wie es sie beispielsweise für BIM gibt [75], können als Orientierung für Unternehmen dienen [18, S. 27]. In Kombination sollte der Staat Pilotprojekte vorantreiben und die Nutzung neuer Technologien einfordern, wie es z. B. bei BIM in Deutschland bei öffentlichen Ausschreibungen von Infrastrukturprojekten der Fall ist [8, S. 13]. Im Zusammenspiel mit staatlichen Förderprogrammen können hohe Anfangsinvestitionskosten gesenkt werden, indem neue Technologien zum „next normal“ werden [6].

Bei **betrieblichen Herausforderungen** haben Bauunternehmen selbst im Zusammenspiel mit staatlichen Maßnahmen die größten Stellhebel. Eine Strategie hinsichtlich der Einführung von Bauindustrie 4.0 Technologien gibt allen Beteiligten eine klare Richtung bei der Umsetzung vor. Neben einer klaren Strategie sind gezielte Fortbildungsprogramme und Schulungen für Mitarbeitende notwendig, um dem Fachkräftemangel entgegenzuwirken und gleichzeitig Mitarbeitenden Berührungspunkte mit neuen Technologien zu nehmen. [25, S. 325] empfehlen, dass die Hersteller der Technologien kostenlose Workshops und Schulungen anbieten. Durch geringere Anschaffungskosten kann so einer großen Anzahl von Nutzern der Zugang zu neuen Technologien ermöglicht werden [25, S. 325]. Zusätzlich können Kosten durch staatliche Förderungen gesenkt werden, um auch kleine und mittelständische Bauunternehmen zur Einführung neuer Technologien zu motivieren [17, S. 458].

Voraussetzung für die Akzeptanz der Technologie ist im weiteren, dass Anwender positive Effekte erleben. Dies ist erst möglich, wenn **technologische Herausforderungen** beseitigt werden. Dazu ist es wichtig branchenweite Standards für Datenformate, Schnittstellen und Prozesse einzuführen. Dies verbessern die Interoperabilität zwischen den verschiedenen Akteuren bei Bauprojekten. Gute Beispiele hierfür sind das IFC-Datenformat, bei dem es sich um ein herstellerneutrales Datenformat handelt, oder standardisierte Schnittstellen in Form von APIs. Die Erarbeitung solcher Standards liegt in der Regel in der Verantwortung von Normungsverbänden oder Vereinen. Gleichzeitig sollten Forschungsaktivitäten, vor allem mit öffentlich zugänglichen Ergebnissen, beispielsweise von Universitäten intensiviert werden [29, S. 9]. Um die Sicherheit von Daten zu gewährleisten, ist es wichtig, dass Bauunternehmen strenge Sicherheitsstandards einführen und sich so vor Cyber-Angriffen schützen [30, S. 16].

## 7 Fazit

Bei der Umsetzung des Konzepts Bauindustrie 4.0 steht die deutsche Baubranche, ebenso wie andere Länder, noch vor Herausforderungen. Die aktuell am häufigsten genannte Herausforderung besteht in den hohen erwarteten Kosten für den Transformationsprozess. Die Herausforderungen mit den zweit- und drittmeisten Nennungen in der Literatur sind die geringe Bereitschaft der Baubranche zur Etablierung neuer Technologien und der Fachkräftemangel.

Die Entscheidung für eine Transformation hin zu einer Bauindustrie 4.0 muss aufgrund der Diversität der Herausforderungen von allen Beteiligten bewusst getroffen werden und kann nur im Zusammenspiel gelingen, wie es die Handlungsempfehlungen zeigen. In erster Linie müssen sich

Unternehmen dafür entscheiden, ihre Prozesse und Strukturen weiterzuentwickeln. Die Entscheidung sollte dadurch getrieben werden, dass ein Mehrwert in der Integration der neuen Technologie gesehen wird. Bei neuen technologischen Entwicklungen kann auch in anderen Bereichen beobachtet werden, dass als „Anschub“ zunächst staatliche Anreize gesetzt werden müssen, damit neue Technologien tatsächlich wirtschaftlich sind. Zudem müssen von staatlicher Seite, aber auch von Forschungs- und Lehreinrichtungen sowie Verbänden und Normungsinstituten Rahmenbedingungen geschaffen werden, die die Digitalisierung fördern und Unternehmen zum Beispiel durch klar definierte Standards die Integration neuer Technologien in ihre Prozesse erleichtern. Nicht zuletzt muss sich außerdem ein Wandel bei jedem einzelnen Beteiligten vollziehen, sodass vor technologischen Neuerungen keine Sorge besteht, sondern das Konzept der Bauindustrie 4.0 und den damit verbundenen Schlüsseltechnologien als Chance begriffen wird, um ohnehin fehlende Fachkräfte zu entlasten.

Dieser Artikel trägt zur Akzeptanz der Bauindustrie 4.0 bei, indem das Konzept niederschwellig erläutert und dargestellt wird. Zudem wird durch die aufgezeigten Herausforderungen und daraus abgeleiteten Handlungsempfehlungen deutlich, dass den bestehenden Herausforderungen begegnet werden kann. Zur Validierung der Herausforderungen und Handlungsempfehlungen können im nächsten Schritt Beteiligte der Baubranche befragt werden. Eine Untersuchung, wie sich die vorgeschlagenen Maßnahmen tatsächlich auf die Produktivität der Baubranche auswirken, sollte ebenfalls Gegenstand weiterer Forschung sein.

## 8 Literaturverzeichnis

- [1] McKinsey Global Institute, "Reinventing Construction: A route to higher productivity: Executive Summary", 2017. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.mckinsey.com/~media/mckinsey/business%20functions/operations/our%20insights/reinventing%20construction%20through%20a%20productivity%20revolution/mgi-reinventing-construction-executive-summary.pdf>.
- [2] Institut für Weltwirtschaft, Hg., "Produktivität in Deutschland – Messbarkeit und Entwicklung", Kieler Beiträge zur Wirtschaftspolitik 12, 2017. [Online]. Verfügbar unter: [https://www.ifw-kiel.de/fileadmin/Dateiverwaltung/IfW-Publications/fis-import/c639cf14-548f-4293-b318-e1f49665cd06-wipo\\_12.pdf](https://www.ifw-kiel.de/fileadmin/Dateiverwaltung/IfW-Publications/fis-import/c639cf14-548f-4293-b318-e1f49665cd06-wipo_12.pdf). Zugriff am: 1. Mai 2024.
- [3] Institut der deutschen Wirtschaft, "Digitalisierung der Wirtschaft in Deutschland: Digitalisierungsindex 2023", 2024. [Online]. Verfügbar unter: [https://www.de.digital/DIGITAL/Redaktion/DE/Digitalisierungsindex/Publikationen/publikation-digitalisierungsindex-2023.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=2](https://www.de.digital/DIGITAL/Redaktion/DE/Digitalisierungsindex/Publikationen/publikation-digitalisierungsindex-2023.pdf?__blob=publicationFile&v=2).
- [4] The Boston Consulting Group, Hg., "Digital in Engineering and Construction: The Transformative Power of Building Information Modeling", 2016. [Online]. Verfügbar unter: [https://web-assets.bcg.com/img-src/BCG-Digital-in-Engineering-and-Construction-Mar-2016\\_tcm9-87277.pdf](https://web-assets.bcg.com/img-src/BCG-Digital-in-Engineering-and-Construction-Mar-2016_tcm9-87277.pdf).
- [5] A. Borrmann, M. König, C. Koch und J. Beetz, *Building Information Modeling: Technologische Grundlagen und industrielle Praxis*. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden, 2015.

- [6] McKinsey & Company, "The next normal in construction: How disruption is reshaping the world's largest ecosystem" Executive summary, 2020. [Online]. Verfügbar unter: [https://www.mckinsey.com/~media/mckinsey/industries/capital%20projects%20and%20infrastrastructure/our%20insights/the%20next%20normal%20in%20construction/executive-summary\\_the-next-normal-in-construction.pdf/executive-summary\\_the-next-normal-in-construction.pdf](https://www.mckinsey.com/~media/mckinsey/industries/capital%20projects%20and%20infrastrastructure/our%20insights/the%20next%20normal%20in%20construction/executive-summary_the-next-normal-in-construction.pdf/executive-summary_the-next-normal-in-construction.pdf).
- [7] Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, Hg., "Industrie 4.0: Volks- und betriebswirtschaftliche Faktoren für den Standort Deutschland" Eine Studie im Rahmen der Begleitforschung zum Technologieprogramm AUTONIMIK für Industrie 4.0, 2015. Zugriff am: [https://www.digitale-technologien.de/DT/Redaktion/DE/Downloads/Publikation/autonomik-40-studie-marktprospektiven-broschuere.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=3](https://www.digitale-technologien.de/DT/Redaktion/DE/Downloads/Publikation/autonomik-40-studie-marktprospektiven-broschuere.pdf?__blob=publicationFile&v=3).
- [8] Roland Berger GmbH, Hg., "Digitalisierung der Bauwirtschaft: Der europäische Weg zu "Construction 4.0"", 2016.
- [9] A. C. Pereira und F. Romero, "A review of the meanings and the implications of the Industry 4.0 concept", *Procedia Manufacturing*, Jg. 13, S. 1206–1214, 2017, doi: 10.1016/j.promfg.2017.09.032.
- [10] G. Culot, G. Nassimbeni, G. Orzes und M. Sartor, "Behind the definition of Industry 4.0: Analysis and open questions", *International Journal of Production Economics*, Jg. 226, S. 107617, 2020, doi: 10.1016/j.ijpe.2020.107617.
- [11] M. J. Page *et al.*, "The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews" (eng), *BMJ (Clinical research ed.)*, Jg. 372, n71, 2021, doi: 10.1136/bmj.n71.
- [12] D. Cisterna, S. Seibel, S. Oprach und S. Haghsheno, Hg., *Artificial Intelligence for the Construction Industry - A Statistical Descriptive Analysis of Drivers and Barriers*. Cham: Springer: Springer, 2022.
- [13] F. Elghaish *et al.*, "Blockchain and the 'Internet of Things' for the construction industry: research trends and opportunities", *Automation in Construction*, Jg. 132, 2021, doi: 10.1016/j.autcon.2021.103942.
- [14] A. Z. Kolaei, E. Hedayati, M. Khanzadi und G. G. Amiri, "Challenges and opportunities of augmented reality during the construction phase", *Automation in Construction*, Jg. 143, 2022, doi: 10.1016/j.autcon.2022.104586.
- [15] L. Hüttig, A. Kropp und O. Hevelke, "Der Weg zum Bauen 4.0 in der Produktion und Bauausführung von Infrastrukturprojekten", *Stahlbau*, Jg. 92, Nr. 9, S. 571–577, 2023, doi: 10.1002/stab.202300047.
- [16] S. J. Siddiqui und A. Seetharaman, "Determining factors influencing adoption of digitalization in the Middle East construction industry", *2023 14th International Conference on Computing Communication and Networking Technologies (ICCCNT)*, 2023, doi: 10.1109/ICCCNT56998.2023.10308151.

- [17] M. B. Hatoum und H. Nassereddine, "Developing a framework for the implementation of robotics in construction enterprises", *EG-ICE 2020 Workshop on Intelligent Computing in Engineering, Proceedings*, 2020. [Online]. Verfügbar unter: [https://www.researchgate.net/publication/342814823\\_Developing\\_a\\_Framework\\_for\\_the\\_Implementation\\_of\\_Robotics\\_in\\_Construction\\_Enterprises](https://www.researchgate.net/publication/342814823_Developing_a_Framework_for_the_Implementation_of_Robotics_in_Construction_Enterprises)
- [18] M. S. Malik, "Digital Transformation in Construction Industry in India" in *Lecture Notes in Civil Engineering*, 2023, S. 11–29, doi: 10.1007/978-981-99-3526-0\_2.
- [19] Ç. Takva, J. Cudzik und Z. Y. İlerisoy, "Digitalization of Building Site Management in the Construction Industry", *International Journal of Sustainable Construction Engineering and Technology*, Jg. 14, Nr. 4, S. 171–193, 2023, doi: 10.30880/ijscet.2023.14.04.014.
- [20] Univ Pontificia Salamanca, Fac Informatica Expert Syst; Applicat Lab, Univ Salamanca Campus Excelencia Intercionac UVa Univ Politecnica Madrid Univ Tecnologica Panama Univ Distrital Francisco Jose Caldas Univ Catolica Salta I. P. V. Escola Super Tecnologia Gestao Viseu Univ Beira Interior Tecnologico Monterrey N. W. Polytechn Univ Politecnico Portalegre DiTTEt, *Artificial Intelligence for the Construction Industry - A Statistical Descriptive Analysis of Drivers and Barriers*, 2022.
- [21] R. Maqbool, M. R. Saiba und S. Ashfaq, "Emerging industry 4.0 and Internet of Things (IoT) technologies in the Ghanaian construction industry: sustainability, implementation challenges, and benefits", *Environmental Science and Pollution Research*, Jg. 30, Nr. 13, 2023, doi: 10.1007/s11356-022-24764-1.
- [22] A. Singh und S. C. Misra, Hg., *Identifying Challenges in the Adoption of Industry 4.0 in the Indian Construction Industry*, 2021.
- [23] A. Singh, A. Dwivedi, D. Agrawal und D. Singh, "Identifying issues in adoption of AI practices in construction supply chains: towards managing sustainability", *Operations Management Research*, Jg. 16, Nr. 4, S. 1667–1683, 2023, doi: 10.1007/s12063-022-00344-x.
- [24] M. Kozlovska, D. Klosova und Z. Strukova, "Impact of Industry 4.0 Platform on the Formation of Construction 4.0 Concept: A Literature Review", *Sustainability*, Jg. 13, Nr. 5, S. 2683, 2021, doi: 10.3390/su13052683.
- [25] A. H. Qureshi, W. S. Alaloul, B. Manzoor, S. Saad, A. M. Alawag und K. M. Alzubi, Hg., *Implementation Challenges of Automated Construction Progress Monitoring Under Industry 4.0 Framework Towards Sustainable Construction*, Nov. 2021.
- [26] C. Newman, D. Edwards, I. Martek, J. S. Lai, W. D. Thwala und I. Rillie, "Industry 4.0 deployment in the construction industry: a bibliometric literature review and UK-based case study", *Smart and Sustainable Built Environment*, Jg. 10, Nr. 4, S. 557–580, 2021, doi: 10.1108/sasbe-02-2020-0016.
- [27] Z. You und L. Feng, "Integration of Industry 4.0 Related Technologies in Construction Industry: A Framework of Cyber-Physical System", *IEEE Access*, Jg. 8, S. 122908–122922, 2020, doi: 10.1109/ACCESS.2020.3007206.

- [28] B. H. Mohammed, H. Sallehudin, S. A. Mohamed, N. S. M. Satar und A. H. B. Hussain, "Internet of Things-Building Information Modeling Integration: Attacks, Challenges, and Countermeasures", *IEEE Access*, Jg. 10, S. 74508–74522, 2022, doi: 10.1109/ACCESS.2022.3190357.
- [29] V. V. Prabhakar, C. S. Belarmin Xavier und K. M. Abubeker, "A Review on Challenges and Solutions in the Implementation of Ai, IoT and Blockchain in Construction Industry", *Materials Today: Proceedings*, 2023, doi: 10.1016/j.matpr.2023.03.535.
- [30] M. A. Musarat, M. Irfan, W. S. Alaloul, A. Maqsoom und M. Ghufuran, "A Review on the Way Forward in Construction through Industrial Revolution 5.0", *Sustainability (Switzerland)*, Jg. 15, Nr. 18, 2023, doi: 10.3390/su151813862.
- [31] F. Li *et al.*, "Towards big data driven construction industry", *Journal of Industrial Information Integration*, Jg. 35, 2023, doi: 10.1016/j.jii.2023.100483.
- [32] C. J. Turner, O. Oyekan, L. Stergioulas und D. Griffin, "Utilizing Industry 4.0 on the Construction Site: Challenges and Opportunities", *Ieee Transactions on Industrial Informatics*, Jg. 17, Nr. 2, S. 746–756, 2021, doi: 10.1109/tii.2020.3002197.
- [33] H. Kagermann, W.-D. Lukas und W. Wahlster, "Industrie 4.0: Mit dem Internet der Dinge auf dem Weg zur 4. industriellen Revolution", *VDI-Nachrichten* 13, 2011.
- [34] S. Erol, A. Schumacher und W. Sihn, "Industrie 4.0 - Chancen und Risiken einer angekündigten Revolution" in *Industriebuch 2016 des Industriewissenschaftlichen Institutes*, A. Mörk und H. Schneider, Hg., Wien, 2016, S. 53–66.
- [35] J. Pistorius, *Industrie 4.0 – Schlüsseltechnologien für die Produktion*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2020.
- [36] T. Bauernhansl, "Die Vierte Industrielle Revolution – Der Weg in ein wertschaffendes Produktionsparadigma" in *Handbuch Industrie 4.0 Bd.4*, B. Vogel-Heuser, T. Bauernhansl und M. ten Hompel, Hg., Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2017, S. 1–31, doi: 10.1007/978-3-662-53254-6\_1.
- [37] C. Steinhoff, "Industrie 4.0", *Wissenschaftliche Dienste - Aktueller Begriff* 23/16, 2016. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.bundestag.de/resource/blob/474528/cae2bfac57f1bf797c8a6e13394b5e70/industrie-4-0-data.pdf>.
- [38] G. Schuh, J.-P. Prote, M. Molitor und S. Wlecke, "Produktivitätsbalken 4.0", *Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb*, Jg. 114, Nr. 6, S. 408–411, 2019, doi: 10.3139/104.112110.
- [39] E. Forcael, I. Ferrari, A. Opazo-Vega und J. A. Pulido-Arcas, "Construction 4.0: A Literature Review", *Sustainability*, Jg. 12, Nr. 22, S. 9755, 2020, doi: 10.3390/su12229755.
- [40] PwC, "Die Bauindustrie in anspruchsvollen Zeiten: Geopolitik, Digitalisierung und Nachhaltigkeit: Eine PwC-Studie zum Umgang der Baubranche mit den aktuellen Herausforderungen", 2023.

- [41] Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung; Deutschland, *Bauen im Wandel: Zukunft Bau Kongress 2019*, 2020. Aufl. Bonn: Bundesinstitut für Bau- Stadt- und Raumforschung (BBSR): Bundesinstitut für Bau- Stadt- und Raumforschung (BBSR), Mai. 2020.
- [42] T. D. Oesterreich und F. Teuteberg, "Understanding the implications of digitisation and automation in the context of Industry 4.0: A triangulation approach and elements of a research agenda for the construction industry", *Computers in Industry*, Jg. 83, S. 121–139, 2016, doi: 10.1016/j.compind.2016.09.006.
- [43] M. S. Knudsen, J. Kaivo-oja und T. Lauraeus, "Enabling Technologies of Industry 4.0 and Their Global Forerunners: An Empirical Study of the Web of Science Database" in *14th International Conference, KMO 2019*, Zamora, Spanien, 2019, S. 3–13, doi: 10.1007/978-3-030-21451-7\_1.
- [44] M. Ghobakhloo, M. Fathi, M. Iranmanesh, P. Maroufkhani und M. E. Morales, "Industry 4.0 ten years on: A bibliometric and systematic review of concepts, sustainability value drivers, and success determinants", *Journal of Cleaner Production*, Jg. 302, S. 127052, 2021, doi: 10.1016/j.jclepro.2021.127052.
- [45] D. Dikhanbayeva, S. Shaikholla, Z. Suleiman und A. Turkyilmaz, "Assessment of Industry 4.0 Maturity Models by Design Principles", *Sustainability*, Jg. 12, Nr. 23, S. 9927, 2020, doi: 10.3390/su12239927.
- [46] M. Hermann, T. Pentek und B. Otto, "Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios" in *49th Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS)*, 2016, S. 3928–3937, doi: 10.1109/HICSS.2016.488.
- [47] Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, *Industrie 4.0: Normungs- und Regulierungslandkarte: Übersicht zu Normung und Regulierung im Bereich von Industrie-4.0-Technologien*. Industrie 4.0 und ihre Entwicklungslinien. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.baua.de/DE/Forschung/Schwerpunkt-Digitale-Arbeit/Arbeitsschutz-und-Digitalisierung/Dossier-Normung-Regulierung.html?pos=1> (Zugriff am: 28. April 2024).
- [48] S. Rane, P. Shah und R. Sekhar, "Survey of Technologies for Industry 4.0" in *2022 6th International Conference On Computing, Communication, Control And Automation (ICCUBEA)*, 2022, S. 1–6, doi: 10.1109/ICCUBEA54992.2022.10010837.
- [49] U. S. Igwe, S. F. Mohamed und M. B. M. D. Azwarie, "Recent Technologies in Construction; A Novel Search for Total Cost Management of Construction Projects" in *Sustainable and Integrated Engineering International Conference 2019*, 2020, S. 12041, doi: 10.1088/1757-899X/884/1/012041.
- [50] L. Statsenko, A. Samaraweera, J. Bakhshi und N. Chileshe, "Construction 4.0 technologies and applications: a systematic literature review of trends and potential areas for development", *CI*, Jg. 23, Nr. 5, S. 961–993, 2023, doi: 10.1108/CI-07-2021-0135.
- [51] K. Ashton, "That 'Internet of Things' Thing", *RFiD Journal*, Nr. 22, S. 97–114, 2009.
- [52] W. Babel, *Internet of Things und Industrie 4.0*, 1. Aufl. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden; Imprint Springer Vieweg, 2023.

- [53] T. Kramp, R. van Kranenburg und S. Lange, "Introduction to the Internet of Things" in *Enabling Things to Talk*, A. Bassi et al., Hg., Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2013, S. 1–10, doi: 10.1007/978-3-642-40403-0\_1.
- [54] K. K. Patel und S. M. Patel, "Internet of Things-IOT: Definition, Characteristics, Architecture, Enabling Technologies, Application & Future Challenges", *International Journal of Engineering Science and Computing*, Vol. 6, No. 5, S. 6123–6131, 2016, doi: 10.4010/2016.1482.
- [55] M. Baghalzadeh Shishehgarkhaneh, A. Keivani, R. C. Moehler, N. Jelodari und S. Roshdi Laleh, "Internet of Things (IoT), Building Information Modeling (BIM), and Digital Twin (DT) in Construction Industry: A Review, Bibliometric, and Network Analysis", *Buildings*, Jg. 12, Nr. 10, S. 1503, 2022, doi: 10.3390/buildings12101503.
- [56] A. Katiyar und P. Kumar, "A Review of Internet of Things (IoT) in Construction Industry: Building a Better Future", *ijasce*, Jg. 3, Nr. 2, S. 65–72, 2021, doi: 10.30630/ijasce.3.2.53.
- [57] P. Mell und T. Grance, "The NIST Definition of Cloud Computing", *NIST Special Publication und National Institute of Standards and Technology*. [Online]. Verfügbar unter: <https://nvlpubs.nist.gov/nistpubs/legacy/sp/nistspecialpublication800-145.pdf>
- [58] S. A. Bello *et al.*, "Cloud computing in construction industry: Use cases, benefits and challenges", *Automation in Construction*, doi: 10.1016/j.autcon.2020.103441.
- [59] J. McCarthy, M. L. Minsky, N. Rochester und C. E. Shannon, "A Proposal for the Dartmouth Summer Research Project on Artificial Intelligence, August 31, 1955", *AI Magazine*, Vol. 27 No. 4, 2006, doi: 10.1609/aimag.v27i4.1904.
- [60] Europäisches Parlament, *Was ist künstliche Intelligenz und wie wird sie genutzt?* [Online]. Verfügbar unter: <https://www.europarl.europa.eu/topics/de/article/20200827STO85804/was-ist-kunstliche-intelligenz-und-wie-wird-sie-genutzt>.
- [61] S. O. Abioye *et al.*, "Artificial intelligence in the construction industry: A review of present status, opportunities and future challenges", *Journal of Building Engineering*, Jg. 44, S. 103299, 2021, doi: 10.1016/j.jobee.2021.103299.
- [62] Y. Pan und L. Zhang, "Roles of artificial intelligence in construction engineering and management: A critical review and future trends", *Automation in Construction*, Jg. 122, S. 103517, 2021, doi: 10.1016/j.autcon.2020.103517.
- [63] H. Nabizadeh Rafsanjani und A. H. Nabizadeh, "Towards human-centered artificial intelligence (AI) in architecture, engineering, and construction (AEC) industry", *Computers in Human Behavior Reports*, Jg. 11, S. 100319, 2023, doi: 10.1016/j.chbr.2023.100319.
- [64] I. Bahr, *Was ist Extended Reality?* [Online]. Verfügbar unter: <https://www.capterra.com.de/blog/3402/Was-ist-extended-reality>.
- [65] S. Saju, A. Babu, A. S. Kumar, T. John und T. Varghese, "Augmented Reality VS Virtual Reality", *International Journal of Engineering Technology and Management Sciences*, 2022, doi: 10.46647/ijetms.2022.v06i05.057.

- [66] E. S. Bakhoun, A. A. Younis, H. K. Aboulata und A. R. Bekhit, "Impact assessment of implementing virtual reality in the Egyptian construction industry", *Ain Shams Engineering Journal*, 2023, doi: 10.1016/j.asej.2023.102184.
- [67] M. N. O. Sadiku, A. J. Ajayi-Majebi und P. O. Adebo, *Emerging Technologies in Manufacturing*. Cham.
- [68] Fraunhofer IKTS, Hg., "Additive Fertigung: Fertigung, Funktionalisierung, Qualitätssicherung", o. J. [Online]. Verfügbar unter: [https://www.ikts.fraunhofer.de/content/dam/ikts/downloads/profile/IKTS\\_Industrieloesungen\\_Additive\\_Fertigung.pdf](https://www.ikts.fraunhofer.de/content/dam/ikts/downloads/profile/IKTS_Industrieloesungen_Additive_Fertigung.pdf).
- [69] D. Weger, C. Gehlen, W. Korte, F. Meyer-Brötz, J. Scheydt und T. Stengel, "Bauen neu gedacht – 3D-Betondruck in der Baupraxis: Das erste 3D-gedruckte Haus in Deutschland", Jg. 71, 2021. [Online]. Verfügbar unter: [https://www.heidelbergmaterials.de/sites/default/files/assets/document/e5/82/2021\\_beckum\\_sonderdruck\\_beton.pdf](https://www.heidelbergmaterials.de/sites/default/files/assets/document/e5/82/2021_beckum_sonderdruck_beton.pdf)
- [70] B. W. Wirtz, *Digital Business: Strategien, Geschäftsmodelle und Technologien*, 8. Aufl. Wiesbaden: Springer Gabler, 2024.
- [71] Y. Liu, L. Wang, S. Makris und J. Krüger, "Smart robotics for manufacturing", *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 2023, doi: 10.1016/j.rcim.2023.102535.
- [72] K.-A. Ricken und N. Verzano, "Cloud Robotik: Ein Kubernetes-basierter Ansatz zu Cloud-Edge Integration", *HMD Praxis der Wirtschaftsinformatik*, 2020, doi: 10.1365/s40702-020-00672-1.
- [73] S. Halder und K. Afsari, "Real-time Construction Inspection in an Immersive Environment with an Inspector Assistant Robot", *ASC 2022 (EPiC Series in Built Environment)*, 2022, doi: 10.29007/ck81.
- [74] A. Lekan, A. Clinton und O. James, "The disruptive adaptations of construction 4.0 and industry 4.0 as a pathway to a sustainable innovation and inclusive industrial technological development", *Buildings*, Jg. 11, Nr. 3, S. 1–28, 2021, doi: 10.3390/buildings11030079.
- [75] Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur, Hg., "Masterplan BIM Bundesfernstraßen: Digitalisierung des Planens, Bauens, Erhaltens und Betreibens im Bundesfernstraßenbau mit der Methode Building Information Modeling (BIM)", 2021. [Online]. Verfügbar unter: [https://bmdv.bund.de/SharedDocs/DE/Anlage/StB/bim-rd-masterplan-bundesfernstrassen.pdf?\\_\\_blob=publicationFile](https://bmdv.bund.de/SharedDocs/DE/Anlage/StB/bim-rd-masterplan-bundesfernstrassen.pdf?__blob=publicationFile).

# Von der virtuellen Planung zur digitalen Ausführung – Nahtlose Integration immersiver Technologien in den Bauprozess

Jan Thormählen <sup>1</sup> und Gerrit Placzek <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Institut für Bauwirtschaft und Baubetrieb, TU Braunschweig, [jan.thormaehlen@tu-braunschweig.de](mailto:jan.thormaehlen@tu-braunschweig.de);

<sup>2</sup> Institut für Bauwirtschaft und Baubetrieb, TU Braunschweig, [g.placzek@tu-braunschweig.de](mailto:g.placzek@tu-braunschweig.de)

## Kurzfassung

In diesem Beitrag werden die Potenziale und Herausforderungen einer durchgängigen und nahtlosen Integration immersiver Technologien in den Bauprozess aufgezeigt. In anderen Industriebereichen haben derartige Technologien vergleichsweise schnell Einzug in Bereiche wie Planungsbesprechungen oder Schulungskonzepte gehalten. Im Bauwesen verfangen solche Technologien, aufgrund struktureller Randbedingungen und jahrzehntelang ähnlicher Arbeitsprozesse, vergleichsweise langsam. Zudem wird noch nach passenden Möglichkeiten und Wegen gesucht, die Vorteile der immersiven Darstellung in Form von Augmented und Virtual Reality durchgängig produktiv nutzen zu können. Eine derartige Digitalisierung des Baus könnte zudem Nachwuchsprobleme lösen. Die Beschreibung wichtige Grundlagen immersiver Technologien und die Einordnung in den aktuellen Stand der Praxis ist dafür eine Grundaufgabe. Die aktuellen Anwendungen zeigen, dass meist nur Teilaufgaben ein klar abgegrenzter Bereich betrachtet wird. Somit handelt es sich hier um (Insel-) Lösungen. Soziale, technologische und auch wirtschaftliche Hemmnisse erklären teilweise den ausbleibenden flächendeckenden Einsatz immersiver Technologien. Eine konsequente Weiternutzung analoger oder ein nur in einzelnen Projektphasen isolierter Einsatz von immersiven Technologien ist jedoch im Umkehrschluss keine Lösung, die die Bauwirtschaft technologisch langfristig Schritt halten lässt. Um perspektivisch spürbare Verbesserungen und strukturelle Änderungen herbeizuführen, wird eine nahtlose Integration immersiver Technologien in den Bauprozess angestrebt, die mithilfe der neuen Forschungsinfrastruktur der TU Braunschweig (*Digitale Baustelle – Bauindustrie 4.0*) erforscht wird.

*Schlagwörter: Virtual Reality, Augmented Reality, Extended Reality, Head-Mounted-Devices, Immersives Bauen, Digitale Baustelle.*

# 1 Einleitung

Die Bauwirtschaft steht sinnbildlich vor vielen eigenen Baustellen im Bereich Digitalisierung und notwendiger Steigerung der Produktivität – vor allem im Vergleich zu anderen Branchen [1, 2f.]. Neuen technologischen Entwicklungen wird ein großer Einfluss auf den Ablauf gesellschaftlicher Prozesse sowie zukünftige Ausführungen der Tätigkeiten Einzelner nachgesagt. Während solche Änderungen etwa bei der industriellen Revolution retrospektivisch unbestritten eingetreten sind [2, S. 106], kann eine gesicherte Vorhersage des Einflusses neuer Technologien angesichts multipler Einflüsse nicht einwandfrei erfolgen [3, o. S.]. Dies gilt auch für den zukünftigen Einfluss von Augmented Reality (AR) und Virtual Reality (VR) als Head Mounted Display (siehe Kapitel 2.1) in der Arbeitswelt. Interessanterweise finden diese Technologien selbst in renommierten Studien zur aktuellen und zukünftigen Entwicklung Digitalisierung der Bauwirtschaft keine Erwähnung [4, S. 1f.].

Die Technik hinter AR ist dabei bereits seit vielen Jahrzehnten vorhanden und wurde erstmals in den 60ern in der Forschung eingesetzt [5, o. S.]. In aktuellen Diskussionen über die allgemeine Digitalisierung und neue Trends fallen meist recht schnell die Begriffe VR und/oder AR, teilweise noch ohne sich dem genauen Einsatzfeld und -zweck bewusst zu sein. Da vor allem VR seit einigen Jahren einen wachsenden Marktanteil in der Spieleindustrie einnimmt [6, o. S.], haben die meisten Menschen in Deutschland diese Technologie bislang hauptsächlich im Bereich Computer- und Videospiele kennengelernt und genutzt [7, S. 21]. Zur Verstärkung dieses Trends dürfte primär die Einführung von preisgünstigen (standalone, d. h. die Möglichkeit, das Headset ohne Abhängigkeiten von anderen Geräten, wie einem externen Computer als Signalgeber, nutzen zu können [8, o. S.]) VR-Headsets geführt haben. Diese Stand-alone-Geräte ermöglichten, die Welt der VR niederschwellig für alle Nutzer erlebbar zu machen [9, S. 1f.]. Laut einer Umfrage der Bitkom Research aus dem Jahr 2023 können sich 39 % der Deutschen grundsätzlich vorstellen, allgemein in der Zukunft eine VR-Brille zu nutzen. [7, S. 18] Gleichzeitig sehen 49 % der Befragten die (fehlende) eigene Begeisterung mit dem Thema VR als größtes Hemmnis, dauerhaft ein HMD zu nutzen [7, S. 19]. Mithilfe dieser ersten Erkenntnisse aus dem Freizeit-Bereich wird die Übertragung auf den Einsatz dieser Technologien in Handwerksunternehmen besser einschätzbar und vergleichbar: In einer Umfrage unter Unternehmen des Handwerks gaben nur 3 % an, dass sie bereits Virtual oder Augmented Reality nutzen, 11 % planen den Einsatz [10, S. 7]. Diese Ausarbeitung soll infolgedessen näher beleuchten, wieso diese Technologien, obwohl bereits lange am Markt erhältlich, nicht längst Einzug in die Bauwirtschaft mit den beteiligten Unternehmen gehalten hat.

## 2 Immersive Technologie im Bauwesen

### 2.1 Dimensionen des immersiven Spektrums

Virtual und Augmented Reality umfassen zwei unterschiedliche Formen der Immersion. Als Immersion wird in der VR das „*Gefühl des Eintauchens*“ [11, S. 9] in die virtuelle Welt bezeichnet. Eine hohe Immersion für den Nutzer lässt sich somit erreichen, wenn „*dessen Sinneseindrücke [...] möglichst umfassend angesprochen werden [...] und somit eine Illusion der Realität entsteht*“ [12, S. 198]. Dabei sind typische Sinneseindrücke, die bereits von immersiven Systemen des Massenmarkts angesprochen werden, das Sehen und Hören, während Riechen und Schmecken technisch nur sehr

aufwendig umgesetzt werden können [12, 198 f.]. Das Tasten/Fühlen stellt die nächste Stufe der Immersion dar. Dieses lässt sich technisch bereits über Handschuhe mit Haptik-Einheiten umsetzen, ist aber größtenteils noch in der Forschung und Entwicklung und bisher nicht in breiter Stückzahl auf dem Anwendermarkt vertreten [13, o. S., 14, S. 51]. Der Begriff der Immersion kann ebenfalls für AR verwendet werden. Die Definition bezieht sich hierbei aber nicht auf das reine ‚Eintauchen‘ in die virtuelle Welt, sondern auf die bestmögliche „*Verschmelzung von Realität und Virtualität*“ [11, S. 25].

Eine hohe Immersion lässt sich am ehesten erreichen, wenn die Sinne des Nutzers gezielt angesprochen oder blockiert werden können und das Sichtfeld möglichst groß ist. Daher sind etwa „*Head-Mounted Displays*“ [11, S. 15] (HMD) ein höherer Grad der Immersion zuzuschreiben, als wenn bspw. die AR auf dem Bildschirm eines Tablets dargestellt wird [11, S. 15]. Der Begriff von immersivem Zubehör bezieht sich in dieser Ausarbeitung dabei rein auf die HMD-Ausführungen von VR- und AR-Technik.

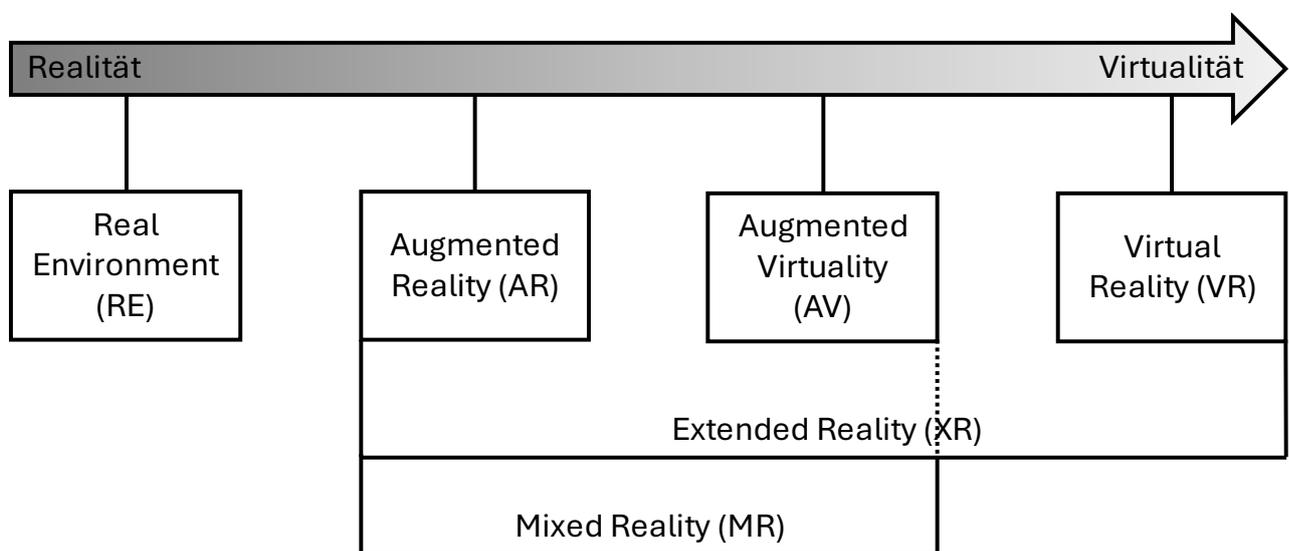


Abb. 2-1: Einordnung von Extended und Mixed Reality zwischen Realität und Virtualität; eigene Darstellung in Anlehnung an Davila Delgado et. al. [15, S. 4]

In diesem Beitrag wird die Technologie der Augmented Virtuality (AV) aus Abb. 2-1 bewusst außer Acht gelassen, da diese nach Auswertung der Literatur bislang keine gehobene Rolle im Bereich der existierenden Anwendungen innehat. Die Unterscheidung erfolgt an dieser Stelle daher zwischen AR und VR als HMD. Als AR wird dabei die Echtzeit-Anreicherung der realen Welt mit geometrisch korrekt platzierten, virtuellen Objekten bezeichnet [11, S. 20f.], die eine sinnvolle Erweiterung der Realität für den Nutzer der AR erschaffen [16, S. 8f.]. VR bezeichnet dagegen eine vollständig virtuelle dreidimensionale Umgebung, die den Nutzer durch einen hohen Grad der Immersion möglichst vollständig von seiner realen Umgebung (in Abb. 2-1 als ‚Real Environment‘ bezeichnet) entkoppelt [11, S. 14].

## 2.2 Potenziale und Einsatzzwecke

Das Bestehen einer neuen Technologie am Markt hängt unter anderem auch mit den Potenzialen zusammen, die mit dieser neuen Methode einhergehen. Im Kontext dieses Beitrags sollen VR und AR zunächst als immersive Technologien gleichwertig betrachtet werden, wenn auch beide

Technologien Potenziale oder Vorteile gegenüber der jeweils anderen Technologie bieten. Wie Davila Delgado et. al. in einer Studie verdeutlicht haben, existieren bei sechs betrachteten Use Cases marginale bis große Unterschiede bei der potenziellen Implementierung der jeweiligen Technologien. Im Bereich der Schulungen von Mitarbeitenden, etwa der Assemblierung bestimmter Teile [15, S. 21], oder der innerbetrieblichen Sicherheitsunterweisung [17, S. 31f.] wird ein erhöhter Einsatz der VR gegenüber der AR erkannt [18, S. 4]. Hieraus lassen sich Vorteile der VR-Technik im Bereich der Schulungen ableiten und die weitere Verbreitung erklären. Unterstützt wird diese These durch die Möglichkeit, zu schulende Personen(-gruppen) in einem hohen Grad der Immersion in Themengebiete einzubinden, sodass der Lerneffekt (aktives Lernen) gegenüber konventionellen Schulungen deutlich höher ist [17, S. 31f.].

Bei den weiteren Einsatzbereichen nach Davila Delgado et. al. stechen besonders die Kontrolle und das Management von bestehenden Anlagen hervor. Laut der Studie wird dort nur ein geringer Unterschied in der jeweiligen Verbreitung von VR und AR gesehen, was auf gleichmäßig verteilte Vorteile oder keinen besonderen Nutzen dieser beider Technologien in diesem Bereich hindeuten könnte [18, S. 4].

Eine große Diskrepanz zwischen beiden Technologien lässt sich dabei während der digitalen Planung eines Bauprojekts ableiten. Dabei ist VR gegenüber der Planung mit AR weiter verbreitet. Dies lässt sich unter anderem ebenfalls durch das ‚Eintauchen‘ (vgl. Kapitel 2.1) und damit das verbesserte Verständnis der verschiedenen Stakeholder des Bauprojekts erklären [19, S. 2f.]. Nach der Studie von Davila Delgado et. al. zeichnet sich VR allgemein durch eine weite Verbreitung aus [18, S. 4]. Dies könnte sich allerdings bereits durch die relativ weite und frühere Verbreitung preiswerter VR-HMDs im Vergleich zu professionell einsetzbaren AR-HMDs erklären lassen (vgl. hierzu Kapitel 1).

### **3 Bridge the Gap – Virtuelle Planung und digitales Bauen**

#### **3.1 Status quo: Datenbruch zwischen Planung und Ausführung sowie verschiedene Insellösungen**

Nachfolgend wird der aktuell konventionelle Planungsprozess im Bauwesen nach Helm [20, S. 67] als Grundlage für die weiteren Ausführungen hinsichtlich des Einsatzes digitaler Methoden und Infrastruktur erläutert. Es existiert in vielen Bauunternehmen zumeist bereits eine Art Datenbank-/Server-Struktur, mithilfe dessen das digital erstellte, dreidimensionale Modell intern für jeden zugänglich abgelegt werden kann. Dieses 3D-Modell bildet u. a. die Grundlage für Visualisierungen – sowohl im konventionellen Prozess als auch bereits mithilfe immersiver Technologien. Änderungen am Modell können jederzeit erfolgen und werden ebenfalls jeweils in diese Datenbank eingespielt.

Dies sind zwar Lösungsansätze, um mit einer einheitlichen Datenbank zu arbeiten. Allerdings sind diese in der Regel bislang ‚Insellösungen‘, die sich meist eher nicht für eine durchgehende Kollaboration mehrerer Beteiligter (etwa von unterschiedlichen Unternehmen) eignen. Spätestens, sobald die Planunterlagen Ausführungsreife erreicht haben, wird diese anfängliche digitale Prozesskette durch das Ausdrucken der Pläne (Ausgabe an die Fachkräfte zumeist in 2D) unterbrochen [20, S. 67]. Notwendige Änderungen, die sich während der Ausführung der Bauaufgabe in situ ergeben, werden oftmals nicht mehr in das digitale Modell übertragen, sondern bspw. handschriftlich in den Plänen festgehalten und bestenfalls als Anmerkung in die digitalen 2D-

Unterlagen übernommen. Es kommt somit zu einem Bruch in der digitalen Prozesskette, sodass eine durchgängige Planung und Ausführung nicht umgesetzt werden kann.

### 3.2 Exemplarische Anwendung in der Praxis

Am Markt existiert eine Vielzahl unterschiedlicher (Software-) Anbieter, die zumeist ihren eigenen (Nischen-) Ansatz verfolgen und sich demzufolge nicht als kollaboratives Bindeglied zwischen VR und AR verstehen. Beispielhaft seien hier das Tool VRex (kollaborative VR-Baubesprechungen) [21, o. S.], CMC ViewR (VR-basierte Möglichkeit von echtzeitbasierten Änderungen an BIM-Modellen) [22, o. S.] oder Trimble MR (AR-basierte Möglichkeit der Skalierung von BIM-Modellen an die eigene Umgebung) [23, o. S.] zu nennen. Dennoch hat auch der Markt diese Lücke bereits erkannt.

Einen interessanten Ansatz verfolgt das australische Start-up ‚Fologram‘, welches ein (Software-) Produkt anbietet, das eine Echtzeitübertragung der Modellierungssoftware Rhino in eine AR-Umgebung über die Microsoft HoloLens 2 anbietet. Auf diese Art kann eine Vorschau des jeweiligen Rhino-Modells in die reale Umgebung projiziert werden, wobei einseitige Änderungen am Modell in Rhino in Echtzeit auf das AR-Modell übertragen werden [24, o. S.]. Diese Technologie erfüllt zwar bislang ebenfalls nicht die Anforderungen für die gewünschte Interoperabilität zwischen verschiedenen Bausoftwarelösungen. Allerdings erfüllt diese Möglichkeit – nach Meinung der Autoren – die Charakteristik einer kabellosen und interaktiven Echtzeit-Abbildung des Modells, was in die richtige Richtung im Sinne einer durchgängigen Nutzung digitaler Modelle zur Ausführung führt. Das digitale Modell kann auf diese Art über die Planung hinaus bis in die Phase der Ausführung genutzt werden. Weitere Beispiele für Software, die über das Standard-Repertoire der zu Beginn genannten Anwendungen hinausgeht, existieren bislang kaum. Dabei deuten sich besonders für die Bauwirtschaft bei einer Abkehr von Insellösungen im Zuge der Digitalisierung große Potenziale an [4, S. 5].

#### Insellösungen

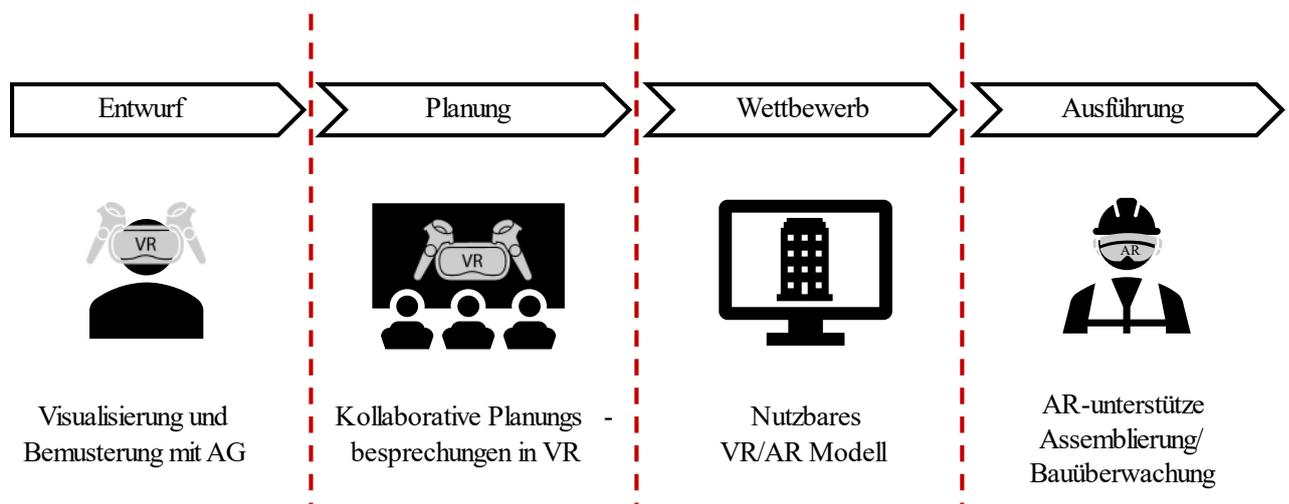


Abb. 3-1: Verdeutlichung beispielhafter Insellösungen in den verschiedenen Projektphasen [Eigene Darstellung]

### **3.3 Zieldefinition: Digitale Durchgängigkeit von der virtuellen Planung bis zur digitalen Ausführung**

Die Methode Building Information Modeling (BIM) nimmt einen immer größer werdenden Stellenwert in der Bauwirtschaft ein. Spätestens, seitdem mit dem „*Masterplan BIM*“ [25, S. 1] erneut eine verpflichtende Einführung von BIM für alle Arten von Bundes-(hoch-)bauten verkündet wurde [25, S. 14], werden die Zweifel gegenüber der Einführung der Methode BIM in der Bauwirtschaft kleiner und die Anwendungsrate steigt kontinuierlich. Nach der BIM-Monitor-Umfrage aus dem Jahre 2022/23 arbeitet ein Fünftel der Unternehmen mit der Methode BIM, davon wiederum 41,5 % direkt mit einem digitalen Zwilling des Bauprojekts [26, o. S.].

Vor dem Hintergrund dieser aufstrebenden Nutzung von BIM und der digitalen Zwillinge der Bauprojekte ließe sich die Integration immersiver Technologien in weitere Bereiche, als die bislang genutzten Visualisierungen, erreichen [19, S. 1f.]. Beispielsweise könnte die VR-Technologie durch Planer genutzt werden, um das dreidimensionale Modell besser verstehen und Detail-Änderungen direkt im Modell vornehmen zu können. AR kann dagegen etwa genutzt werden, diese bislang rein virtuellen Objekte in verschiedenen Phasen der Bauausführung direkt auf dem späteren Baufeld anzuzeigen, um drohende Fehler oder Probleme bei der Ausführung möglichst frühzeitig zu erkennen und zu minimieren [18, S. 5]. Diese Prozesse sollten jedoch nicht losgelöst voneinander stattfinden, sondern sich auf einen klar definierten Stand eines Modells beziehen, der kollaborativ bearbeitet werden kann (vgl. Abb. 3-1). Auf diese Art können Änderungen aus der VR oder AR bei Bedarf in Echtzeit in das jeweils andere System übertragen und dort ebenfalls direkt für anstehende Änderungen des Bauentwurfs oder etwa für den direkten und produktiven Einsatz vernetzter und teilautonomer Baugeräte genutzt werden [27, S. 195].

Als mögliche Definition der technischen Voraussetzungen kann aufseiten der Hardware ein anschauliches Beispiel bei einem vergleichsweise neuen VR-HMD, der Apple Vision Pro, beobachtet werden. Technisch gesehen besitzt das VR-HMD die Funktionalität, die Umgebung nahezu verzerrungsfrei und in Echtzeit anzuzeigen [28, S. 3]. Somit versteht sich dieses Gerät als Teil des von Apple neu definierten Begriffs des „*Spatial Computing*“ [29, S. 1] und somit einer nicht näher definierten Unterform der Extended Reality (vgl. Abb. 2-1). Solche Mischformen an Geräten könnten ebenfalls für einen Durchbruch im Bereich der Software sorgen, da erstmals ein einzelnes HMD für alle immersiv zu absolvierenden Aufgaben (bislang sowohl als VR als auch AR bezeichnet) genutzt werden kann. Somit könnten die Nutzer mit einem einzelnen Gerät auskommen [29, S. 2f.]. Allerdings sind für diese neue Form an Geräten – neben der gerätespezifischen schwierigen weltweiten Verfügbarkeit – nur ausgewählte, im Arbeitsalltag produktiv nutzbare, Software/Apps vorhanden [30, S. 2].

### **3.4 Das Digital Engineering Center der digitalen Baustelle**

Um den steigenden Anforderungen an die Baubranche gerecht werden zu können, bedarf es einer konsequenten Forschung und möglichst praxisnaher Erprobung solcher neuen Technologien im Bausektor. Mithilfe einer Finanzierung durch die ‚Europäischen Fonds für regionale Entwicklung‘ (EFRE) wird an der Technischen Universität Braunschweig derzeit die Aufnahme der Forschungstätigkeiten für die Betriebsphase der *Digitalen Baustelle – Bauindustrie 4.0* vorbereitet. Die digitale Baustelle der TU Braunschweig und der beteiligten Institute IBB (Institut für Bauwirtschaft und Baubetrieb), IGP (Institut für Geodäsie und Photogrammetrie), ITE (Institut für

Tragwerksentwurf) und iBMB (Institut für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz) ermöglicht zukünftig eine solche praxisnahe Erprobung. Die Zusammenarbeit dieser Institute mit der einhergehenden Verzahnung der verschiedenen fachlichen Schwerpunkte ermöglicht eine Erforschung möglicher Strategien einer digitalen Bauproduktion. Dabei übernimmt jedes teilnehmende Institut einen einzelnen Schwerpunktbereich, etwa den Beton-3D-Druck, laser- und kamerabasiertes Tracking als Teil der Vermessung und immersive Technologien (VR/AR).



*Abb. 3-2: Verknüpfter Einsatz von Powerwall und VR-HMD mit zwei Personen am gleichen IFC-Datenmodell [Eigene Abbildung]*

Die Beschaffung im Bereich der immersiven Technologien (Digital Engineering Center) umfasste dabei primär Produkte, die derzeit im konventionellen Kontext nicht für durchgehende Arbeitsabläufe in Bauprozessen eingesetzt werden, allerdings als Möglichkeit der Verstärkung vorhandener Digitalisierungsansätze im Bauwesen genutzt werden können. Dies gilt es anhand dieser beschafften Ausrüstung zu untersuchen (vgl. nachfolgende Darstellung). Der Begriff ‚dependent‘ steht in diesem Kontext für die Abhängigkeit des Geräts zu externer Hardware [31, o. S.]. Die Geräte können somit nicht ohne externen Computer als Signalgeber genutzt werden.

Beschaffung	Symbolbild	Mögliche Anwendung für digitale Bauproduktion
3D-fähige LED-Powerwall (dependent)		Einsatzbesprechungen am Ort der Bautätigkeiten, bei denen mehrere Teilnehmer den gleichen (3D-) Blickwinkel auf Bauwerke und Bauteile haben und unter Zusammenwirkung etwa den nächsten Einsatz des 3D-Druckers planen können.

VR-HMD  
(dependent)



VR-HMD  
(standalone)



AR-HMD  
(standalone<sup>1</sup>)



AR-Tablet  
(standalone<sup>1</sup>)



Ergänzt die Powerwall lokal um einen Teilnehmer, der sich individuell und losgelöst von den anderen Teilnehmern bewegen kann. Dieser kann etwa den Nutzern der Powerwall entdeckte Probleme aufzeigen oder gewünschte Anpassungen direkt vornehmen.

Über dieses ortsungebundene HMD kann der Nutzer kollaborativ mit den anderen Teilnehmern an Powerwall und HMD zusammenarbeiten. So kann etwa ein Projektverantwortlicher ohne physische Anwesenheit auf der Baustelle unterstützend eingreifen.

Dieses HMD kann genutzt werden, um digitale Entwürfe oder die bereits fertig entwickelten Modelle direkt 1:1 an dem Ort der späteren Erstellung mit der physischen Realität zu verknüpfen und so Ungereimtheiten (etwa unzureichende Logistikflächen) ausmachen zu können. Bei einem solchen Fehler kann beispielsweise über die Brille direkt mit einem Verantwortlichen Kontakt aufgenommen werden und diese können Anmerkungen in das Sehfeld des Nutzers übertragen.

Zusätzlich zu dem AR-HMD können hiermit direkt auf der Baustelle AR-Modelle verortet und Kontakt zu weiteren Projektbeteiligten aufgenommen werden.

Tab. 3-1: Vorhandene Hardware und mögliche Anwendungsfälle der Immersion in einer digitalen Bauproduktion [Bilder v.o.n.u.: [eigene Abb.], [32, o. S.], [33, o. S.], [34, o. S.], [35, o. S.]]

An dieser Stelle sei zudem eine mögliche Teillösung zur Überwindung des in Kapitel 3.5.2 beschriebenen Datenbruchs genannt, die im Rahmen der digitalen Baustelle weiter untersucht werden soll: proprietäre Dateiformate und branchen-/herstellerübergreifende Austauschplattformen (wie das „bimexchange“ (BXF)-Dateiformat [36, S. 32]). Das offene Datenformat .ifc als Ergebnis der „openBIM“-Initiative [37, o. S.] von buildingSMART International kann hier positiv hervorgehoben werden. Hiermit wird ein offener Standard bereitgestellt, den alle Hersteller von BIM-Software für die übergreifende Interoperabilität nutzen können [37, o. S.]. Zwar kann dieser Standard bei Weitem nicht von jeder Software in dem gleichen Umfang verarbeitet werden [18, S. 13], aber Gründungen von gemeinnützig agierenden Initiativen und offenen Standards können für eine anbieterunabhängige Entwicklung nur begrüßt werden. Die Bedeutsamkeit stabiler und verlässlicher Open-Source-Standards und -Quellen soll an dieser Stelle nur kurz besonders erwähnt werden [38, S. 1f.]. Daneben wird die vorteilhafte Nutzung von (zumeist für Endverbraucher ausgerichteten) HMD-Hardware im industriellen Umfeld untersucht [39, S. 7].

Herausforderungen bei einer durchgängigen Nutzung immersiver HMD-Technologien im Planungs- und Bauprozess

Die Unternehmenslandschaft der Bauwirtschaft ist traditionell geprägt von vielen kleinen und mittelständischen Betrieben, die gleichzeitig den größten Anteil am Umsatz der Branche erwirtschaften [40, o. S.]. Änderungen am Bauprozess setzen sich unter anderem durch diese Diversität der Unternehmensgrößen und -strukturen nur langsam durch. Damit sich neue Technologien, wie der Einsatz von VR oder AR, langfristig durchsetzen können, sollte einerseits eine anwenderfreundliche Marktreife vorliegen. Andererseits sollten monetäre Vorteile (z. B. durch Fehlerminimierung oder Produktivitätszuwachs) nachgewiesen sein. Auf diese Art kann auch für kleine und mittelständische Bauunternehmen der Anreiz erhöht werden, diese Technologien zu nutzen, da keine eigenen Kapazitäten für die Software-Entwicklung zur Realisierung dieser Vorteile benötigt werden [41, S. 1f.]. Durch eine solche anwendungsbezogene Reife der Technologie würde das notwendige Investitionsvolumen aufseiten der Baufirmen ebenfalls deutlich geringer ausfallen. Bislang bestehen jedoch, neben diesen wirtschaftlichen Hürden, zusätzlich technische sowie soziale Herausforderungen.



Abb. 3-3: VENN-Diagramm ausgewählter wirtschaftlicher/technischer/sozialer Herausforderungen [Eigene Darstellung]

### 3.5 Soziale Herausforderungen

Die sozialen Herausforderungen umfassen hier einerseits die, primär bei Nutzung der Virtual Reality, möglicherweise auftretenden menschlichen (Sinnes-)Einschränkungen, die beim Nutzer zu einem Unwohlsein und einem Wunsch nach einem schnellen Absetzen des HMD/Ausstieg aus der VR führen können [42, S. 2]. Andererseits kann ein Teil der Lösung die Schulung des Umgangs mit und regelmäßige Nutzung von diesen Technologien sein. Im konventionellen Baualltag spielen diese Technologien bislang keine gehobene Rolle, wie auch bereits in Kapitel 1 aufgezeigt [15, S. 2]. Schulungen und die Lehre an Hochschulen und Universitäten können ihren Teil zu einer weiteren Verbreitung und Nutzung beitragen und werden daher in diesem Kapitel kurz aufgegriffen.

### 3.5.1 VR-basierte Sinneseinschränkungen

Ein hemmender Faktor bei einem Einsatz von HMDs kann bspw. eine Unverträglichkeit auf das Wohlbefinden des Nutzers sein. Zu diesem Unwohlsein zählt die bereits auf einem breiteren Grade bekannte „*Motion Sickness*“ [43, 93f.], auch „*VR sickness*“ [44, 1] oder „*Cybersickness*“ [11, S. 68] genannt. Hierbei können hauptsächlich, aber nicht nur, bei einem Einsatz eines VR-HMD Schwindel und Übelkeit auftreten. Diese entsteht durch neuronale Differenzen im Bewegungsablauf durch ausbleibende oder verzögerte Reaktionen des optischen Outputs des HMD auf physische Eingaben des Nutzers [43, S. 93]. Eine aktuelle Studie zeigt, dass sich der Einfluss der Motion Sickness nicht etwa an grundlegenden Merkmalen wie dem Geschlecht oder der Erfahrung der Studienteilnehmer mit Videospiele bemisst. Vielmehr haben kognitive Unterschiede und die von Mensch zu Mensch unterschiedliche Umweltwahrnehmung einen Einfluss darauf, inwieweit VR sickness auftritt [45, 1f.].

Nicht nur Schwindel und Übel, sondern auch weitere Einschränkungen der menschlichen Sinne sind durch den Einsatz von HMD beobachtbar. Es besteht ein bemerkenswerter Unterschied zwischen dem natürlichen Sehprozess eines Menschen und der aktuell technisch möglichen Sicht in die VR mithilfe eines HMD: Bei einer Fokussierung in einem natürlich geprägten Umfeld stellt sich das Auge in zweierlei Hinsicht auf das jeweilige Objekt ein. Die „*Vergenz*“ [46, S. 1], eine leichte horizontale Drehung des Auges in Fokusrichtung, sorgt für eine stereoskopische Sicht. Die „*Akkommodation*“ [46, S. 1] korreliert mit der Vergenz in der Hinsicht, dass sich die Linsen im Auge muskulär auf die Entfernung zum Objekt einstellt. Durch eine Kombination dieser beiden Effekte ist dem Menschen ein entsprechend scharfes Sehen auf einer unendlich großen Anzahl an räumlichen Ebenen möglich [46, 1ff.]. Da aktuelle HMD technisch nur Linsen mit einem dauerhaft eingestellten Fokuspunkt in etwa zwei Metern Entfernung bieten, fehlen den Augen die Tiefeninformationen. Hierdurch können sich diese nicht gleichmäßig auf Objekte in größerer Entfernung einstellen. Dabei werden die beschriebenen natürlichen Prozesse gestört und es tritt der sogenannte „*Vergenz-Akkommodations-Konflikt*“ [46, S. 1] auf. Dieser kann je nach Ausprägung und Veranlagung, ähnlich der Motion Sickness, zu Übelkeit, Kopfschmerzen und schnell ermüdenden Augen führen [46, S. 1].

### 3.5.2 Aktuelle Weiterbildungsangebote für VR und AR

Wissen muss zunächst vermittelt werden, bevor es angewandt werden kann. Daher ist die Integration von VR und AR in die handwerkliche Ausbildung sowie in den Lehralltag an Hochschulen und Universitäten der erste wichtige Schritt, wenn diese Technologien in den Unternehmen und den Arbeitsalltag eines jeden Einzelnen ankommen sollen. Dies ist vorrangig langfristig wichtig, da sich bereits seit einiger Zeit abzeichnet, dass sich die Anforderungen der modernen Arbeitswelt weg von der rein körperlichen Arbeit hin zu komplexen, geistig anspruchsvollen Aufgaben entwickeln werden [47, S. 8]. Im Jahr 2023 gaben in einer Bitkom-Studie 31 % der Befragten an, dass sie sich einen Einsatz von AR bei Trainings oder Schulungen vorstellen können. Dies war nach Einsätzen auf Messen (Platz 1) und Online-Shopping (Platz 2) damit Platz 3 der genannten Einsatzbereiche für AR, [7, S. 22]. Auf Seite der VR gaben in der o.g. Studie 13 % an, dass Bildungs- und Lernprojekte ein beliebtes Einsatzszenario für VR seien [7, S. 21].

Es bieten sich für VR- als auch AR-Technologien jeweils Einsatzbereiche im Bereich der Weiterbildung und Schulung an Hochschulen und in Bauunternehmen an, beide mit leicht anderen Schwerpunkten [48, S. 2]. Während sich bei konventionellen Präsenz- oder Online-Schulungen durch

Überforderung oder Ablenkung die Aufmerksamkeit der Teilnehmenden verringern kann, bietet VR erstmals das vollständige ‚Eintauchen‘ (vgl. Kapitel 2.1) in realitätsgetreu nachgebildete spätere Arbeitsprozesse. Die Vermittlung neuer Lehrinhalte lässt sich so plastischer gestalten [17, S. 31]. Die VR-Umgebung bietet dabei eine höchst verständliche und bei (ersten) Fehlern gleichzeitig folgenlose Möglichkeit, sich mit neuen Umgebungen, Bedienungen und Möglichkeiten auseinanderzusetzen. Es kann somit ‚mal ausprobiert‘ oder absichtlich Fehler provoziert werden, ohne dass der zu Schulende Nachteile befürchten muss [49, S. 188]. So kann sich eine Sicherheit im Umgang mit durch VR bekannten Situationen einstellen, die bei Notwendigkeit ohne große Schwierigkeiten in die Realität übertragen werden kann. Hierzu gehört ebenfalls die Kenntnisnahme und das ‚Erleben‘ anderer Perspektiven, die normalerweise nicht das eigene Arbeitsfeld betreffen [50, S. 188].

### 3.6 Technische Herausforderungen

Neben dem generellen Hindernis einer dauerhaft zuverlässigen Internetverbindung (in temporären Baustellenumgebungen) existiert eine Vielzahl an unterschiedlicher Software mit unterschiedlichem Leistungsumfang und Anforderungen an Dateiformate. Hierdurch kommt es häufiger zu Daten-/Prozessbrüchen. Vor allem bei der Interoperabilität zwischen VR und AR existiert bislang keine automatische Abgleichmöglichkeit auf dem Softwaremarkt [18, S. 5f.]. Dies lässt sich unter anderem daran erläutern, dass es derzeit keinen Anbieter gibt, der sowohl eine durchgehende Bearbeitung per VR als auch AR technisch bereitstellen kann. Vielmehr muss je nach Anwendungsfall zwischen unterschiedlichen Anbietern gewechselt werden, was händische Export- und Import-Vorgänge für den Nutzer bedeutet. Zudem können, je nach Implementierung der jeweiligen Ex- und Importfunktionen, durch diese notwendigen Zwischenstände Informationen verloren gehen, da nicht jede Software die gleichen Datenformate nutzt [18, S. 13].

Die Hardware-Leistung von HMD und anderen Formen der mobilen Immersion (etwa AR per Smartphone/Tablet) steigt durch die Weiterentwicklung der mobilen Hardware kontinuierlich an. Standalone-VR-Headsets etwa nutzen zumeist Hardware, die auch in leistungsfähigen Smartphones und Tablets verbaut wird. Der Leistungsvergleich mobiler VR-Brillen zeigt daher, dass standalone-VR-HMDs innerhalb der letzten Jahre von Version zu Version analog zu den Smartphones große Leistungssprünge vollzogen haben und sich grundsätzlich in Richtung der Leistungsfähigkeit von konventioneller PC-Hardware entwickeln [51, o. S.]. Durch die steigende Rechenleistung ist eine Verlagerung von immer mehr Schritten direkt auf das HMD möglich, was Abhängigkeiten zu stationärer Hardware oder einem schnellen Internetzugang verringert und so die Nutzung im Bereich von Bauprojekten vereinfachen kann. Allerdings sind derzeit weiterhin technische Einschränkungen der theoretisch in VR/AR umsetzbaren Arbeits- und Ausführungsprozesse zu beobachten, auf die mit entsprechenden Limitationen der Software reagiert werden muss [48, S. 3].

Für die dauerhaft angenehme Nutzung eines HMD ist es wichtig, die Diskrepanz der visuellen Eindrücke und den physischen Bewegungen des Nutzers zu minimieren. Hierfür kommen verschiedene Methoden infrage. Da der technologische Stand aufseiten der Hardware der HMD derzeit fest vorgegeben ist, lässt sich eine schnell umsetzbare Verbesserung am ehesten über entsprechende Anpassungen auf der Software-Seite erreichen [48, S. 3]. Gerade das Unwohlsein bei schnellen Bewegungen (vgl. Kapitel 3.5) lässt sich in der Software über vergleichsweise einfache, standardmäßige Anpassungen vermeiden, beispielsweise durch eine bewusste Einschränkung des

Sichtfelds des Nutzers [44, S. 4]. Zugleich erfordert das Arbeiten mit datenintensiven Bauwerksmodellen vordergründig im Bereich des Bauwesens (vgl. BIM) eine immer höhere Rechenleistung, speziell um die Latenzzeiten des HMDs gering zu halten und damit einen großen positiven Einfluss auf das Wohlbefinden des Nutzers auszuüben [11, S. 69].

### **3.7 Wirtschaftliche Herausforderungen**

Ein Aspekt, der potenziell interessierte Unternehmen vor dem Einstieg in die immersiven Technologien abhält, können wirtschaftliche Bedenken sein. Die Beschaffung des immersiven Zubehörs (vgl. hierzu etwa die Beispiele in Kapitel 3.4) verursacht alleine aufseiten der Hardware hohe Kosten [15, S. 11]. Hinzu kommen die inzwischen meist in Abonnementform laufenden Lizenzgebühren für diverse Software. Schwieriger zu kalkulieren und ggf. noch gravierender bei einer Gesamtkostenbetrachtung ist der Aufwand für die Entwicklung und Einführung neuer Prozesse einschließlich des Aufwands für die Mitarbeitenden, die die Technologie für ihren eigenen Anwendungsfall (weiter-) entwickeln (müssen). Zusätzlich werden in vielen Fällen auch allgemeine Schulungen für die Mitarbeitenden notwendig sein [15, S. 11]. Die Kosten für die Schulung sowie die dabei entstehenden Opportunitätskosten gilt es bei der Entscheidung über einen Einstieg in immersiver Technologien zu berücksichtigen. Dabei sind aussagekräftige Untersuchungen zu den vermeintlich rein positiven Auswirkungen von immersiven Technologien auf die Arbeitsproduktivität bislang nicht in ausreichendem Maße vorhanden [52, S. 487].

## **4 Zusammenfassung und Ausblick**

Die (nahtlose) Integration der Immersion in die Bauwirtschaft kann eine der Schlüsseltechnologien für das Bauwesen sein. Das immersive Planen und Bauen bietet die Chance, dass der Bruch der digitalen Datendurchgängigkeit – sowie damit einhergehenden Produktivitätseinbußen – verringert oder gänzlich entfallen könnte. Für eine schnellere Verbreitung von immersiven Technologien im Bauwesen bestehen derzeit jedoch noch soziale, technische und wirtschaftliche Hemmnisse, die im Rahmen dieses Beitrags aufgezeigt wurden. Zu diesen gehören u. a. die erforderliche Weiterbildung in der Lehre, technische Hürden in der Soft- und Hardware-Kompatibilität, negative Auswirkungen des dauerhaften Einsatzes auf das Wohlbefinden der Nutzer oder fehlende Best Practice Beispiele. Neben den sich aus dieser Digitalisierung ergebenden Chancen sowie möglichen Hemmnisse für die Einführung eines durchgehenden digitalen Prozesses, existiert eine Bandbreite weiterer Anforderungen und Abwägungen, die in dieser Ausarbeitung nicht behandelt werden können. Ethisch/moralische Fragen, wie die Möglichkeit der dauerhaften Aufzeichnungen des Sichtfelds und sonstiger Nutzungsdaten des Trägers eines HMD, oder Aspekte des Datenschutzes beim Umgang mit vertraulichen Dokumenten in cloudbasierte Software konnten nicht mit aufgenommen werden [48, S. 5]. Gegenstand zukünftiger Untersuchungen bleibt zudem die digitale Datendurchgängigkeit außerhalb der Planung und Ausführung. Etwa, wenn das Bauunternehmen seine Arbeit abgeschlossen hat und Unterlagen an den Nutzer und/oder einen eventuellen externen Facility-Manager bereitstellen möchte. Das Ziel sollte auch hier die vollständige Durchgängigkeit sein, da Papier-basierte Dokumente zu einem Datenbruch bei der Übergabe an den neuen Akteur führen werden [53, S. 2f.]. Daher soll die in Kapitel 3.4 eingeführte digitale Baustelle langfristig als Grundlage und Learning Lab für diese Problemstellungen und Prozesse eingesetzt werden.

## 5 Literaturverzeichnis

- [1] Hauptverband der deutschen Bauindustrie e. V. "Produktivität im Bau(haupt)gewerbe: Ein statistischer Befund." Zugriff am: 20. April 2024. [Online.] Verfügbar: [https://www.bauindustrie.de/fileadmin/bauindustrie.de/Zahlen\\_Fakten/BrancheninfoBau/221102\\_BIB\\_-\\_Produktivitaet\\_im\\_Bau\\_haupt\\_gewerbe.pdf](https://www.bauindustrie.de/fileadmin/bauindustrie.de/Zahlen_Fakten/BrancheninfoBau/221102_BIB_-_Produktivitaet_im_Bau_haupt_gewerbe.pdf)
- [2] S. Pfeiffer, *Digitalisierung Als Distributivkraft: Über das Neue Am Digitalen Kapitalismus*, 1. Aufl. (X-Texte Zu Kultur und Gesellschaft Series). Bielefeld: transcript Verlag, 2021. [Online.] Verfügbar unter: <https://ebookcentral.proquest.com/lib/kxp/detail.action?docID=30386339>
- [3] Zukunftsinstitut GmbH. "Die neue Zukunftsforschung: Erkenntnisse und Methoden für das 21. Jahrhundert." Zugriff am: 1. Juli 2024. [Online.] Verfügbar: <https://www.zukunftsinstitut.de/zukunftsthemen/die-neue-zukunftsforschung>
- [4] Denis Feth, Thomas Jeswein, Stefanie Ludborzs, "Studie: Stand der Digitalisierung in der Baubranche," *Fraunhofer IESE*, 12. Mai 2023. Zugriff am: 25. April 2024. [Online.] Verfügbar: <https://www.iese.fraunhofer.de/blog/digitalisierung-baubranche-studie/>
- [5] B. Poetker. "A Brief History of Augmented Reality (+ Future Trends & Impact)." Zugriff am: 20. April 2024. [Online.] Verfügbar: <https://www.g2.com/articles/history-of-augmented-reality>
- [6] R. Bocksch, "VR-Gaming hat enormes Marktpotenzial," *Statista*, 23. Februar 2022. Zugriff am: 24. März 2024. [Online.] Verfügbar: <https://de.statista.com/infografik/26907/geschaetzter-umsatz-mit-vr-gaming/>
- [7] S. Klöß und M. Erbach, "Die Zukunft der Consumer Technology – 2023: Marktentwicklung | Metaverse | AR & VR | Streaming & TV | Gaming," Berlin, 2023. Zugriff am: 24. März 2024. [Online.] Verfügbar unter: <https://www.bitkom.org/Bitkom/Publikationen/Studie-Die-Zukunft-der-Consumer-Technology-2023>
- [8] Cornelsen Verlag GmbH. "Stand-alone-Gerät." Zugriff am: 1. Juli 2024. [Online.] Verfügbar: [https://www.duden.de/rechtschreibung/Stand\\_alone\\_Geraet](https://www.duden.de/rechtschreibung/Stand_alone_Geraet)
- [9] J. Janssen, "Oculus Quest ausprobiert: Auf dieses Headset hat die VR-Welt gewartet," *heise online*, 11. Januar 2019. Zugriff am: 25. April 2024. [Online.] Verfügbar: <https://www.heise.de/news/Oculus-Quest-ausprobiert-Auf-dieses-Headset-hat-die-VR-Welt-gewartet-4271335.html>
- [10] K.-S. Schulte und N. Veltkamp, "Die Digitalisierung des Handwerks," Berlin, 2022. Zugriff am: 24. März 2024. [Online.] Verfügbar unter: [https://www.bitkom.org/sites/main/files/2022-07/BitkomZDH\\_DigitalisierungHandwerk\\_Charts.pdf](https://www.bitkom.org/sites/main/files/2022-07/BitkomZDH_DigitalisierungHandwerk_Charts.pdf)
- [11] R. Dörner, W. Broll, P. Grimm und B. Jung, Hg. *Virtual und Augmented Reality (VR/AR): Grundlagen und Methoden der Virtuellen und Augmentierten Realität*, 2. Aufl. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2019. [Online.] Verfügbar unter: <http://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:bsz:31-epflicht-1488297>

- [12] J. Buchner und D. Aretz, "Lernen mit immersiver Virtual Reality: Didaktisches Design und Lessons Learned," *MedienPädagogik*, Jg. 17, Jahrbuch Medienpädagogik, S. 195–216, 2020. doi: 10.21240/mpaed/jb17/2020.05.01.X. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.medienpaed.com/article/view/794>
- [13] J. O. Löffken, "Neues Haptik-System: Es kommt ohne Elektroden auf der Handinnenseite aus," *heise online*, 05. Mai 2023. Zugriff am: 20. Februar 2024. [Online.] Verfügbar: <https://www.heise.de/hintergrund/Neues-Haptik-System-Es-kommt-ohne-Elektroden-auf-der-Handinnenseite-aus-8987262.html>
- [14] V. Schmücker, "Untersuchung des Nutzens haptischer Technologie zur Unterstützung von Virtual Reality Psychotherapie," Dissertation, Siegen, Universität Siegen, 2023 und Deutsche Nationalbibliothek. [Online]. Verfügbar unter: <https://portal.dnb.de/opac/simpleSearch?&cqlMode=true&query=num=1416471207>
- [15] J. M. Davila Delgado, L. Oyedele, T. Beach und P. Demian, "Augmented and Virtual Reality in Construction: Drivers and Limitations for Industry Adoption," *J. Constr. Eng. Manage.*, Jg. 146, Nr. 7, 2020, Art. Nr. 04020079, doi: 10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0001844.
- [16] M. Knoll und S. Stieglitz, "Augmented Reality und Virtual Reality – Einsatz im Kontext von Arbeit, Forschung und Lehre," *HMD*, Jg. 59, Nr. 1, S. 6–22, 2022. doi: 10.1365/s40702-022-00840-5. [Online]. Verfügbar unter: <https://link.springer.com/article/10.1365/s40702-022-00840-5>
- [17] A. Schwanke und G. Torcoli, "Einsatz von Virtual Reality im Arbeitsschutz," *DGUV Forum*, Nr. 3, 2022. [Online]. Verfügbar unter: <https://forum.dguv.de/ausgabe/3-2022/artikel/einsatz-von-virtual-reality-im-arbeitsschutz>
- [18] J. M. Davila Delgado, L. Oyedele, P. Demian und T. Beach, "A research agenda for augmented and virtual reality in architecture, engineering and construction," *Advanced Engineering Informatics*, Jg. 45, 2020, doi: 10.1016/j.aei.2020.101122.
- [19] A. Z. Sampaio, "4D/BIM model linked to VR technology," in *Proceedings of the Virtual Reality International Conference - Laval Virtual 2017*, Laval France, 2017, S. 1–4, doi: 10.1145/3110292.3110298.
- [20] V. Helm, "In-situ-Fabrikation: neue Potenziale roboterbasierter Bauprozesse auf der Baustelle: Doctoralthesis," Kunsthochschule für Medien Köln. [Online]. Verfügbar unter: <https://e-publications.khm.de/frontdoor/index/index/docId/3>
- [21] Vixel. "Howitworks." Zugriff am: 15. März 2024. [Online.] Verfügbar: <https://www.vrex.no/howitworks/>
- [22] CMC ENGINEERS GMBH. "CMC ViewR - Virtual Reality." Zugriff am: 18. April 2024. [Online.] Verfügbar: <https://www.cmc-viewr.de/de>
- [23] Trimble Inc. "Mixed Reality und 3D-Visualisierung." Zugriff am: 15. März 2024. [Online.] Verfügbar: <https://fieldtech.trimble.com/de/products/mixed-reality-visualization>

- [24] Fologram Pty Ltd. "Fologram Docs: Get help working with Fologram for the first time, master the basics and dive into examples." Zugriff am: 18. April 2024. [Online.] Verfügbar: <https://docs.fologram.com/>
- [25] "Masterplan BIM für Bundes(hoch)bauten," *Bundesministerium des Innern und für Heimat*, 02. November 2023. Zugriff am: 20. April 2024. [Online.] Verfügbar: <https://www.bmi.bund.de/SharedDocs/downloads/DE/veroeffentlichungen/2021/10/masterplan-bim.html>
- [26] VDI Fachmedien GmbH & Co. KG. "5 Kennzahlen zur BIM-Nutzung in Deutschland." Zugriff am: 20. April 2024. [Online.] Verfügbar: <https://www.ingenieur.de/fachmedien/bauingenieur/special-digitalisierung/5-kennzahlen-zur-bim-nutzung-in-deutschland/>
- [27] U. Nohlen, "3D Machine Control Systems and BIM," in *Grading: BIM, landscapingSMART, 3D machine control systems, stormwater management*, P. Petschek, Hg., 3. Aufl. Basel: Birkhäuser, 2019, S. 185–200.
- [28] L. Becker, "Apple Vision Pro im ausführlichen Test: Wackeliger Blick in die Zukunft," *heise online*, 15. Februar 2024. Zugriff am: 26. April 2024. [Online.] Verfügbar: <https://www.heise.de/tests/Apple-Vision-Pro-im-ausfuehrlichen-Test-Wackliger-Blick-in-die-Zukunft-9629236.html>
- [29] E. Wolfangel, "Spatial Computing: Was VR und AR verändern werden," *heise online*, 21. September 2023. Zugriff am: 26. April 2024. [Online.] Verfügbar: <https://www.heise.de/hintergrund/Spatial-Computing-Was-VR-und-AR-veraendern-werden-9310471.html?seite=all>
- [30] L. Becker, "Vision-Pro-Hype verpufft: Apple justiert die Roadmap angeblich nach," *heise online*, 24. April 2024. Zugriff am: 26. April 2024. [Online.] Verfügbar: <https://www.heise.de/news/Vision-Pro-Apple-korrigiert-Produktion-angeblich-deutlich-nach-unten-9696524.html>
- [31] Cornelsen Verlag GmbH. "dependent." Zugriff am: 1. Juli 2024. [Online.] Verfügbar: <https://www.duden.de/rechtschreibung/dependent>
- [32] The Verge. "Vive Pro 2." Zugriff am: 25. April 2024. [Online.] Verfügbar: [https://cdn.vox-cdn.com/thumbor/KrXZD99X\\_DtvqDrd3QTHda-yqCI=/0x0:6640x3731/2120x1413/filters:focal\(2789x1335:3851x2397\)/cdn.vox-cdn.com/uploads/chorus\\_image/image/69269168/VIVE\\_Pro\\_2\\_\\_front\\_right.0.jpg](https://cdn.vox-cdn.com/thumbor/KrXZD99X_DtvqDrd3QTHda-yqCI=/0x0:6640x3731/2120x1413/filters:focal(2789x1335:3851x2397)/cdn.vox-cdn.com/uploads/chorus_image/image/69269168/VIVE_Pro_2__front_right.0.jpg)
- [33] Medienkrawall GmbH. "VIVE XR Elite." Zugriff am: 25. April 2024. [Online.] Verfügbar: <https://basic-tutorials.de/wp-content/uploads/2023/01/VIVE-XR-Elite-full-kit-front-angle-2.png>
- [34] BuildingPoint Northeast. "Trimble XR 10 Microsoft HoloLens 2." Zugriff am: 25. April 2024. [Online.] Verfügbar: [https://www.buildingpointne.com/wp-content/uploads/2020/03/XR10\\_Hero\\_1024x1024@2x-2000x1379.png](https://www.buildingpointne.com/wp-content/uploads/2020/03/XR10_Hero_1024x1024@2x-2000x1379.png)
- [35] Apple Inc. "iPad Pro." Zugriff am: 25. April 2024. [Online.] Verfügbar: <https://www.apple.com/de/ipad-pro/>

- [36] A. Stuenkel und N. Müller, "Informationsaustausch zwischen CAD-, Design- und BIM-Softwarelösungen," *Computer Spezial – Digitalisierung im Bauwesen*, 06. Februar 2024, S. 32–33. Zugriff am: 20. März 2024. [Online.] Verfügbar: <https://www.computer-spezial.de/artikel/informationsaustausch-zwischen-cad-design-und-bim-softwareloesungen-4055887.html>
- [37] S. Oxlade, "openBIM - buildingSMART International," *buildingSMART International*, 19. März 2020. Zugriff am: 20. April 2024. [Online.] Verfügbar: <https://www.buildingsmart.org/about/openbim/>
- [38] F. V. Samson, "Nach XZ-Backdoor: Open-Source-Software als Risiko oder strategischer Vorteil?," *heise online*, 20. April 2024. Zugriff am: 21. April 2024. [Online.] Verfügbar: <https://www.heise.de/hintergrund/Nach-XZ-Backdoor-Open-Source-Software-als-Risiko-oder-strategischer-Vorteil-9692061.html>
- [39] K. Lemm, "AR-Anwendungen in der Industrie: Röntgenblick und Feenstaub," *heise online*, 10. Oktober 2023. Zugriff am: 20. Februar 2024. [Online.] Verfügbar: <https://www.heise.de/hintergrund/Erste-Schritte-wie-AR-und-VR-nun-in-die-Industrie-kommen-9310938.html?seite=all>
- [40] P. Kraus. "Betriebsstruktur im Bauhauptgewerbe." Zugriff am: 16. Februar 2024. [Online.] Verfügbar: <https://www.bauindustrie.de/zahlen-fakten/weiteres/bauwirtschaft-im-zahlenbild/betriebsstruktur-im-bauhauptgewerbe>
- [41] E. W. Schäffer, "Web- und wissensbasierter Engineering-Konfigurator für roboterzentrierte Automatisierungslösungen," FAU University Press, 2021.
- [42] M. A. Rupp, "Is it getting hot in here? The effects of VR headset microclimate temperature on perceived thermal discomfort, VR sickness, and skin temperature," *Applied Ergonomics*, Early Access. doi: 10.1016/j.apergo.2023.104128.
- [43] K. Buehler und A. Kohne, "Besser Lernen mit VR/AR Anwendungen," in *Virtual Reality und Augmented Reality in der digitalen Produktion* (Research), H. Orsolits und M. Lackner, Hg., Wiesbaden, Heidelberg: Springer Gabler, 2020, S. 75–97. [Online]. Verfügbar unter: [https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-658-29009-2\\_5](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-658-29009-2_5)
- [44] J. Won und Y. S. Kim, "A New Approach for Reducing Virtual Reality Sickness in Real Time: Design and Validation Study," *JMIR Serious Games*, Early Access. doi: 10.2196/36397.
- [45] W. Chung und M. Barnett-Cowan, "Sensory reweighting: a common mechanism for subjective visual vertical and cybersickness susceptibility," *Virtual Reality*, Jg. 27, Nr. 3, S. 2029–2041, 2023, doi: 10.1007/s10055-023-00786-z.
- [46] T. Bezmalinovic, "Gleitsicht in VR: So sieht das Next-Gen-Feature in der Praxis aus," *MIXED*, 24. Juli 2022. Zugriff am: 15. März 2024. [Online.] Verfügbar: <https://mixed.de/gleitsicht-in-vr-so-sieht-das-next-gen-feature-in-der-praxis-aus/>
- [47] iit – Institut für Innovation und Technik, Hg., "Einsatz von digitalen Assistenzsystemen im Betrieb," Berlin, Rep. 502, 2018. Zugriff am: 21. April 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.iit.dLR.de/>

[www.iit-berlin.de/iit-docs/0b0ab71d0ed949269fa39e2b38665fde\\_Einsatz-von-digitalen-Assistenzsystemen-im-Betrieb.pdf](http://www.iit-berlin.de/iit-docs/0b0ab71d0ed949269fa39e2b38665fde_Einsatz-von-digitalen-Assistenzsystemen-im-Betrieb.pdf)

- [48] Dr. B. Hari Chandana, Nazeer Shaik und Dr. P. Chitralingappa, "Exploring the Frontiers of User Experience Design: VR, AR, and the Future of Interaction," *2023 International Conference on Computer Science and Emerging Technologies (CSET)*, 2023. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.semanticscholar.org/paper/Exploring-the-Frontiers-of-User-Experience-Design%3A-Chandana-Shaik/d913a500ec153c1035bc7dac25609c544a51efc5>
- [49] S. Kauffeld, *Kompetenzen Von Mitarbeitenden in der Digitalisierten Arbeitswelt: Chancen und Risiken Für Kleine und Mittlere Unternehmen*, 1. Aufl. (Kompetenzmanagement in Organisationen Series). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin / Heidelberg, 2023. [Online]. Verfügbar unter: <https://ebookcentral.proquest.com/lib/kxp/detail.action?docID=31016784>
- [50] T. Landwehrs, "Sicherheit und Gesundheitsschutz bei der Arbeit in der Bauwirtschaft: Einflussfaktoren und Organisation des betrieblichen Arbeitsschutzes auf Baustellen," 2019, doi: 10.25926/JZT8-HS86. [Online]. Verfügbar unter: <https://elekpub.bib.uni-wuppertal.de/ubwhsmig/download/pdf/3556303?originalFilename=true>
- [51] D. Heaney, "So Just How Powerful Is Oculus Quest 2, Really?," *UploadVR*, 23. Oktober 2020. Zugriff am: 20. April 2024. [Online.] Verfügbar: <https://www.uploadvr.com/oculus-quest-2-benchmarks/>
- [52] O. J. Adebawale und J. N. Agumba, "Applications of augmented reality for construction productivity improvement: a systematic review," *SASBE*, Jg. 13, Nr. 3, S. 479–495, 2024. doi: 10.1108/SASBE-06-2022-0128. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/SASBE-06-2022-0128/full/pdf>
- [53] U.S. ARMY Corps of Engineers Engineering Research Developmental Center (ERDC), Construction Engineering Research Laboratory (CERL), Construction Engineering Research Laboratory (CERL) und Engineering Research Developmental Center (ERDC). "Construction-Operations Building Information Exchange (COBie)." Zugriff am: 15. März 2024. [Online.] Verfügbar: <https://wbdg.org/bim/cobie>

# Intransparente Vielfalt im Krankenhausbau – eine umfassende Analyse der Anforderungen für die Baugenehmigung in den Bundesländern Deutschlands

Sabine Hartmann<sup>1</sup>, Mohamed Abodewan<sup>1</sup> und Katharina Klemt-Albert<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Lehrstuhl und Institut für Baumanagement, Digitales Bauen und Robotik im Bauwesen, RWTH Aachen University, hartmann@icom.rwth-aachen.de

## Kurzfassung

Gemäß Grundgesetz, Art. 30 und Art. 70, obliegt das Bauordnungsrecht dem Landesrecht, wodurch es 16 verschiedene Landesbauordnungen gibt. Der Krankenhausbau fällt in die Kategorie des Sonderbaus und es sind, im Vergleich zu anderen Gebäudearten, weitere technische Anforderungen an z. B. Barrierefreiheit, Brandschutz und Strahlenschutz zu erfüllen. Diese Anforderungen und Rahmenbedingungen werden im Rahmen dieser Studie umfassend untersucht.

In einigen Bundesländern existiert eine krankenhausspezifische Bauordnung, welche auf der Muster-Krankenhausbauverordnung aufbaut, falls nicht orientieren sich die Länder an den anderen bereits bestehenden Verordnungen. Eine Konkretisierung der Anforderungen der spezifischen Bauverordnungen erfolgt in den allgemein anerkannten Regeln der Technik. Die Heterogenität und Intransparenz der legislativen Rahmenbedingungen und technischen Standards stellen für den Auftraggeber und das Planungsteam, insbesondere in Hinblick auf das Baugenehmigungsverfahren, eine Herausforderung dar und erschweren zudem hinsichtlich der Digitalisierung eine automatische Regelprüfung auf Basis eines BIM-Modells, da die Anforderungen für die Regeltranskription bekannt sein müssen.

Um einen Überblick über die jeweils einzureichenden Unterlagen für das Bauantragsverfahren zu geben, wurde daher im Rahmen dieser Forschung eine Checkliste für die einzureichenden Unterlagen der jeweiligen Länder erstellt. Des Weiteren wurden die verschiedenen krankenhausspezifischen technischen Anforderungen aus den allgemein anerkannten Regeln der Technik zur verbesserten Übersicht in einem Anforderungskatalog zusammengestellt. Die Checkliste und der Anforderungskatalog sind aufgrund ihres Umfangs der Publikation DOI [10.18154/RWTH-2024-05318](https://doi.org/10.18154/RWTH-2024-05318) zu entnehmen.

*Schlagerwörter: Krankenhausbau, Krankenhausbauverordnung, Landesbauverordnung, anerkannte Regeln der Technik, Anforderungen Krankenhäuser, Anforderungen Baugenehmigungsverfahren, regelbasierte Qualitätskontrolle*

# 1 Einleitung

Die Bauindustrie erfährt derzeit einen digitalen Wandel. Insbesondere die Methode des Building Information Modelings (BIM) ermöglicht einen Effizienzgewinn bei verschiedenen bauprozessualen Abläufen. Ein möglicher Anwendungsbereich der Prozessdigitalisierung stellt eine automatisierte Qualitätskontrolle auf Grundlage eines digitalen Modells dar. Das Modell kann durch entsprechende Software auf etwaige Kollisionen (Kollisionsprüfung), das Vorhandensein erforderlicher Informationen (Attributprüfung) sowie auf die Einhaltung von Vorschriften (Regelprüfung) geprüft werden. Für die zuletzt genannte Regelprüfung ist es jedoch notwendig, die Anforderungen an das Gebäude zunächst als Regel in einer sogenannten Model-Checker-Software zu transkribieren, um das digitale Modell darauf prüfen zu können. Solibri Inc. bietet beispielsweise für ihren Model-Checker einen Regelsatz zur automatisierten Prüfung auf Grundlage der Musterbauordnung (MBO) an [1]. International existieren bereits innovative Konzepte, wie beispielsweise in Finnland, wo der Genehmigungsprozess auf Basis einer Model-Checker-Software weitgehend automatisiert wurde [2]. Dabei geht hervor, dass die Effizienz im Genehmigungsverfahren um 30 % erhöht werden konnte und die Arbeitsbelastung vor dem Hintergrund des hohen Personalmangels entsprechend gesunken ist.

Eine automatisierte Regelprüfung ist insbesondere bei sich wiederholenden Prozessen mit gleichen Rahmenbedingungen effizient, da bereits transkribierte Regelsätze erneut angewendet werden können. Jedoch stellt die Baubranche eine vielseitige Industrie mit verschiedenen Teilbereichen dar, welche unterschiedliche Rahmenbedingungen, unter anderem in Abhängigkeit des Standortes, mit sich bringen. Dies wird in diesem Artikel am Beispiel des Krankenhausbaus, der hinsichtlich seiner Anforderungen als besonders komplex gilt, detailliert aufgeführt. Die Gründe der Komplexität werden in Kapitel 2.3 detailliert beschrieben.

Ziel dieser Forschung ist es, die baulichen Anforderungen für Krankenhäuser und die erforderlichen Unterlagen, welche für den Erhalt der Baugenehmigung in den jeweiligen Ländern erforderlich sind, aufzuführen und gegenüberzustellen, um Gemeinsamkeiten und Diversitäten zu erkennen. Im Rahmen dieser Analyse soll ein Anforderungskatalog entwickelt werden, welcher Auftraggebern des Krankenhausbaus eine Übersicht zur Einreichung des Bauantrags bieten soll. Diese Übersicht dient sowohl der konventionellen Einreichung oder auch als Grundlage für die Regeltranskription für die BIM-basierte Abwicklung. Zudem soll dargestellt werden, welche Unterlagen für das Baugenehmigungsverfahren in den jeweiligen Bundesländern einzureichen sind. Somit sollen mit diesem Artikel folgende Forschungsfragen beantwortet werden:

1. Welche Unterlagen sind für den Bauantrag in den jeweiligen Bundesländern einzureichen und welche Unterschiede und Gemeinsamkeiten können hierbei festgestellt werden?
2. Welche technischen Vorschriften sind für die Erteilung der Baugenehmigung, speziell für den Krankenhausbau, zu erfüllen?

Zur Beantwortung der Forschungsfragen wird in den theoretischen Grundlagen in Kapitel 2 zunächst ein Überblick über das öffentliche Baurecht, das Baugenehmigungsverfahren in Deutschland und dessen verschiedenen Arten auf Grundlage von Literatur gegeben. Im Anschluss daran werden die

Besonderheiten des Krankenhausbaus und der damit verbundenen Herausforderungen erläutert. In Kapitel 3 wird der Status quo von BIM im Krankenhausbau und der regelbasierten Modellprüfung beschrieben. Durch Betrachtung der verschiedenen Gesetze, Verordnungen und den anerkannten Regeln der Technik in Kapitel 4 wird ein Anforderungskatalog entwickelt, welcher die krankenhausspezifischen Rahmenbedingungen der Länder enthält, sowie eine Checkliste der einzureichenden Unterlagen für den Bauantrag in den jeweiligen Bundesländern erstellt. Das Vorgehen hierfür wird in Kapitel 5 beschrieben. Eine Zusammenfassung der Ergebnisse erfolgt in Kapitel 6, zusammen mit einem Ausblick in Anbetracht der regelbasierten Modellprüfung im Rahmen des Fazits.

## **2 Theoretische Grundlagen**

### **2.1 Grundlagen des öffentlichen Baurechts**

In der Bundesrepublik Deutschland ist die Planung und Errichtung von Bauwerken sowie die Nutzung von Grund und Boden durch Gesetze und Verordnungen geregelt. Das öffentliche Baurecht gliedert sich, wie in Abbildung 2-1 dargestellt, in die Bereiche des Bauordnungsrechts und des Bauplanungsrechts und wird durch weitere baurechtliche Vorschriften des Baunebenrechts ergänzt [3, S. 75]. Das Bauordnungsrecht ist auf Landesebene angesiedelt und richtet sich nach den Vorschriften des jeweiligen Bundeslandes. Die Arbeitsgemeinschaft der Bauminister der Länder (ARGEBAU) veröffentlichte im Jahr 2002 die MBO, welche als Grundlage für die Landesbauordnung der einzelnen Bundesländer gilt [4]. Das Bauordnungsrecht beschäftigt sich mit baulichen Anforderungen, Genehmigungsverfahren und Ordnungswidrigkeiten [5, S. 23]. Im Rahmen der Bauordnungen wird auch festgelegt, welche Behörden mit der Überprüfung der einzelnen bauordnungsrechtlichen Vorschriften betraut sind und welche Autoritäten ihnen zustehen. Im Kapitel 2.2 wird der Baugenehmigungsprozess näher beschrieben. Das Bauplanungsrecht regelt hingegen die Nutzung des gemeindlichen Bodens und ist für alle Bundesländer gültig [6, S. 6]. Das Baunebenrecht enthält weitere Vorschriften, welche die Rechtmäßigkeit der Errichtung, der Änderung sowie der Nutzung baulicher Anlagen betreffen. Es beinhaltet sowohl Bundes-, als auch Landes- oder kommunale Gesetze oder Vorschriften [3, S. 77]. Zu einem Großteil werden umweltspezifische Themen wie das Wasserrecht, das Abfallrecht, das Immissionsschutzrecht oder das Recht des Naturschutzes und der Landschaftspflege behandelt. Des Weiteren sind Vorschriften zum Arbeitsschutz und dem Denkmalschutz im Baunebenrecht enthalten.

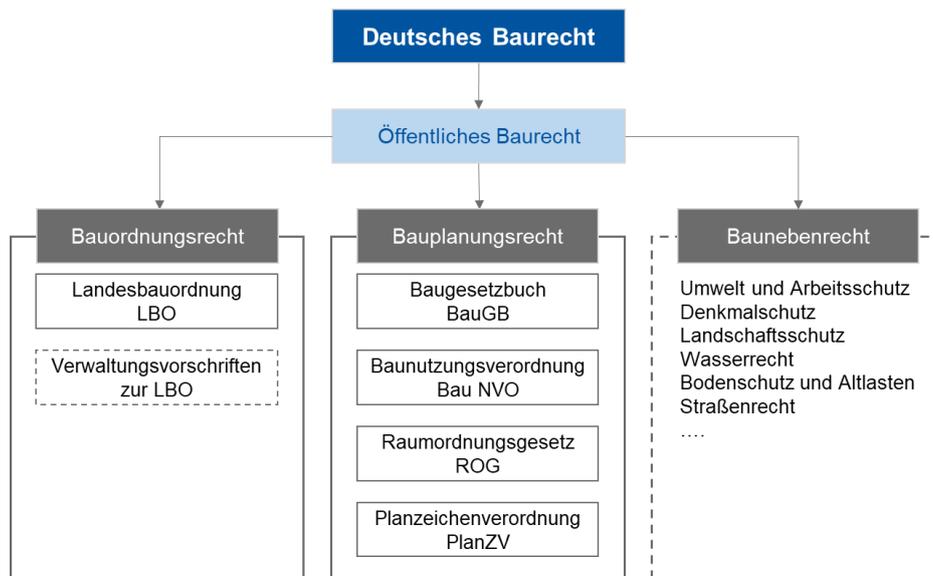


Abbildung 2-1: Struktur des öffentlichen Baurechts in Deutschland

## 2.2 Grundlagen des Baugenehmigungsverfahrens

Einen zentralen Bestandteil des öffentlichen Baurechts bilden die Baugenehmigungsverfahren. Die Erteilung der Baugenehmigung stellt einen bedeutenden Schritt im Verlauf des Bauvorgangs dar und erfolgt durch die Bauaufsicht. Zudem überwacht die Bauaufsicht die Umsetzung der Baumaßnahme gemäß der Genehmigung und den Bestimmungen des Landesbauordnung. Gemäß § 59 Absatz 1 der MBO ist grundsätzlich für jede Einrichtung, Veränderung und Umnutzung von baulichen Anlagen eine Baugenehmigung erforderlich, sofern es sich nicht um ein verfahrensfreies oder eines von der Genehmigung freigestelltes Vorhaben handelt, wie im weiteren Verlauf des Kapitels beschrieben.

Die Zuständigkeit der Bauaufsichtsbehörde entspricht dem allgemeinen Organisationsrecht der Länder. Die Struktur der Baubehörden ist in der Regel dreistufig, während sie in den Stadtstaaten sowie in Brandenburg, Mecklenburg-Vorpommern, Niedersachsen, dem Saarland und Schleswig-Holstein zweistufig ist. Auf der untersten Ebene fungiert der (Land-)Kreis oder die kreisfreie Stadt als Bauaufsichtsbehörde, während auf der mittleren Ebene, sofern vorhanden, die Bezirksregierung oder der Regierungspräsident angesiedelt ist. Das zuständige Fachministerium nimmt die Position der obersten Bauaufsichtsbehörde ein. Die Behörde auf der untersten Stufe (der Kreis oder die kreisfreie Stadt) ist für den Erlass von baurechtlichen Verwaltungsakten zuständig, während die mittlere Instanz als Widerspruchsbehörde fungiert. [7, S. 201]

Es existieren verschiedene Arten der Baugenehmigungen, die je nach Art und Umfang des Bauvorhabens Anwendung finden. Jede dieser Genehmigungsarten dient einem spezifischen Zweck und beinhaltet unterschiedliche Verfahrensabläufe sowie Anforderungen an die benötigten Unterlagen und Nachweise. Es wird zwischen dem baugenehmigungspflichtigen Vorhaben, dem vereinfachten Baugenehmigungsverfahren, dem verfahrensfreien Vorhaben sowie dem von der Genehmigung freigestellten Vorhaben unterschieden. Die verschiedenen Arten der Baugenehmigung werden folglich nach Battis [8, 192 ff.] beschrieben.

Art des Genehmigungsverfahrens	Beschreibung
<b>Baugenehmigungspflichtige Vorhaben</b>	Hierbei handelt es sich um das herkömmliche Genehmigungsverfahren und ist für größere und komplexere Bauvorhaben erforderlich, insbesondere für Sonderbauten wie Krankenhäuser, Hochhäuser und Schulen. Die Bauausführung beginnt erst, nachdem eine rechtskräftige Baugenehmigung erteilt wurde. Die Baurechtsbehörden prüfen umfassend alle relevanten öffentlich-rechtlichen Vorschriften, darunter Bauordnung, Baugesetzbuch und weitere spezifische Gesetze wie z. B. das Bundes-Immissionsschutzgesetz.
<b>Vereinfachtes Baugenehmigungsverfahren</b>	Dieses Verfahren bringt eine schnellere und weniger umfassende Prüfung für kleinere Bauvorhaben mit sich. Es umfasst nur bestimmte bauordnungsrechtliche und öffentlich-rechtliche Bestimmungen neben dem Bauplanungsrecht. Nicht geeignet ist es für verfahrensfreie, genehmigungsfreie Vorhaben und große Sonderbauten. Die Bauaufsichtsbehörde hat kürzere Fristen, um über den Bauantrag zu entscheiden, und die Anforderungen an die einzureichenden Unterlagen sind reduziert. Inzwischen bildet diese Verfahrensart das Regelverfahren ab.
<b>Genehmigungsfreistellung</b>	Dieses Verfahren dient der Beschleunigung von Bauvorhaben, insbesondere im Wohnungsbau. Es erlaubt den Baubeginn einen Monat nach Einreichung der erforderlichen Bauunterlagen bei der Gemeinde, sofern diese keine Einwände erhebt. Bauherren müssen durch anerkannte Sachverständige in eigener Verantwortung Nachweise für Standsicherheit sowie Schall- und Wärmeschutz erbringen.
<b>Verfahrensfreie Vorhaben</b>	Hierbei handelt es sich um risikoarme Bauprojekte, die keine Genehmigung benötigen. Beispiele sind kleine Gebäude mit einem Brutto-Rauminhalt bis zu 30 m <sup>3</sup> , Einfriedungen wie Zäune bis zu 2 m Höhe und nicht überdachte Stellplätze für Pkw. Diese Vorhaben erfordern keine umfassenden Prüfungen und können ohne Genehmigungsverfahren durchgeführt werden. Dennoch sind der Behörde die erforderlichen Unterlagen vorzulegen, der Umfang ist jedoch im Vergleich zum baugenehmigungspflichtigen Verfahren jedoch deutlich reduziert.

*Tabelle 2-1: Beschreibung der verschiedenen Baugenehmigungsverfahren*

### 2.3 Besonderheiten des Krankenhausbaus

Hartmann et al. [9, S. 21] beschreiben Krankenhäuser als Teil der kritischen Infrastruktur und als besonders komplexe Bauwerke, deren Neubau oder Erweiterung gemäß § 2 Abs. 4 Nr. 10 MBO zur Kategorie der Sonderbauten gehört. Diese Einordnung bringt spezielle bauliche und rechtliche Anforderungen mit sich, beispielsweise hinsichtlich des Brandschutzes und der Barrierefreiheit. Darüber hinaus müssen viele nutzungsspezifische Anforderungen und verschiedene Akteure, wie Fördergeber, Nutzer und Gutachter, sowie zusätzliche Fachplanungen für Medizin- und Labortechnik berücksichtigt werden. Das Projektmanagement spielt deshalb im Krankenhausbau eine wesentliche Rolle, da die hohe Komplexität zu Planungsfehlern und Ausführungsmängeln führen kann, was wiederum Verzögerungen und finanzielle Schäden verursachen kann. Besonders herausfordernd ist das Bauen im Bestand während des laufenden Klinikbetriebs, da Verzögerungen gravierende Auswirkungen auf den Betrieb und das Wohl der Patienten haben können. Zudem sind die

Anforderungen an die Bauausführung hoch, um gesundheitsschädliche Auswirkungen zu vermeiden, die durch eine beeinträchtigte Hygiene entstehen könnten. Wegen der vielen fachspezifischen Bereiche ist auch eine umfassende Versorgungs- und Logistikplanung notwendig. Der Gesundheitssektor befindet sich in einem ständigen Wandel mit immer kürzeren Innovationszyklen, was die Investitionskosten für Bau und Betrieb von Krankenhäusern erhöht. Daher ist eine präzise Planung von Baumaßnahmen erforderlich, um den Betrieb des Krankenhauses so wenig wie möglich zu beeinflussen. Dies kann durch den Einsatz von BIM optimiert werden, wodurch eine erhöhte Transparenz und Zusammenarbeit im Projektteam gefördert wird. Um die gewünschte Qualität im Projekt zu erreichen ist jedoch ein umfassender Kenntnisstand der zu erfüllenden Anforderungen unabdinglich. Auf die Struktur sowie die Wirkweise der Anforderungen wird in Kapitel 4 konkret eingegangen.

### 3 Status quo

Um die zu berücksichtigenden Anforderungen modellbasiert mithilfe der Regelprüfung abfragen zu können, bildet ein semantisch angereichertes Bauwerksinformationsmodell die Grundlage. Dieses wird in Bauprojekten mithilfe der BIM-Methode entwickelt und fortgeführt. Daher wird in diesem Kapitel der aktuelle Stand zu den Aspekten BIM-Anwendung im Krankenhausbau und der regelbasierten Modellprüfung im Rahmen des Baugenehmigungsverfahrens beschrieben.

#### **BIM im Krankenhausbau**

Anhand eines Leitfadens beschreiben Hartmann et al. [9] wie die BIM-Methode im Krankenhausbau lebenszyklusübergreifend angewendet werden kann und welche Potentiale BIM dabei mit sich bringt bzw. welche Herausforderungen dabei zu berücksichtigen sind. Hierfür werden verschiedene krankenhausspezifische BIM-Anwendungsfälle beschrieben. In weiteren Forschungsartikeln veröffentlichen Hartmann et al. Ergebnisse aus einer Fallstudie zur Anwendung vom BIM in internationalen und deutschen Krankenhausprojekten [10], einer systematischen Literaturrecherche zum Status quo [11] sowie Interviewergebnisse zu den Chancen und Herausforderungen von BIM im Krankenhausbau [12].

In der Fallstudie, in welcher 20 Krankenhausprojekte, die mit BIM umgesetzt wurden, beschrieben werden, konnte festgestellt werden, dass BIM sowohl national als auch international bereits in der Praxis eingesetzt wird, dies jedoch bisher nicht dem Standard entspricht. Es geht hervor, dass bei 45 % der betrachteten Projekte der Big open BIM-Ansatz angewandt wurde, sodass mit offenen Schnittstellen über den gesamten Lebenszyklus des Bauwerks BIM angewendet wird. Dabei fällt auf, dass bei den sieben zuletzt abgewickelten Projekten der Studie ausschließlich der Big open BIM-Ansatz gewählt wurde. Die Vorteile dieses Ansatzes, die lebenszyklusübergreifende und offene Anwendung, decken sich mit den Ergebnissen der Experteninterviews, in welchen insbesondere die Nutzung in der Betriebsphase und das gemeinsame Arbeiten auf Basis eines digitalen Modells als Chance von BIM im Krankenhausbau aufgeführt wird. Als die größten Herausforderungen zur Implementierung werden fehlende technische Ressourcen und mangelnde BIM-Kenntnisse bei den Mitarbeitenden aufgrund eines Mangels von finanziellen, zeitbedingten und personellen Ressourcen genannt. Durch die Literaturrecherche konnten weitere Pilotprojekte identifiziert werden, in welchen BIM für die Projektabwicklung von Krankenhäusern eingesetzt wird. Auch in einigen analysierten

Projekten werden die in den Interviews identifizierten Chancen und Herausforderungen von BIM genannt.

### **BIM-basierte Baugenehmigungsverfahren und der Einsatz regelbasierter Modellprüfungen**

Im Rahmen einer Grundlagenbetrachtung zur BIM-basierten Baugenehmigung beschreibt Judith Ponnwitz [13] aktuelle Herausforderungen im konventionellen Genehmigungsprozess, wie die Bearbeitung von Papiermedien in dezentraler Art und Weise, und wie diese durch BIM optimiert werden können. Als Voraussetzung für die BIM-basierte Baugenehmigung wird ein Umdenken der bisherigen Prozesse und die Motivation zur Anwendung von neuen Technologien der Beteiligten gefordert.

Ein hierfür möglicher Prozess wurde im Rahmen des Forschungsprojektes „Konzept für die nahtlose Integration von Building Information Modeling (BIM) in das behördliche Bauantragsverfahren“ untersucht und im Projektabschlussbericht dargestellt [14]. Den Kern des Prozesses bildet eine digitale Schnittstelle auf Behördenseite ab, die bestimmte technische Funktionen, wie einen Modellaustausch über das offene Datenaustauschformat Information Foundation Classes (IFC) und eine durchgängige digitale Kommunikation zwischen den Antragsbeteiligten, wie z. B. mithilfe des Building Collaboration Formats (BCF), aufweist.

Für die automatisierte Prüfung von Anforderungen auf Basis des digitalen Modells ist eine Transkription der Regeln in einer Model-Checker-Software notwendig. In der Studie von Soliman-Junior et al. [15] wird die Praxistauglichkeit der regelbasierten Prüfung am Beispiel von Gesundheitseinrichtungen im Vereinten Königreich untersucht. Hierfür wurde eine bereits bestehende Taxonomie verfeinert, um verschiedene Informationen aus regulatorischen Anforderungen zu klassifizieren. Es wird beschrieben wie die hohe Anzahl gesetzlicher Anforderungen und zusätzlicher Leitlinien sowie deren Interpretationsfreiheit die Anwendung der regelbasierten Modellprüfung erschweren. Die Autoren empfehlen zur Erhöhung der Praxistauglichkeit der regelbasierten Modellprüfung eine Verbesserung der Struktur, Klarheit und Konsistenz der baulichen Anforderungen, um diese in automatisierte Prüfsysteme implementieren zu können.

Die erhöhte Komplexität und Intransparenz bauordnungsrechtlicher Anforderungen wird auch in Deutschland durch Prodoehl [16] kritisiert. Als Grund hierfür wird insbesondere die Heterogenität des länderspezifischen Baurechts genannt, sodass bei baulichen Anlagen über 25.000 gesetzliche Regelungen, Vorschriften in Verordnungen sowie DIN-Normen zu berücksichtigen sind, welche auf sowohl Bundes-, Länder als auch auf kommunaler Ebene differieren können.

## **4 Technische Anforderungen im deutschen Krankenhausbau**

Insbesondere der Krankenhausbau eignet sich als ein gutes Beispiel zur Darstellung der hohen Komplexität, Intransparenz und Heterogenität der landesbaurechtlichen Anforderungen in Deutschland, wie folglich beschrieben wird. Dabei wird zwischen den Gesetzen und Verordnungen sowie weiteren gesetzlichen Rahmenbedingungen in Form von Verwaltungsvorschriften unterschieden.

#### 4.1 Gesetze und Verordnungen

Im Jahr 1976 wurde in Deutschland die Muster-Krankenhausbauverordnung (KhBauVO) veröffentlicht, welche seither als Planungsgrundlage für den Krankenhausbau in Deutschland gilt. Diese ist jedoch nicht rechtsbindend, sondern stellt lediglich eine Empfehlung dar, dessen Umsetzung den einzelnen Bundesländern obliegt [17]. Die KhBauVO beinhaltet Vorschriften für einzelne Bauteile, Brandschutzaspekte, Anlagentechnik sowie Spezifikationen für Raum- und Klinikarten [18, 15 f.]. Aufbauend auf die Verordnung folgen gesetzliche Vorgaben zum Krankenhausbau, die je nach Bundesland zu differenzieren sind. Eine Übersicht der wichtigsten, aktuell geltenden Gesetze und Verordnungen ist in Tabelle 4-1 dargestellt. Einige Bundesländer haben eigene krankenhausspezifische Sonderbauvorschriften konzipiert. Beispielsweise wurde in Berlin 2006 die Krankenhaus-Verordnung ins Leben gerufen. Diese beinhaltet unter anderem Vorgaben zur Flächennutzung und Vorschriften zur Mindestanzahl von krankenhausspezifischen Räumen. Des Weiteren erstellte das Wirtschaftsministerium in Baden-Württemberg 2007 ein bauliches Brandschutzkonzept mit näher spezifizierten Abschnitten zu Brandschutzrichtlinien für den Krankenhausbau. Diese beinhalten Paragraphen zu den Brandschutzeigenschaften der Materialien, Abgrenzung einzelner Brandabschnittsbereiche, Rettungswege, technische Einrichtungen sowie Lösch- und Alarmierungseinrichtungen [19]. Neben den individuellen Sonderbauvorschriften auf Landesebene gilt die allgemeine Bauordnung des jeweiligen Bundeslandes.

Anwendungsgebiet	Gesetz/Richtlinie	Inhalt	Kurzbezeichnung, Jahr
Deutschland	Infektionsschutzgesetz	Gesetz zur Verhütung und Bekämpfung von Infektionskrankheiten beim Menschen	IfSG 2023
	Atomgesetz	Gesetz über die friedliche Verwendung der Kernenergie und den Schutz gegen ihre Gefahren	AtG 1959/2022
	Medizinproduktgesetz	Rechtsrahmen zur Sicherheit medizinischer Produkte und deren Nutzung ohne Zugang oder Innovation einzuschränken	MPG 2020
	Strahlenschutzgesetz	Sicherheitsnormen für den Schutz vor der Freisetzung ionisierender Strahlung	StrkSchG 2017
	Arbeitsstättenverordnung	Sicherstellung der Gesundheit und Arbeitsschutz von Beschäftigten in Arbeitsstätten	ArbStättV 2004
	Medizinproduktbetreiberverordnung	Sicherstellung der Funktionstüchtigkeit und Sicherheit von Medizinprodukten	MPBetreibV 1998
	Musterbauordnung	Baustandards und Mindestanforderungen an den Neubau von Gebäuden sowie deren Ausstattung und Bauprodukte	MBO 2019/2002

Anwendungsgebiet	Gesetz/Richtlinie	Inhalt	Kurzbezeichnung, Jahr
	Muster-Krankenhausbauverordnung	Vorschriften für Gebäudeteile, zur Bebauung der Grundstücke, zur Anlagentechnik und Anforderungen an Räume und Raumgruppen	KhBauVO 1976
	Strahlenschutzverordnung	Anforderungen an technische Geräte, ihre Nutzung und ihren Arbeitsumfang im Zusammenhang mit strahlenden Stoffen	(StrSchV 2018)
<b>Baden-Württemberg</b>	Hinweise des Wirtschaftsministeriums Baden-Württemberg über den baulichen Brandschutz in Krankenhäusern und baulichen Anlagen entsprechender Zweckbestimmung	Schutzkonzept für den Brandschutz bei der Errichtung von Krankenhäusern	2007
<b>Berlin</b>	Krankenhaus-Verordnung	Verordnung über Errichtung und Betrieb von Krankenhäusern, Pflegedokumentationen und Katastrophenschutz in Krankenhäusern	KhsVO, 2012
<b>Brandenburg</b>	Brandenburgische Krankenhaus- und Pflegeheim-Bauverordnung	Verordnung über bauaufsichtliche Anforderungen an Krankenhäuser	BbgKPBauV 2003
<b>Saarland</b>	Krankenhausbaurichtlinie	Richtlinie über Bau und Betrieb von Krankenhäusern	KhBauR 2003/2008
<b>Sachsen</b>	Sächsisches Krankenhausgesetz	Regelungen zur Krankenhausplanung und Finanzierung mit sektorübergreifendem und digitalem Schwerpunkt	SächsGVBI 2023
<b>Schleswig-Holstein</b>	Standardprogramm für Krankenhäuser in Schleswig-Holstein	Richtlinien zur Baukonstruktion, technischen Anlagen und Raumprogrammen beim Bau von Krankenhäusern	2012

*Tabelle 4-1: Übersicht der relevanten Gesetze und Richtlinien im Krankenhausbau in Deutschland*

In den Bundesländern, welche nicht in Tabelle 4-1 aufgeführt sind, existieren keine spezifischen Krankenhausbauvorschriften, sodass die landesspezifischen Baurichtlinien gelten. Als Beispiel soll das Vorgehen in Nordrhein-Westfalen (NRW) vorgestellt werden. Mit dem Ziel die Bürokratie zu reduzieren, wurde in NRW die KhBauVO 2009 abgeschafft. Seitdem gilt für Krankenhäuser die Landesbauordnung NRW (BauO NRW), die Sonderbauverordnung und ein Beiblatt der Feuerwehr zum Brandschutz im Krankenhaus [20]. In NRW gehören Krankenhäuser zur Kategorie der unregulierten Sonderbauten. Der Begriff ist insofern von dem Begriff geregelter Sonderbau abzugrenzen, da hierbei keine speziellen Sonderbauvorschriften bestehen und somit besondere Anforderungen, gemäß § 51 MBO, individuell zugeschnitten werden können. Zudem können auch

andere Sondervorschriften hinzugezogen werden, wenn die Nutzungsart oder Größe des Krankenhauses dies erfordert. Eine Abweichung der Bauordnung NRW ist nicht ungewöhnlich, wenn die Schutzziele über andere Wege erfüllt werden können und in Brandschutzkonzepten verankert sind [21][22].

Laut Experten des Krankenhausbaus ist es ratsam, frühzeitig (bereits in Leistungsphasen 2 und 3) den Erstkontakt mit den Bauaufsichtsbehörden aufzunehmen, um zu verständigen, welche Werke und Verordnungen insbesondere für die Erstellung des Brandschutzkonzeptes zu berücksichtigen sind. Existiert in einem Land keine eigene Krankenhausbaurichtlinie orientieren sich die Anforderungen häufig an den Richtlinien der anderen Bundesländer. [23, S. 109]

## 4.2 Verwaltungsvorschriften

Neben den gesetzlichen Rahmenbedingungen, existieren Verwaltungsvorschriften, welche weitere Regelungen in Form von Handlungsempfehlungen geben und fachkundiges Wissen bereitstellen, da die Verordnungen und Gesetze oftmals Fragen zur konkreten Umsetzungen, wie hinsichtlich erforderlicher Abmessungen und Materialien enthalten [4]. Innerhalb der Vorschriften wird zwischen Regelwerken von Unfallversicherungsträgern, im Speziellen der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (DGUV), und Regelwerken privater Organisationen unterschieden. Hierzu zählen das Deutsche Institut für Normung (DIN), der Verband der Elektrotechnik (VDE), der Verein Deutscher Ingenieure (VDI) und der Deutsche Verein des Gas- und Wasserfachs (DVGW). Die Vorgaben der DGUV basieren zum Beispiel auf Erfahrungswissen von Unfallversicherungen und verknüpfen staatliche Vorgaben mit Expertenwissen unter Berücksichtigung der Gesundheitsförderung [24].

Insbesondere für die Aspekte Barrierefreiheit, Funktionsbereiche und -stellen, Brandschutz, bauliche Hygiene und Strahlenschutz im Krankenhausbau fallen im Vergleich zu anderen Gebäudearten spezielle Anforderungen an. Die hierzu relevantesten Vorschriften sind in Tabelle 4-2 dargestellt. Die Relevanz hierfür wird folglich beschrieben:

- Die Barrierefreiheit stellt sicher, dass das Gebäude für alle Menschen, einschließlich derjenigen mit besonderen Fähigkeiten, zugänglich ist. Dies ist ein Recht, das vom Grundgesetz garantiert wird. Gemäß Artikel 3 Absatz 3 Satz 2 des Grundgesetzes: „Niemand darf wegen seiner Behinderung benachteiligt werden“.
- Der Brandschutz gibt Regelungen vor, die im Brandfall die Sicherheit aller Besucher, Patienten und Mitarbeiter eines Krankenhauses gewährleisten. Diese Regelungen zielen darauf ab, im Falle eines solchen Ereignisses eine erfolgreiche Rettung durchzuführen und den Schaden zu minimieren.
- Die Hygiene im Krankenhaus ist ebenfalls essenziell, da sie eine Priorität darstellt, um Ansteckungen zu verhindern und die Gesundheit der Krankenhausnutzer und Mitarbeiter nicht zu verschlechtern. Dies ist entscheidend für eine erfolgreiche Durchführung der Funktionen eines Krankenhauses.
- Die Aufteilung des Krankenhauses in Funktionsbereiche und -stellen trägt direkt zur Optimierung der Sicherheit und zur medizinischen Versorgung bei.

- Die Berücksichtigung des Strahlenschutzes ist aufgrund des Einsatzes künstlicher Strahlungen für diagnostische und therapeutische Zwecke in Krankenhäusern unabdinglich, um Patienten und Beschäftigte entsprechend zu schützen.

Relevante Regelwerke
DIN 13080: Gliederung des Krankenhauses in Funktionsbereiche und Funktionsstellen, Juni 2016 [25]
DIN 18040-1: Barrierefreies Bauen – Planungsgrundlagen – Teil 1: Öffentlich zugängliche Gebäude, Februar 2023 [26]
DIN 6812: Medizinische Röntgenanlagen bis 300 kV – Regeln für die Auslegung des baulichen Strahlenschutzes, Juni 2021 [27]
DIN 6834-1: Strahlenschutztüren für medizinisch genutzte Räume – Teil 1: Anforderungen, Dezember 2012 [28]
VdS 2226: Krankenhäuser, Pflegeheime und ähnliche Einrichtungen zur Unterbringung oder Behandlung von Personen - Richtlinien für den Brandschutz, Januar 2008 [29]
DGUV Information 207-016: Neu- und Umbauplanung im Krankenhaus unter Gesichtspunkten des Arbeitsschutzes, April 2016 [30]

*Tabelle 4-2: Relevante Regelwerke im Krankenhausbau*

## 5 Ergebnisse

### 5.1 Erstellung eines Anforderungskatalogs inkl. Checkliste für den Bauantrag

Die Übersicht der legislativen Rahmenbedingungen zeigt, dass kein einheitliches Vorgehen im deutschen Krankenhausbau vorliegt und Intransparenz darüber herrscht, welche Anforderungen in den jeweiligen Bundesländern gelten. Diese Heterogenität erschwert die Planung eines Krankenhauses innerhalb, insbesondere in Anbetracht der Baugenehmigungsprüfung. Aus diesem Grund wird zum einen eine Checkliste für die vorzulegenden Dokumente im Rahmen des Bauantrags in den einzelnen Bundesländern erstellt und zum anderen ein Anforderungskatalog entwickelt, welcher jegliche Vorschriften in den Aspekten Barrierefreiheit, Funktionsbereiche und -stellen, baulicher Brandschutz, Hygiene und Strahlenschutz abdeckt. Bei Entwicklung des Anforderungskataloges wird sich auf die KhBauVO fokussiert, da diese, wie bereits beschrieben, als Musterbauordnung für Krankenhäuser in Deutschland dient.

Aufgrund des Umfangs der Checkliste und des Anforderungskataloges werden diese in einem separaten Dokument digital in der Universitätsbibliothek der RWTH Aachen University geführt. Die Unterlagen sind unter der DOI [10.18154/RWTH-2024-05318](https://doi.org/10.18154/RWTH-2024-05318) zu finden.

### 5.2 Limitation

Da der Anforderungskatalog auf Basis des Musters, der KhBauVO, entwickelt wurde, können die beschriebenen Anforderungen ggf. von den anderen gültigen krankenhausspezifischen Verordnungen

der Länder abweichen. Zudem beziehen sich die Checkliste und der Anforderungskatalog auf öffentlich-rechtliche Krankenhäuser. Für die Baugenehmigung einer Privatklinik, ist zusätzlich nach § 30 der Gewerbeordnung die Konzession, eine gewerberechtliche Erlaubnis, vorzulegen.

Des Weiteren ist zu berücksichtigen, dass durch beispielsweise ein entsprechendes Brandschutzkonzept von den Vorschriften abgewichen werden kann, wenn die Anforderungen aus den Verordnungen mithilfe anderer Methoden und Techniken erfüllt werden. Demnach gibt es gewisse projektspezifische Anforderungen, welche in projektspezifischen Konzepten und Gutachten hinterlegt sind und somit einen wesentlichen Teil der einzureichenden Bauantragsunterlagen darstellen.

### **5.3 Diskussion**

Für die regelbasierte Modellprüfung stellen projektspezifische Anforderungen eine Herausforderung dar, da die Regelsätze zur Überprüfung individuell angefertigt oder angepasst werden müssen. Abhängig von den Differenzen, könnte eine manuelle Überprüfung möglicherweise schneller als die automatisierte Regelprüfung durchgeführt werden. Bestimmte projektspezifische Konzepte sind auch deswegen erforderlich, da die Anforderungen in den allgemeinen anerkannten Regeln der Technik nicht konkret beschrieben sind. Ein Beispiel gibt hierfür ein Auszug aus der DIN 18040-1, Stand Februar 2023, in Abschnitt 4.3.4 bzgl. der Anforderungen an die Barrierefreiheit für Bodenbeläge:

„Bodenbeläge müssen zur Verbesserung der Orientierungsmöglichkeiten für Menschen mit Sehbehinderung visuell kontrastierend zu Bauteilen (z. B. Wänden, Türen, Stützen) sein.“

Hierbei gehen keine konkreten Anforderungen hervor, wie hoch der Kontrast der Bodenbeläge zu anderen Bauteilen tatsächlich sein muss. Dies wird daher im Konzept zur Barrierefreiheit mit entsprechenden Farbwerten festgelegt und im Rahmen des Genehmigungsverfahrens von der Bauaufsicht geprüft.

## **6 Fazit**

### **6.1 Zusammenfassung der Ergebnisse**

Die in dieser Arbeit durchgeführte Recherche zeigte, dass der Bau von Krankenhäusern aufgrund technischer und bürokratischer Anforderungen eine anspruchsvolle Aufgabe ist. Da Krankenhäuser in die Kategorie des Sonderbaus fallen, ist das herkömmliche Baugenehmigungsverfahren gefordert. Im Rahmen der Recherche wurde deutlich, dass es keine einheitliche Krankenhausbauverordnung gibt, die für alle 16 Bundesländer gilt und dass darüber hinaus nicht alle Bundesländer über eine eigene Verordnung für den Krankenhausbau verfügen. Stattdessen würden sich die Länder auf das Muster einer Verordnung über den Bau und Betrieb von Krankenhäusern stützen, das ebenfalls unpräzise ist und keine Angaben zu den Abmessungen oder Materialien der Einbauteile enthält. Technische Richtlinien für den Bau von Krankenhäusern stützen sich demnach auf allgemeine anerkannte Regeln der Technik, wie beispielsweise DIN-Normen oder Bauempfehlungen der DGUV, obwohl sie nicht rechtsverbindlich sind. Zudem geht hervor, dass die zu berücksichtigenden Anforderungen auch projektspezifisch divergieren können.

Des Weiteren sind abhängig des Standortes für den Erhalt der Baugenehmigung verschiedene Unterlagen bei den jeweiligen Bauaufsichtsbehörden einzureichen. Zur Beantwortung der

Forschungsfrage 1 wurde im Rahmen dieses Beitrags eine Checkliste erstellt, welche die relevanten Unterlagen für das Bauantragsverfahren in den einzelnen Bundesländern auflistet. Die Checkliste wird in der DOI [10.18154/RWTH-2024-05318](https://doi.org/10.18154/RWTH-2024-05318) geführt. Es wird deutlich, dass die verschiedenen Bauaufsichtsbehörden der Länder zwar überwiegend die gleichen Unterlagen fordern, die detaillierte Beschreibung der Inhalte jedoch in den jeweiligen landesbezogenen Bauordnungen aufgeführt sind.

Zur Beantwortung der Forschungsfrage 2 dient der Anforderungskatalog, welcher die verschiedenen technischen Anforderungen für die im Krankenhaus spezifischen Bereiche Barrierefreiheit, Funktionsbereiche und -stellen, Brandschutz, bauliche Hygiene und Strahlenschutz auf Basis der KhBauVO abdeckt. Dieser ist hinter der Checkliste ebenfalls in der DOI [10.18154/RWTH-2024-05318](https://doi.org/10.18154/RWTH-2024-05318) aufgeführt. Trotz der Konkretisierungen der Anforderungen aus den Gesetzen und Verordnungen in den allgemein anerkannten Regeln der Technik, bleiben dennoch Fragen zur konkreten Umsetzung offen, die in entsprechenden Konzepten projektspezifisch aufgegriffen und beantwortet werden müssen.

## 6.2 Ausblick

Die Heterogenität der landes- und projektspezifischen Anforderungen erschwert einen Automatisierungsprozess der digitalen Qualitätskontrolle auf Basis eines BIM-Modells, denn es lässt sich kein einheitliches Regelwerk prüfen. Hiermit kann lediglich eine Grundlage geschaffen werden, indem ein allgemeingültiges Regelwerk automatisiert überprüft wird, sodass die individuellen und bundeslandspezifischen Abweichungen entweder konventionell, d. h. manuell geprüft werden müssen oder für die digitale und automatisierte Prüfung ein individueller Regelsatz entwickelt werden muss. Letztere Möglichkeit erfordert jedoch nach Einschätzung der Autoren für eine einmalige Nutzung einen zu hohen Aufwand, da der Regelsatz vorab manuell erstellt werden müsste. Da die regelbasierte Qualitätsprüfung im Rahmen des Baugenehmigungsprozesses bereits in einigen Ländern angewandt wird, stellt sich die Frage, inwieweit sich die baulichen Anforderungen dort von den Anforderungen in Deutschland unterscheiden bzw. wie sich diese dort projektspezifisch unterscheiden. Des Weiteren ist es denkbar, für die Anpassung und Entwicklung der individuellen Regelsätze künstliche Intelligenz im Rahmen der natürlichen Sprachverarbeitung einzusetzen, um den Anpassungsaufwand für die einzelnen Prüfungen zu reduzieren. Somit ergeben sich im Rahmen dieses Artikels folgende Fragen für die zukünftige Forschung:

- (i) Inwieweit unterscheiden sich die Anforderungen in Deutschland zu den Ländern, welche im Rahmen des Baugenehmigungsverfahrens bereits die regelbasierte Modellprüfung einsetzen?
- (ii) Welche Möglichkeiten und Ansätze gibt es bereits, um Künstliche Intelligenz im Rahmen der Regelerstellung einzusetzen und welche Chancen und Herausforderungen weisen diese auf?

## 7 Literaturverzeichnis

- [1] Solibri Dach GmbH, *MBO-Regelsatz*. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.solibri.com/de/news/mbo-regelsatz> (Zugriff am: 5. April 2024).
- [2] Mittelstand Digital - Zentrum Bau, *Finnland automatisiert mit IFC das Baugenehmigungsverfahren*. [Online]. Verfügbar unter:

- <https://www.digitalzentrumbau.de/kos/WNetz?art=News.show&id=1308> (Zugriff am: 5. Februar 2024).
- [3] A. Malkwitz, *Baubetrieb*. Wiesbaden: Springer Vieweg, 2021.
- [4] S. Penth, S. Lettau, W. Baumann, F. Göbel, B. Zapf und U. Wiedemann, "BGI/GUV-I 8681 - Neu- und Umbauplanung im Krankenhaus unter Gesichtspunkten des Arbeitsschutzes", 2008. [Online]. Verfügbar unter: [https://www.gesundheitsdienstportal.de/risiko-uebergreif/infolplus/4\\_5\\_3c.pdf](https://www.gesundheitsdienstportal.de/risiko-uebergreif/infolplus/4_5_3c.pdf)
- [5] C. Conrad, *Öffentliches Baurecht und die Genehmigungsvoraussetzungen: Schnelleinstieg für Architekten und Bauingenieure*. Wiesbaden: Springer Vieweg Wiesbaden, 2020.
- [6] S. Muckel und M. Ogorek, *Öffentliches Baurecht*. Grundrisse des Rechts, 4. Aufl. C.H.Beck, 2020.
- [7] R. Schmidt, *Öffentliches Baurecht: mit verwaltungsprozessualen Bezügen*, 17. Aufl. Dr. Rolf Verlag, 2019.
- [8] U. Battis, *Öffentliches Baurecht und Raumordnungsrecht*, 8. Aufl. Kohlhammer, 2022.
- [9] S. Hartmann, A. Zaun und K. Klemt-Albert, *KlinikBIM - Leitfaden für die BIM-Implementierung im Krankenhausbau*. RWTH Publications, 2024.
- [10] S. Hartmann, A. Zaun und K. Klemt-Albert, "A case study of BIM projects in hospital construction – Comparing Germany to the international status", *Proceedings of the Creative Construction Conference 2023*, 2023, doi: 10.3311/CCC2023-084.
- [11] S. Hartmann, P. Bohnenkamp und K. Klemt-Albert, "Status quo of BIM implementation in hospital construction: a systematic literature review", *Proceedings of the 33rd European Safety and Reliability Conference (ESREL 2023)*, 2023, doi: 10.3850/978-981-18-8071-1\_P389-cd.
- [12] S. Hartmann, C. Patberg und K. Klemt-Albert, "Opportunities and Challenges of Building Information Modeling in Hospital Construction", *Proceedings of the 2023 7th International Conference on Medical and Health Informatics*, S. 310–315, 2023, doi: 10.1145/3608298.3608354.
- [13] J. Ponnwitz, "Die BIM-basierte Baugenehmigungsprüfung - eine Grundlagenbetrachtung", *30. BBB-Assistententreffen in Karlsruhe - Fachkongress der wissenschaftlichen Mitarbeiter Bauwirtschaft | Baubetrieb | Bauverfahrenstechnik : 10. - 12. Juli 2019, Institut für Technologie und Management im Baubetrieb (TMB), Karlsruher Institut für Technologie (KIT)*, S. 234–246, 2019.
- [14] J. Tulke, M. Theiler, M. König und A. Vonthron, *Konzept für die nahtlose Integration von Building Information Modeling (BIM) in das behördliche Bauantragsverfahren: Abschlussbericht*. Stuttgart: Fraunhofer IRB Verlag, 2021.
- [15] J. Soliman-Junior *et al.*, "Automated compliance checking in healthcare building design", *Automation in Construction*, Jg. 129, 2021, doi: 10.1016/j.autcon.2021.103822.
- [16] H. G. Prodoehl, *Die Verrechtlichung und Überregulierung in allen Lebensbereichen und Politikfeldern*. Springer Fachmedien Wiesbaden, 2023.

- 
- [17] A. Merschbacher, *Flucht- und Rettungswege: Anforderungen behinderter Menschen an die Bewältigung von Notfällen*. Wiesbaden: Springer Vieweg, 2021.
- [18] H.-E. Gatermann, *Zukunftsoffenes Krankenhaus: Fakten, Leitlinien, Bausteine*. Springer Wien, 2007.
- [19] Wirtschaftsministerium Baden-Württemberg, *Hinweise des Wirtschaftsministeriums Baden-Württemberg über den baulichen Brandschutz in Krankenhäusern und baulichen Anlagen entsprechender Zweckbestimmung*. [Online]. Verfügbar unter: [https://mlw.baden-wuerttemberg.de/fileadmin/redaktion/m-mlw/intern/Dateien/03\\_Bauen-Wohnen/Baurecht/4\\_Richtlinien\\_Hinweise\\_Erlasse/Brandschutz/Hinweise\\_%C3%BCber\\_den\\_baulichen\\_Brandschutz\\_in\\_Krankenh%C3%A4usern.pdf](https://mlw.baden-wuerttemberg.de/fileadmin/redaktion/m-mlw/intern/Dateien/03_Bauen-Wohnen/Baurecht/4_Richtlinien_Hinweise_Erlasse/Brandschutz/Hinweise_%C3%BCber_den_baulichen_Brandschutz_in_Krankenh%C3%A4usern.pdf) (Zugriff am: 30. März 2024).
- [20] D. Grabinger, "Brandschutztechnische Anforderungen an Krankenhäuser", *Feuerwehreinsatz*, 2023.
- [21] J. Rübél, "Krankenhausbauvorschriften", E-Mail, Jun. 2023.
- [22] H. Stockhorst, L. Hofrichter und A. Franke, *Krankenhausbau: Architektur und Planung, bauliche Umsetzung, Projekt- und Betriebsorganisation*, 1. Aufl. Medizinisch Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft, 2019.
- [23] S. Hartmann, A. Zaun und K. Klemt-Albert, "KlinikBIM - Entwicklung eines Leitfadens für die BIM-Implementierung im Krankenhausbau", 2024.
- [24] S. Penth, D. Pospich, F. Göbel, J. Herweh, W. Pude und W. Baumann, "DGUV Information 207-016 "Neu- und Umbauplanung im Krankenhaus unter Gesichtspunkten des Arbeitsschutzes – Basismodul"", 2016.
- [25] *Gliederung des Krankenhauses in Funktionsbereiche und Funktionsstellen*, DIN 13080, Deutsches Institut für Normung, Jun. 2016.
- [26] *Barrierefreies Bauen – Planungsgrundlagen: Teil 1: Öffentlich zugängliche Gebäude*, DIN 18040-1, Deutsches Institut für Normung, Feb. 2023.
- [27] *Medizinische Röntgenanlagen bis 300 kV – Regeln für die Auslegung des baulichen Strahlenschutzes*, DIN 6812, Deutsches Institut für Normung, Jun. 2021.
- [28] *Strahlenschutztüren für medizinisch genutzte Räume: Teil 1: Anforderungen*, DIN 6834-1, Deutsches Institut für Normung, Dez. 2012.
- [29] *Krankenhäuser, Pflegeheime und ähnliche Einrichtungen zur Unterbringung oder Behandlung von Personen - Richtlinien für den Brandschutz*, VdS 2226, VdS Schadenverhütung GmbH, Jan. 2008.
- [30] *Neu- und Umbauplanung im Krankenhaus unter Gesichtspunkten des Arbeitsschutzes*, DGUV Information 207-016, Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung, Apr. 2016.

# Zeitliche Wirtschaftlichkeitsbetrachtung des automatisierten Mauerns mittels Seilrobotik

Max Huvers<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Institut für Baubetrieb und Baumanagement, max.huvers@uni-due.de

## Kurzfassung

Mit dem an der Universität Duisburg-Essen in einem kooperativen Forschungsprojekt entwickelten Seilroboter zur automatisierten Mauerwerkserstellung wurde ein Ansatz zur Automatisierung der Rohbauerstellung entwickelt. Für diesen Seilroboter ist die wirtschaftliche Vorteilhaftigkeit anhand eines Zeitvergleichs zum konventionellen Bauprozess zu prüfen. Hierzu wurden in einem Versuch die erforderlichen Zeiten zur Berechnung der Aufwandswerte des automatisierten Mauerns ermittelt. Durch den Vergleich mit Literaturangaben der konventionellen Mauerwerkerrichtung wird die Vorteilhaftigkeit des Seilroboters beurteilt.

Aus den Messdaten geht hervor, dass die Aufwandswerte des Seilroboters mit zunehmender Steingröße aufgrund einer gleichbleibenden Durchlaufzeit des einzelnen Mauersteins einen starken Abfall durch die ansteigende erzielbare Wandfläche je Stein aufweisen. Hierdurch besitzt der Seilroboter einen signifikanten Vorteil gegenüber dem manuellen Mauern und kann seine Vorteile bei großformatigen Steinen voll ausnutzen. Durch die Verringerung der Aufwandswerte mit zunehmender Steingröße ergeben sich starke Unterschiede in der erreichbaren Tagesleistung bezüglich der erstellbaren Wandfläche des Seilroboters verglichen mit einem menschlichen Maurer.

Darüber hinaus besteht weiteres Potential das Leistungsvermögen des Seilroboters beispielsweise durch die Implementierung einer Bilderkennung zur Steindetektion auszubauen. Hierdurch verkürzt sich die erforderliche Durchlaufzeit je Stein, sodass eine weitere Steigerung der Tagesleistung möglich wird. Zur Validierung der im Versuch ermittelten Aufwandswerte muss der Seilroboter im Rahmen eines Pilotprojektes in eine reale Bauumgebung eingebunden werden.

*Schlagwörter: Seilrobotik, automatisiertes Mauern, Aufwandswerte, Wirtschaftlichkeit, Zeitvergleich, Potentialanalyse*

## 1 Einleitung

Das Bauwesen und die Bauausführung sind geprägt von manuellen Prozessen und Vorgehensweisen, welche einen erheblichen Personaleinsatz und Zeitaufwand erfordern. Durch das Festhalten an den traditionellen Arbeitsweisen bei der Errichtung von Gebäuden wird die Einführung von neuen Technologien erschwert. [1, S. 586] Hierdurch ergeben sich im Bauwesen die nachfolgend beschriebenen Probleme, welche den Bausektor aufgrund der vorliegenden Kombination und in ihrer Ausprägung von anderen Industriezweigen abgrenzen.

Maßgebend für die Charakteristik des deutschen Bauhauptgewerbes ist die kleinteilige Struktur der ausführenden Bauunternehmen, welche sich in einem Anteil von 88,2 Prozent der Unternehmen zeigt, die weniger als 20 Arbeitskräfte beschäftigen. [2, S. 1] Somit liegen im Baugewerbe vorrangig kleine Betriebe vor, welche sich auch durch die in Deutschland übliche kleinschrittige Vergabe von Bauleistungen etabliert haben. Darüber hinaus ist das Bauwesen analog zu anderen Industrien von einem zunehmenden Fachkräftemangel betroffen. Der Hauptverband der Deutschen Bauindustrie e.V. bezeichnet die Personalsituation im Allgemeinen als angespannt und verweist auf eine ansteigende Personallücke zwischen den erwerbstätigen Personen mit Eintritt in den Ruhestand und den nachkommenden Ausbildungsjahrgängen, welche zudem eine hohe Abbruchquote von 40 Prozent aufweisen. [3, S. 1] Dadurch ist künftig eine weitere Zunahme des Fachkräftemangels im Bausektor zu erwarten. Eine weitere Problematik der Bauindustrie besteht in der seit mehreren Jahren stagnierenden Arbeitsproduktivität, wodurch ein großer Rückstand zu den anderen Industrien entstanden ist, welcher u.a. auf die dortige Einführung von neuen Technologien zurückgeführt wird. [4, S. 5 f.] Als positives Beispiel für die Implementierung einer automatisierten Fertigung kann die Automobilbranche herangezogen werden.

Einen Lösungsansatz für die aufgeführten Probleme des Bauwesens bietet die Automatisierung von Prozessen in der Bauausführung. Hierbei kann im Bereich des Mauerwerksbaus eine automatisierte Errichtung von Gebäuden mithilfe von Robotik erfolgen. Diese wirkt den zuvor beschriebenen Problematiken im Bausektor entgegen. Maßgebend für eine verbreitete Anwendung ist allerdings die wirtschaftliche Vorteilhaftigkeit gegenüber dem manuellen Mauern, welche in diesem Beitrag analysiert wird.

## 2 Seilroboter CaRLO

In einem interdisziplinären Forschungsprojekt unter dem Titel „Auf dem Weg zur digitalen Bauausführung: Automatisierung des Rohbaus mit Seilroboter-Technik“ haben das Institut für Baubetrieb und Baumanagement sowie der Lehrstuhl für Mechatronik der Universität Duisburg-Essen in Kooperation mit der Forschungsvereinigung Kalk-Sand e.V. und dem IAB – Institut für Angewandte Bauforschung einen Seilroboter zur automatisierten Erstellung von Kalksandstein-Mauerwerk entwickelt. In dem abgeschlossenen Forschungsprojekt konnte die erfolgreiche Umsetzung einer automatisierten Mauerwerkserrichtung mithilfe von Robotik durch die Entwicklung des Seilroboters CaRLO (Cable Robot for LargeScale Operations) realisiert werden. [5, S. 465]

## 2.1 Zentrale Komponenten des Seilroboter-Systems

Das Gesamtsystem des Seilroboters (s. Abbildung 1) setzt sich aus verschiedenen Komponenten zusammen. Ausgehend von der Planung eines Bauprojektes ist die Anfertigung eines speziellen BIM-Modells erforderlich. In diesem sind die Wände des zu errichtenden Gebäudes zur Erstellung der Verlegepläne für den Seilroboter in die einzelnen Mauersteine zu unterteilen. Dies erfolgt durch eine Zerlegung der Wände in die einzelnen Steinschichten, welche unter Berücksichtigung der Einhaltung von Vorgaben zur Überbindung zu benachbarten Steinlagen und entsprechend dem vorgegebenen Steinformat weiter unterteilt werden. Hierbei werden die einzuhaltenden Mauerwerksregeln bezüglich des erforderlichen Versatzmaßes zwischen benachbarten Steinreihen automatisiert berücksichtigt. Aus diesen Daten lassen sich für jede Steinposition die notwendige Steingröße sowie die Koordinaten der Einbauposition bestimmen, welche als Eingangsdaten für den Roboter genutzt werden.

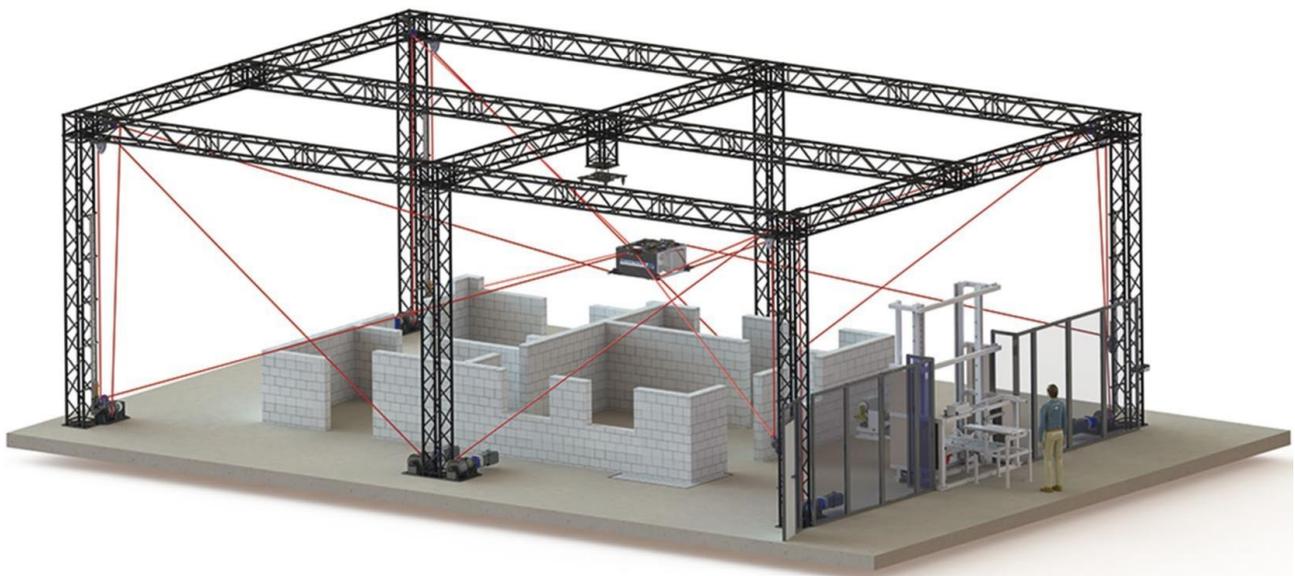


Abbildung 2: Gesamtsystem des Seilroboters [6, S. 83]

Den Startpunkt der automatisierten Bauausführung stellt die Bemörtelung der Kalksandsteine durch die entwickelte Bemörtelungseinrichtung dar. Hierzu wird der Stein auf der Anlage Kopf über platziert, die Bemörtelung manuell freigegeben und durch ein seitliches Verschieben des Mörtelschlittens automatisiert der Dünnbettmörtel aufgetragen. [6, S. 84 ff.] Nach erfolgter Bemörtelung wird der Stein über ein Förderband an die Übergabeposition verfahren und dort gedreht, sodass sich der Mörtel an der Unterseite des Steins befindet. Eine Schutzeinrichtung zwischen der Bemörtelungseinheit und dem Arbeitsbereich des Endeffektors verhindert das Betreten durch Personen während der Bauausführung (s. Abbildung 1). Für den Einbau der Steine ist der Endeffektor als Greifereinheit konzipiert worden, welche an den Seilen des Systems aufgehängt ist und hierdurch innerhalb des Arbeitsraumes verfahren werden kann. [6, S. 86] Die Seile werden über Umlenkrollen, welche an dem Traggerüst aus Gitterträgern montiert sind, zu den am Boden angebrachten Seilwinden geführt. Dort werden die Seile entsprechend der erforderlichen Seillänge gelagert. Das Bewegungsprinzip des Seilroboters ist aus Sportstadien bekannt, in denen eine Seilkamera über dem Spielfeld schwebt und dynamische Aufnahmen macht. [7, S. 335] Beim vorliegenden Seilroboter wird

für eine höhere Positionsgenauigkeit die Anzahl der Seile erhöht, sodass durch die gegenseitige Verspannung infolge definierter Zugkräfte eine hohe Positionstreue erreicht wird. Somit ist der Seilroboter unabhängig von äußeren Bedingungen wie z.B. auftretenden Windkräften und es kann eine präzise Ausführung der Mauerarbeiten umgesetzt werden.

## 2.2 Eigenschaften und Vorteile des automatisierten Mauerns

Die wesentlichen Eigenschaften und Vorteile des Seilroboters gegenüber anderen Roboterarten bestehen in dem großen überdeckbaren Arbeitsbereich, der die Überspannung des gesamten Baufeldes ermöglicht. [8, S. 379] Weiterhin weist der Seilroboter einen gegenüber der manuellen Mauerwerkserrichtung deutlich verringerten Personaleinsatz auf, sodass dem Fachkräftemangel im Bauwesen bei der Einführung des Systems in die Baupraxis entgegengewirkt werden kann. Darüber hinaus ist der Seilroboter in der Ausführung seiner Arbeiten unermüdlich und kann weit mehr als acht Stunden täglich der produktiven Bauausführung nachgehen, wodurch sich die in Tagen bemessene Gesamtbauzeit der betrachteten Bauprojekte verkürzt.

## 2.3 Aktueller Stand des Forschungsprojektes

Nach der erfolgreichen Umsetzung der automatisierten Erstellung von Kalksandstein-Mauerwerk durch den Seilroboter wird in einem Folgeprojekt die Errichtung von Geschossdecken durch das Robotiksystem untersucht. [9, S. 1] Somit ist das angestrebte Ziel nach dem Abschluss dieses Projektes eine automatisierte Errichtung des Rohbaus durch den Einsatz von Seilrobotik zu erreichen. Ferner ist für ein weiteres Folgeprojekt die Erprobung des Systems im Umfeld eines realen Bauprojektes zur Durchführung eines Pilotprojektes angedacht.

## 3 Methodik

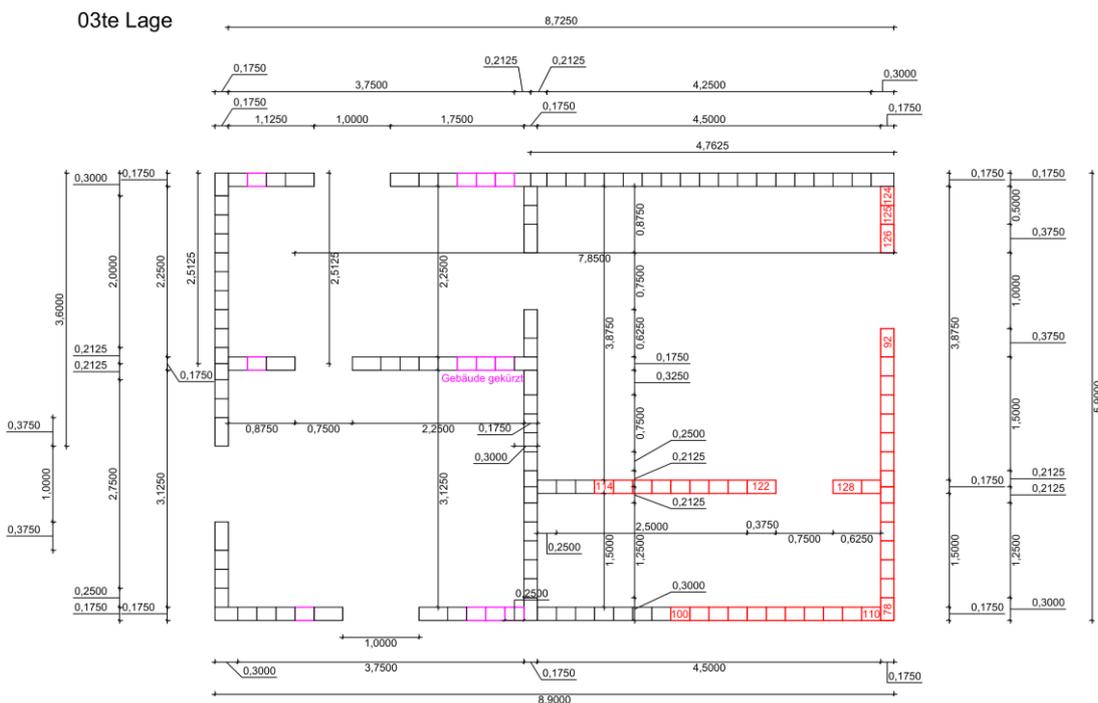
Für die Durchführung eines Zeitvergleichs zwischen dem konventionellen Mauern und der automatisierten Mauerwerkserstellung eignet sich eine Beurteilung der beiden Varianten anhand der jeweiligen Aufwandswerte. Diese finden im Bauwesen per Definition bei personalintensiven Bauarbeiten Anwendung, wozu im Regelfall auch das Gewerk der Mauerarbeiten zählt. [10, S. 25] Dies trifft bei der Nutzung des Seilroboters für diese Arbeiten nicht mehr zu, dennoch sind zur zeitlichen Vergleichbarkeit der beiden Verfahren die Aufwandswerte für eine Mauerwerkserstellung durch den Seilroboter zu bestimmen.



Abbildung 3: Unterteilung des Gesamtprozesses

Zur Ermittlung der Durchlaufzeit eines einzelnen Steins wurde der Arbeitsprozess des Seilroboters in drei Teilprozesse unterteilt (s. Abbildung 2). Der erste Teilprozess beinhaltet die automatisierte Bemörtelung des Steins durch die Bemörtelungseinrichtung. Hierbei wurden die Zeiten zwischen der Freigabe der Bemörtelung und dem Bereitstellen des bemörtelten Steins an der Übergabeposition berücksichtigt. Der zweite Teilprozess setzt dort an und beinhaltet die Referenzierung. In diesem Arbeitsschritt fährt der Endeffektor an die Übergabeposition heran, detektiert den bereitgestellten Mauerstein mithilfe der verbauten Lasersensoren und nimmt den Stein anschließend auf. Der letzte Teilprozess umfasst den Transport sowie das Ausrichten und Absetzen des jeweiligen Mauersteins am Einbauort.

Die Grundlage zur Ermittlung der Aufwandswerte liefert das Probegebäude des laufenden Forschungsprojektes, dessen Grundriss als Verlegeplan für die dritte Steinreihe nachfolgend zu sehen ist (s. Abbildung 3). Die Reihenfolge der Steine für den Einbauvorgang wird im Vorfeld des Bauprozesses anhand eines digitalen Gebäudemodells mithilfe eines Algorithmus zur Steinzerlegung bestimmt (s. Kapitel 2). Durch die Auswahl von charakteristischen Steinpositionen in der dritten Ebene kann mithilfe der Durchführung von Zeitmessungen der Aufwandswert über die erzielbare Wandfläche je Stein ermittelt werden. Die hierzu im Versuch gesetzten Steine sind in dem Grundriss rot markiert und zur Identifikation der einzelnen Steine für die korrekte Verlegereihenfolge durchnummeriert.



Abbildung

#### 4: Auswahl charakteristischer Steinpositionen zur Zeitmessung

Aus dem Grundriss des Probegebäudes gehen die Abmessungen des betrachteten Bauwerks und die Raumaufteilung hervor. Die Position der Bemörtelungsanlage befindet sich links neben dem Gebäude. Daher werden anhand der charakteristischen Steine (rot markiert) im Rahmen des Versuchs die längsten Transportweiten der Mauersteine für das vorliegende Referenzgebäude betrachtet. Außerdem

enthalten die ausgewählten Mauersteine verschiedene Einbaupositionen in Längs- und Querrichtung, wodurch sich ein fundierter Mittelwert für den Durchlauf eines Steins bilden lässt.

Durch die Verwendung von verschiedenen Messmethoden wird eine Unabhängigkeit der ermittelten Zeitwerte von der jeweiligen Methode sichergestellt. Hierbei wurden im Versuch neben den kamerabasierten Messungen auch manuelle Zeitwerte durch eine Stoppuhr erhoben. Durch den Einsatz einer Drohne sowie mithilfe von installierten Kameras an verschiedenen Stellen des Systems konnten die einzelnen Prozessschritte für verschiedene Steinpositionen in den Messwerten erfasst werden. Da die Auswertung der Kameradaten erst im Anschluss an den Versuch durchgeführt wurde und die jeweiligen Messmethoden bei verschiedenen Steinpositionen angewandt wurden, ergibt sich abhängig von der jeweiligen Messmethode eine unterschiedliche Anzahl an Messwerten. Außerdem wurde im Verlauf des Versuchs die Fahrgeschwindigkeit des Endeffektors erhöht, um dessen Einfluss auf den Arbeitsprozess zu ermitteln. Hierzu ist anzumerken, dass der Transportvorgang unabhängig vom verwendeten Steinformat stattfindet, da die Abmessungen des Steins keinen Einfluss auf die Fahrtdauer des Endeffektors haben.

Anhand der verschiedenen Messwerte und des definierten Steinformats konnte im Anschluss an den Versuch eine Berechnung der resultierenden Aufwandswerte für das automatisierte Mauern von Kalksandsteinen mittels Seilrobotik erfolgen.

## **4 Wirtschaftlichkeitsbetrachtung des automatisierten Mauerns**

Zur Beurteilung der Wirtschaftlichkeit des automatisierten Mauerns unter Verwendung des Seilroboters ist eine Betrachtung der erforderlichen Ausführungszeiten von Mauerwerk in der konventionellen Bauweise und bei der Nutzung des automatisierten Bauverfahrens notwendig. Hierzu wurden anhand der Versuchsreihe die Prozesszeiten gemessen und zur Berechnung der Aufwandswerte des automatisierten Mauerns für verschiedene Steinformate genutzt.

### **4.1 Darstellung der experimentell ermittelten Aufwandswerte**

Im Folgenden werden die im Versuch ermittelten Prozesszeiten für die einzelnen Prozessschritte grafisch dargestellt. Durch die Bildung eines Mittelwertes der erhobenen Zeiten kann eine fundierte Aussage über die durchschnittlich erforderliche Ausführungszeit je Mauerstein getroffen werden. Außerdem zeigen die Diagramme die Streuung der Einzelwerte zueinander und in Bezug auf den errechneten Mittelwert. Die dargestellten Zeitwerte beziehen sich nicht auf einen einzelnen Stein, da zur Erfassung möglichst vieler Steinpositionen die Messmethoden entsprechend aufgeteilt wurden. Somit liegt eine unterschiedliche Anzahl an Messwerten für die verschiedenen Messmethoden vor.

In dem Diagramm (s. Abbildung 4) sind die Messwerte in Abhängigkeit von der jeweiligen Messmethode und in ihrer Erhebungsreihenfolge aufgeführt. Somit beziehen sich die Werte der ersten Spalte (29,0 s, 29,7 s, 30,9 s) nicht auf denselben Mauerstein, sondern stellen den ersten Messwert einer einzelnen Messmethode dar. Ferner fällt auf, dass für die einzelnen Messmethoden eine unterschiedliche Anzahl an Messwerten ermittelt werden konnte. Dies ist bei den kamerabasierten Verfahren u.a. auf die Positionierung der Kameras in Bezug zum Gebäude zurückzuführen. Als Beispiel wurde die Position der Kamera zur Aufzeichnung der Bemörtelung im weiteren

Versuchsverlauf verändert, sodass die Kamera ebenfalls auf dem Endeffektor zur Aufnahme des Transport- und Einbauvorgangs der Steine verwendet wurde.

In der unteren Grafik (s. Abbildung 4) ist zusehen, dass aus den erfassten Messdaten eine durchschnittliche Zeit von 30,0 Sekunden für den Teilprozess der Bemörtelung hervorgeht. Hierbei zeigen sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den verschiedenen Messmethoden. Dies zeigt sich auch an der geringen Streuung aller Messwerte. Hierdurch lässt sich ableiten, dass im Teilprozess der Bemörtelung eine konstante Zeit im Prozess zu erwarten ist. Somit bietet dieser Teilprozess nur ein geringes Potential für weitere Verbesserungen des automatisierten Arbeitsablaufes.

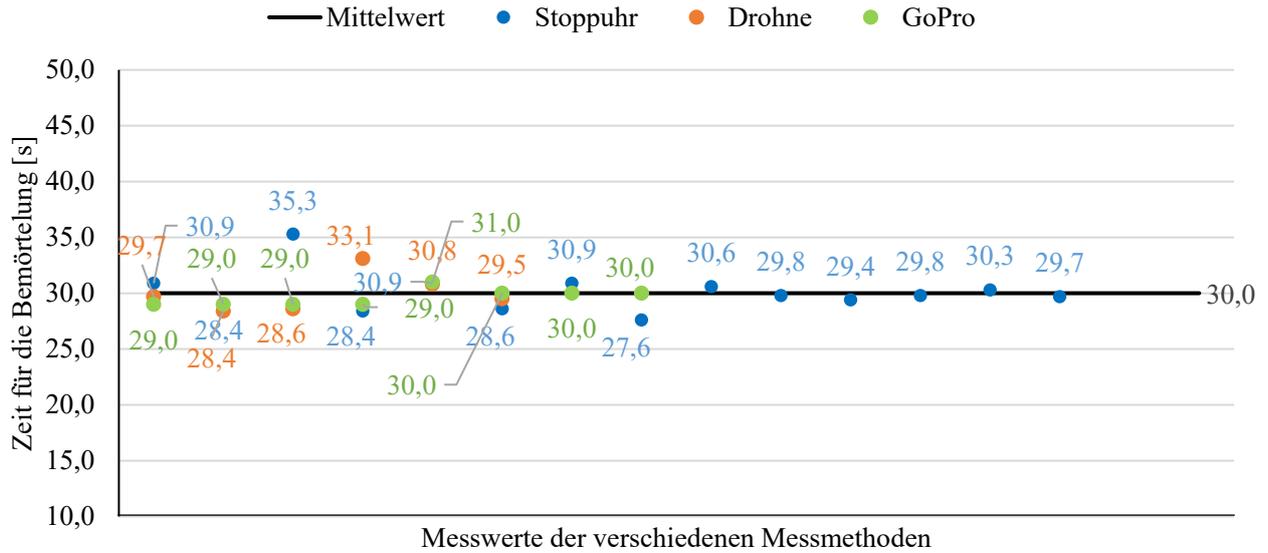


Abbildung 5: Zeitwerte für den Teilprozess der Bemörtelung

Aus der nachstehenden Abbildung 5 sind die Zeitwerte für den Teilprozess der Referenzierung abzulesen. Dieser enthält als Hauptarbeitsschritt die Steindetektion durch die am Endeffektor verbauten Lasersensoren, welche den Stein in beiden Achsrichtungen einmessen. Hierbei beläuft sich das arithmetische Mittel auf einen Wert von 48,6 Sekunden.

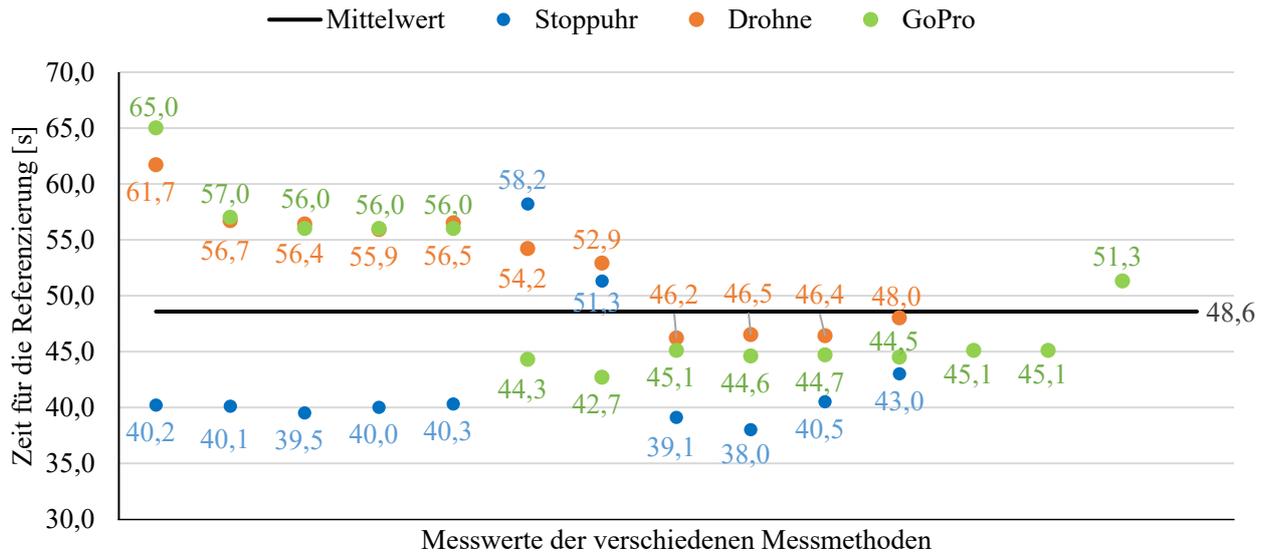


Abbildung 6: Zeitwerte für den Teilprozess der Referenzierung

Im Vergleich zum vorherigen Teilvorgang der Bemörtelung weist die Referenzierung demnach einen höheren Zeitbedarf auf. Weiterhin liegt auch eine größere Streuung der einzelnen Messwerte vor. Die Messungen mit der Stoppuhr wurden hierbei später im Versuchsablauf, durchgeführt, sodass sich aufgrund einer im Versuchsverlauf erhöhten Fahrgeschwindigkeit des Endeffektors geringere Zeiten als bei den kamerabasierten Verfahren ergeben. Mithilfe der Erhöhung der Fahrgeschwindigkeit im Versuch erfolgte die Überprüfung des Einflusses auf die ermittelten Aufwandswerte. Hierbei zeigte sich ein geringer Einfluss der erhöhten Fahrgeschwindigkeit auf die resultierenden Prozesszeiten sowie auf die insgesamt erforderliche Durchlaufzeit eines Steins, welche in Tabelle 1 errechnet wird. Der geringe Einfluss der erhöhten Geschwindigkeit kann auf die kleine Transportentfernung im Versuch aufgrund der geringen Abmessungen des Probegebäudes zurückgeführt werden.

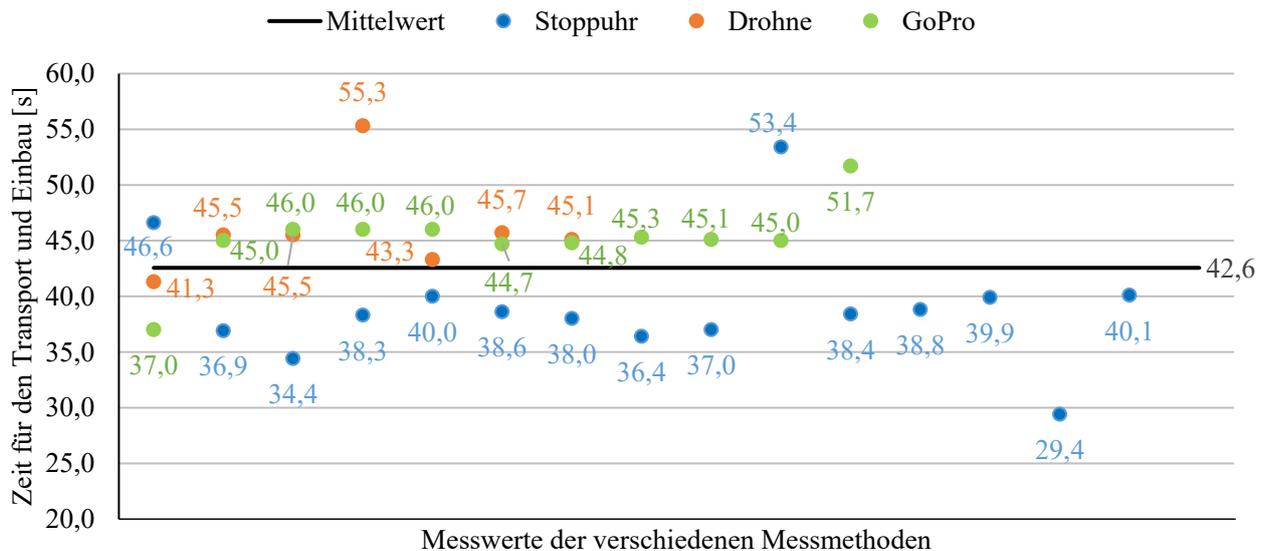


Abbildung 7: Zeitwerte für den Teilprozess des Transports und Einbaus

Für den dritten Teilprozess, welcher den Transport und den Einbau der Steine beinhaltet, ergeben die erhobenen Messdaten einen Durchschnittswert von 42,6 Sekunden (s. Abbildung 6). Auch hier weisen die Messungen mit der Stoppuhr aufgrund der im Versuch erhöhten Fahrgeschwindigkeit kürzere Zeiten auf. Eine weitere Abhängigkeit ergibt sich in diesem Teilprozess aufgrund des unterschiedlich langen Transportweges zum Einbauort. Durch eine Aufsummierung der aus den Prozesszeiten hervorgehenden Zeitwerte errechnet sich die Durchlaufzeit eines einzelnen Steins, welche zur Berechnung der Aufwandswerte angesetzt wird. Die resultierenden Aufwandswerte des automatisierten Mauerns ergeben sich abhängig vom betrachteten Steinformat und unabhängig von der Wanddicke zu den folgenden Werten (s. Tabelle 1).

Arbeitsablauf der Teilprozesse		chronologisch	parallele Bemörtelung
Durchlaufzeit [mm:ss]		02:01,7	01:31,8
Steingröße [mm]	Wandfläche [m <sup>2</sup> ]	Aufwandswert [h/m <sup>2</sup> ]	Aufwandswert [h/m <sup>2</sup> ]
248 x WD x 248	0,0615	0,5510	0,4155
498 x WD x 248	0,1235	0,2744	0,2069
998 x WD x 498	0,4970	0,0682	0,0514
998 x WD x 623	0,6218	0,0545	0,0411

*Tabelle 3: Berechnung der Aufwandswerte von Kalksandsteinen beim automatisierten Mauern*

Bei den Aufwandswerten des automatisierten Mauerns ist zwischen zwei möglichen Ausführungsvarianten der Mauerarbeiten zu unterscheiden (s. Tabelle 1). Bei der chronologischen Ausführung werden die einzelnen Teilprozesse bei jedem Stein nacheinander ausgeführt. Hierdurch ergibt sich eine erforderliche Zeit von 121,7 Sekunden. Durch eine parallele Bemörtelung des Folgesteins zeitgleich zum Einbauvorgang durch den Endeffektor lässt sich die erforderliche Ausführungsdauer eines einzelnen Steins auf 91,8 Sekunden reduzieren. Durch die erzielbare Wandfläche je Mauerstein lassen sich die Aufwandswerte der betrachteten Steinformate berechnen. Diese liegen für die chronologische Ausführung der Arbeiten in einem Wertebereich zwischen 0,55 und 0,05 h/m<sup>2</sup>. Bei der Anwendung der parallelen Bemörtelung werden aufgrund der verkürzten Zeit Aufwandswerte zwischen gerundet 0,42 und 0,04 h/m<sup>2</sup> erreicht. Somit liegt eine deutliche Verringerung der Aufwandswerte mit zunehmender Steingröße bei Nutzung des Seilroboters vor.

## 4.2 Zeitvergleich des automatisierten und manuellen Mauerns

Nach der Ermittlung der Aufwandswerte für das automatisierte Mauern unter Verwendung des Seilroboters kann der Vergleich mit den Aufwandswerten des konventionellen Mauerprozesses durchgeführt werden, um die mögliche Vorteilhaftigkeit des automatisierten Vorgehens herauszuarbeiten und im Vergleich zu der konventionellen Bauweise zu beurteilen. In der nachstehenden Abbildung folgt eine Zusammenstellung der ermittelten Aufwandswerte aus dem Versuch gegenüber den Literaturwerten aus [11, S. 7 ff.] für ein manuelles Mauern von Kalksandsteinen (s. Abbildung 7).

In dem Diagramm werden die Aufwandswerte farbige unterteilt nach den Steingrößen dargestellt. Insgesamt zeigt sich, dass mit zunehmender Steingröße der Aufwandswert unabhängig von der Art der Bauausführung abnimmt. Weiterhin fällt auf, dass die Literaturangaben sich für verschiedene Wanddicken auf einem annähernd gleichbleibenden Niveau befinden. Beim Seilroboter hingegen ist ein signifikanter Abfall der Aufwandswerte mit zunehmender Steingröße zu erkennen. Somit hat der

Seilroboter eindeutige Vorteile bei der Verarbeitung von großformatigen Steinen. Dies resultiert aus der gleichbleibenden Prozesszeit unabhängig von der Größe des Steinformats, die der Seilroboter für das Durchlaufen der drei Teilprozesse für einen Stein benötigt.

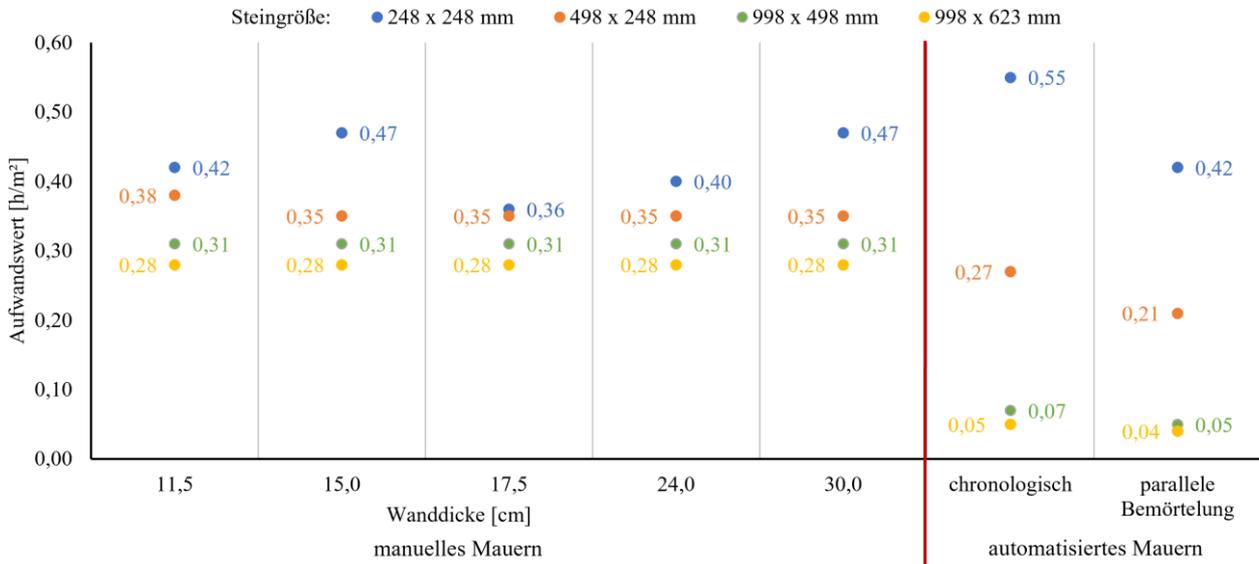


Abbildung 8: Vergleich der Aufwandswerte für manuelles und automatisiertes Mauern

Eine Veranschaulichung der Bedeutung der Unterschiede in den Aufwandswerten und der starken Verringerung bei den Werten des Seilroboters zeigt sich bei der Berechnung der täglich erzielbaren Wandfläche. Hierzu wird von einem Arbeitstag mit acht Stunden ausgegangen. Die erreichbaren Tagesmengen an Mauerwerk sind in dem folgenden Diagramm (s. Abbildung 8) abgebildet und orientieren sich zur Vergleichbarkeit an der üblichen Arbeitszeit eines Maurers von acht Stunden.

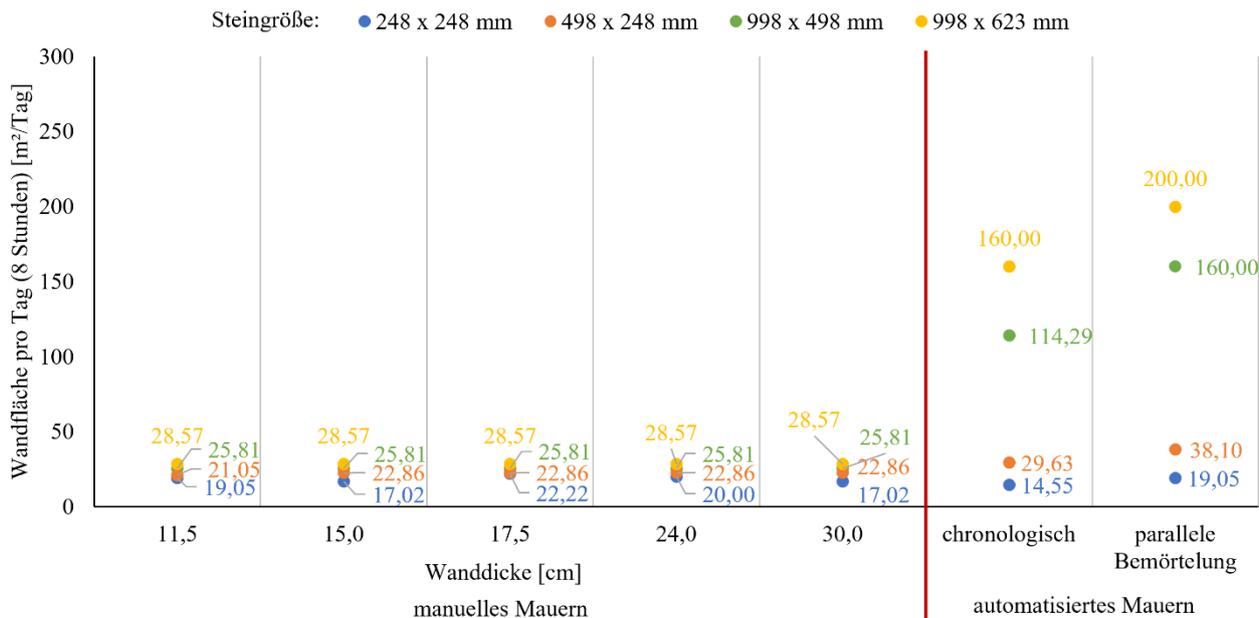


Abbildung 9: Erzielbare Wandfläche pro Tag beim manuellen und automatisierten Mauern

Durch den Vergleich der Tagesmengen zeigt sich, dass der Seilroboter eine deutlich höhere Tagesleistung, als ein einzelner Maurer im konventionellen Bauprozess händisch herstellen kann, erzielt. Dies wird vor allem bei den großformatigen Steinen durch die große Differenz zwischen den berechneten Tageswerten ersichtlich. Zur Erreichung der gleichen Tagesleistung an Mauerwerk, die der Seilroboter bei der parallelen Bemörtelung umsetzt, werden für das größte betrachtete Steinformat sieben menschliche Arbeitskräfte benötigt, die acht Stunden kontinuierlich wie der Roboter ohne körperliche Erschöpfung arbeiten. Hieran zeigt sich, dass große Leistungsvermögen des Seilroboters unter Verwendung von großformatigen Steinen gegenüber der konventionellen Bauweise, sodass eine höhere Bauleistung pro Zeit mit einem geringeren Personaleinsatz umgesetzt werden kann.

## 5 Potentialanalyse zur wirtschaftlichen Verbesserung des automatisierten Mauerns

Weiterhin bestehen beim Seilroboter diverse Möglichkeiten das Leistungsniveau auszubauen. Hierbei sind insbesondere weitere Zeiteinsparungen in der erforderlichen Durchlaufzeit eines einzelnen Mauersteins denkbar. Diese lassen sich durch die Verbesserung oder den Austausch von einzelnen Komponenten des Systems erzielen. In Bearbeitung befindet sich hierbei die Implementierung einer kameragestützten Bilderkennung zur Detektion der bereitgestellten Mauersteine am Übergabepunkt.

Hierdurch kann die zeitaufwändige Dauer zur Detektion der Steine durch die verbauten Lasersensoren signifikant verringert werden. Somit verkürzt sich der zeitintensive Teilprozess der Referenzierung, was zu einer kürzeren Gesamtzeit je Mauerstein führt. Die Auswirkungen der Installation einer Bilderkennung auf die erforderliche Durchlaufzeit eines einzelnen Mauersteins und die resultierenden Aufwandswerte für das automatisierte Mauern inklusive einer implementierten kamerabasierten Bilderkennung sind in der folgenden Tabelle aufgeführt (s. Tabelle 2).

Arbeitsablauf der Teilprozesse		chronologisch	parallele Bemörtelung
Durchlaufzeit [mm:ss]		01:36,7	01:06,8
Steingröße [mm]	Wandfläche [m <sup>2</sup> ]	Aufwandswert [h/m <sup>2</sup> ]	Aufwandswert [h/m <sup>2</sup> ]
248 x WD x 248	0,0615	0,4381	0,3026
498 x WD x 248	0,1235	0,2182	0,1507
998 x WD x 498	0,4970	0,0542	0,0374
998 x WD x 623	0,6218	0,0433	0,0299

Tabelle 4: Berechnung der Aufwandswerte für Kalksandsteine bei Verwendung der Bilderkennung

Die Aufwandswerte zeigen unter Verwendung einer Bilderkennung zur Steindetektion eine weitere signifikante Verbesserung auf. Für die im Versuch gesetzte Steingröße von 248 x 248 mm ergibt sich beispielsweise eine Verbesserung von 0,55 h/m<sup>2</sup> auf 0,44 h/m<sup>2</sup> in der chronologischen Ausführung sowie von 0,42 h/m<sup>2</sup> auf 0,30 h/m<sup>2</sup> bei der parallelen Bemörtelung eines Folgesteins. Dies entspricht einer Reduzierung der erforderlichen Zeit auf gerundet 80 bzw. 71 Prozent. Somit zeigt sich in dieser Variante durch die Implementierung einer Bilderkennung zur Steindetektion die Vorteilhaftigkeit des Seilroboters bereits bei dem im Versuch gesetzten Steinformat von 6DF-Kalksandsteinen, sodass eine Anwendung des Seilroboters gegenüber einem menschlichen Maurer auch in dieser Größenkategorie vorteilhaft wird. Die Vorteile des Seilroboters bei der Verwendung von größeren Steinformaten gegenüber dem manuellen Mauern bauen sich aufgrund der verkürzten Zeit weiter aus.

## 6 Diskussion der Ergebnisse

In Bezug auf eine verbreitete Einführung der automatisierten Mauerwerkserrichtung müssen wesentliche Vorteile aus Sicht des ausführenden Unternehmens gegenüber dem konventionellen Mauern vorliegen, damit sie als alternative Ausführungsart von den Bauunternehmen in Betracht gezogen wird. Hierfür maßgebend ist die wirtschaftliche Vorteilhaftigkeit eines Bauverfahrens.

Unter der Wirtschaftlichkeit wird im Allgemeinen das Verhältnis vom wertmäßigen Output (Ertrag) zum wertmäßigen Input (Aufwand) verstanden. [12, S. 21] Hierbei kann unter dem Ertrag im Kontext der Bauausführung das errichtete Gebäude angesehen werden, während sich der Aufwand aus den eingesetzten Ressourcen (z.B. Personal, Gerät, Zeit) zur Erreichung des Ziels zusammensetzt. Dieser Ressourceneinsatz unterscheidet sich bei den beiden betrachteten Ausführungsvarianten von Mauerwerksarbeiten erheblich. Bei der konventionellen Bauweise wird mehr Personal eingesetzt, während bei der Nutzung des Seilroboters Gerätekosten für dessen Anschaffung und den Betrieb des Systems entstehen. Diese müssen in einer gesonderten Untersuchung detailliert betrachtet werden. Im durchgeführten Versuch wurde zunächst eine zeitliche Betrachtung der beiden Bauverfahren umgesetzt, welche sich auf die Unterschiede in den Aufwandswerten konzentriert.

Die Ergebnisse zeigen eine Vorteilhaftigkeit des Seilroboters, welche sich mit zunehmenden Steinabmessungen und der Weiterentwicklung des Systems durch die Installation von neuen Komponenten weiter ausdehnt. Somit hat der Seilroboter bei ungehinderter Arbeitsausführung und der Verwendung von großformatigen Mauersteinen einen klaren Zeitvorteil gegenüber der konventionellen Bauweise. Hierbei kommt er zusätzlich mit deutlich geringerem Personal aus.

In Bezug auf die Wirtschaftlichkeit des Systems sind neben den zeitlichen Aspekten auch die entstehenden Kosten für das ausführende Bauunternehmen zu beachten. Hierbei sind die aufgrund des geringeren Personalbedarfs eingesparten Kosten des Unternehmens den erforderlichen Ausgaben für die Anschaffung und den Betrieb des Seilroboters gegenüberzustellen. Für eine vollständige Betrachtung der wirtschaftlichen Vorteilhaftigkeit muss dies unter Beachtung der ausführbaren Baumenge und bezogen auf die erforderliche Bauzeit bei beiden Varianten der Bauausführung durchgeführt werden.

Das maßgebende Kriterium für eine verbreitete Anwendung des Seilroboters im Mauerwerksbau wird sein, dass er eine größere Wandfläche in kürzerer Zeit und zu einem geringeren Kostenaufwand verglichen mit der herkömmlichen Bauweise herstellen kann. Hier wird der erzielbare zeitliche Vorteil durch die Umsetzung von Verbesserungen am bestehenden System interessant, die den Seilroboter gegenüber dem manuellen Bauen weiterführend begünstigen.

## 7 Fazit und Ausblick

Der Seilroboter ist zeitlich konkurrenzfähig mit dem manuellen Mauern im Bereich von kleinformatischen Steinen. Dies wurde im Versuch anhand der vermauerten 6DF-Kalksandsteine nachgewiesen. Mit zunehmender Steingröße bekommt der Seilroboter signifikante Zeitvorteile, die sich in einer starken Reduzierung des Aufwandswertes gegenüber den erforderlichen Zeiten des manuellen Mauerns zeigen. Somit erreicht der Seilroboter für großformatige Steine eine deutlich höhere Tagesleistung. Durch umsetzbare Verbesserungen am System des Seilroboters wie z.B. der

Implementierung einer Bilderkennung zur Steindetektion lassen sich weitere Steigerungen des zeitlichen Vorteils für das automatisierte Mauern gegenüber der konventionellen Bauweise umsetzen. Die ermittelten Aufwandswerte müssen zur Validierung im Rahmen eines Pilotprojektes bei einem realen Bauprojekt erprobt werden, um die zeitliche Vorteilhaftigkeit des Systems zu überprüfen.

## Danksagung

Diese Arbeit entstand im Rahmen der Projekte „Langfristige experimentelle Untersuchung und Demonstration von automatisiertem Mauern und 3D-Druck mit Seilrobotern“ und „Auf dem Weg zur digitalen Bauausführung: Automatisierung des Rohbaus mit Seilroboter-Technik“, gefördert durch das Ministerium für Heimat, Kommunales, Bau und Digitalisierung des Landes Nordrhein-Westfalen.

## 8 Literaturverzeichnis

- [1] J. Otto, J. Kortmann und M. Krause, "Wirtschaftliche Perspektiven von Beton-3D-Druckverfahren", *Beton und Stahlbetonbau*, Jg. 115, Nr. 8, S. 586–597, 2020, doi: 10.1002/best.201900087.
- [2] Statistisches Bundesamt, *Verteilung der Betriebe im Bauhauptgewerbe in Deutschland nach Beschäftigtengrößenklassen im Jahr 2022*. [Online]. Verfügbar unter: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/152113/umfrage/struktur-der-unternehmen-im-bauhauptgewerbe-in-deutschland-2007/> (Zugriff am: 15. März 2024).
- [3] Hauptverband der Deutschen Bauindustrie e.V., *Fachkräftesituation im Bauhauptgewerbe*. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.bauindustrie.de/zahlen-fakten/auf-den-punkt-gebracht/fachkraeftesituation-im-bauhauptgewerbe> (Zugriff am: 15. März 2024).
- [4] C.-P. Meier, "Kapitalintensität und Arbeitsproduktivität im Baugewerbe", Bonn 45/2023, 2023.
- [5] R. Boumann, P. Lemmen, R. Heidel und T. Bruckmann, "Optimization of Trajectories for Cable Robots on Automated Construction Sites" in *37<sup>th</sup> International Symposium on Automation and Robotics in Construction (ISARC 2020)*, 2020, S. 465–472.
- [6] T. Roske *et al.*, "Automatisierter Bau von Kalksandstein-Mauerwerk mit Seilrobotern", *Mauerwerk*, Jg. 25, Nr. 2, S. 82–89, 2021, doi: 10.1002/dama.202110011.
- [7] T. Bruckmann, H. Mattern, A. Spengler, A. Malkwitz und M. König, "Automated Construction of Masonry Buildings using Cable-Driven Parallel Robots" in *33rd International Symposium on Automation and Robotics in Construction (ISARC 2016)*, 2016, S. 332–340.
- [8] A. Malkwitz, A. J. Spengler und T. Bruckmann, "Baubetriebliche Untersuchung von Robotersystemen im Mauerwerksbau", *Bautechnik*, Jg. 96, Nr. 5, S. 375–379, 2019, doi: 10.1002/bate.201800090.

- 
- [9] C. Jeziorek *et al.*, "Auswahlverfahren für geeignete Deckensysteme zur Automatisierung der Rohbauerstellung" in *9. IFToMM-D-A-CH Konferenz*, Basel, 2023, doi: 10.17185/DUEPUBLICO/77398.
- [10] F. Berner, B. Kochendörfer, R. Schach, H. C. Jünger, J. Otto und M. Sundermeier, *Grundlagen der Baubetriebslehre 2: Baubetriebsplanung*, 3. Aufl. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden, 2022.
- [11] Bundesverband Kalksandsteinindustrie e.V., *Richtzeiten mit Kalksandstein*. [Online]. Verfügbar unter: <https://shop.ks-original.de/media/pdf/b9/f5/3a/KS-Richtzeiten.pdf> (Zugriff am: 21. Juni 2024).
- [12] G.-I. Spindler, *Basiswissen Allgemeine Betriebswirtschaftslehre: Quick Guide für (Quer-)Einsteiger, Jobwechsler, Selbstständige, Auszubildende und Studierende*, 2. Aufl. Wiesbaden, Germany, Heidelberg: Springer Gabler, 2020.

# Definition von Projektentwicklungsformen anhand ihrer Bestandteile

*Benedikt Schmidt<sup>1</sup> und Samuel Wellmann<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> *Institut für Baubetriebslehre, Universität Stuttgart, benedikt.schmidt@ibl.uni-stuttgart.de*

<sup>2</sup> *Institut für Baubetriebslehre, Universität Stuttgart, samuel.wellmann@gmx.de*

## Kurzfassung

Beim Austausch zum Thema Projektentwicklungsformen fällt immer wieder auf, dass die gängigen Bezeichnungen sehr heterogen verwendet werden. Gerade im wissenschaftlichen Austausch ist eine einheitliche und eindeutige Bezeichnung von Projektentwicklungsformen für ein tiefergreifendes Verständnis jedoch unerlässlich. Im Rahmen dieses wissenschaftlichen Aufsatzes soll gezeigt werden, wie Projektentwicklungsformen anhand ihrer Bestandteile definiert werden können. Dazu wird zunächst erläutert, anhand welcher Elemente sich eine Projektentwicklungsform beschreiben lässt und eine Auswahl an Komponenten von Projektentwicklungsformen dargestellt. Anschließend wird ein theoretischer Ansatz erläutert, wie diese Komponenten zu theoretischen Projektentwicklungsformen kombiniert, auf logische Ausschlüsse geprüft und gruppiert werden können. Die so erhaltenen, unterschiedlichen Kombinationsgruppen werden abschließend den gängigen Bezeichnungen von Projektentwicklungsformen zugeordnet. So wird eine eindeutige und homogene Definition von Projektentwicklungsformen anhand ihrer Bestandteile ermöglicht. Gerade für die Abgrenzung von traditionellen zu innovativen Projektentwicklungsformen sowie für die Bezeichnung unterschiedlicher innovativer Ansätze, bei denen derzeit oft dieselben Bezeichnungen für unterschiedliche Entwicklungsformen verwendet werden, bietet der hier dargestellte Ansatz eine praktikable Lösung für eine bessere Kommunikation in Wissenschaft und Praxis.

*Schlagerörter: Projektentwicklung, Projektentwicklungsformen, Bestandteile, Definition*

# 1 Einleitung

Beim Austausch zum Thema Projektentwicklungsformen mit Kolleginnen und Kollegen aus der Forschung oder mit Personen aus der Praxis fällt immer wieder auf, dass die gängigen Bezeichnungen sehr heterogen verwendet werden. So wird beispielsweise unter konventioneller Projektentwicklung zwar zumeist die klassische Projektentwicklung mit getrennter Planungs- und Ausführungsphase basierend auf einem Einheitspreisvertrag verstanden, in Abgrenzung zu innovativen Projektentwicklungsformen wird aber auch die Projektentwicklung mit Totalunternehmer teilweise als konventionell bezeichnet. Ähnlich verhält es sich bei der Bezeichnung von partnerschaftlichen Projektentwicklungsformen, insbesondere auch in Abgrenzung zu integrierten Projektentwicklungsformen. Auch hier gibt es kein einheitliches Verständnis darüber, wann eine Projektentwicklungsform partnerschaftlich oder integriert ist. Erschwerend kommt hinzu, dass Bauunternehmen mit partnerschaftlicher Projektentwicklung werben, sich dahinter jedoch meist eine Abwicklung als Totalunternehmer sowie der Wille zu guter Kommunikation verbirgt. Schaut man darüber hinaus in den englischsprachigen Raum, wird die Verwirrung noch größer: hier wird die Projektentwicklung nach dem Design-Build-Ansatz, die im Wesentlichen der Abwicklung mit Totalunternehmer entspricht, nicht nur als konventionelle Projektentwicklungsform, sondern (auch aufgrund der zahlreichen Weiterentwicklungen und Unterformen) ebenso als integrierte Projektentwicklung bezeichnet. [1]

In der jüngeren Literatur finden sich verschiedene Studien, die einen strukturierenden Ansatz zur Definition bzw. Kategorisierung von Projektentwicklungsformen liefern. Abuzeineh, u. a. verwenden die Vertragsart, die Vertragsabwicklung, das Ausschreibungsverfahren sowie die Kriterien für die Auswahl der Auftragnehmer zur Beschreibung von Projektentwicklungsformen [2]. Bei Hashem Mehany, u. a. erfolgt die Unterscheidung anhand der Vergabe, des Vertrags und dem Umgang mit Konflikten [3]. Budau und Mayer definieren die Elemente Vertragsart, Vergabeart und Unternehmereinsatzform, die der Kategorisierung der unterschiedlichen Komponenten von Projektentwicklungsformen dienen [4]. Bücken sieht zur Kategorisierung neben der Vertragsform und Vergabeart die Projektorganisationsform vor, die wiederum aus der Planereinsatzform, der Unternehmereinsatzform und der Projektmanagementform besteht [5]. Im Rahmen einer von Geppert am Institut für Baubetriebslehre durchgeführten Literaturstudie, bei der neben den Ausführungen von Budau und Mayer sowie Bücken weitere Studien untersucht wurden, entstand die in Abbildung 1-1 dargestellte Definition der Bestandteile bzw. Elemente von Projektentwicklungsformen.



Abb. 1-1: Bestandteile von Projektentwicklungsformen im Bauwesen<sup>2</sup>

<sup>2</sup> Darstellung Geppert, in Anlehnung an Bücken [5], Budau, Mayer [4], Racky [6] und Willwerth [7]

Aufbauend auf dieser Definition verfolgt Wellmann [8] einen theoretischen Ansatz zur Kategorisierung von Projektabwicklungsformen. Werden für die fünf Elemente einer Projektabwicklungsform jeweils eine endliche Anzahl an Komponenten definiert, ergibt sich eine endliche Anzahl an Kombinationsmöglichkeiten. Diese Kombinationsmöglichkeiten können analysiert und dabei die folgenden wissenschaftlichen Fragestellungen untersucht werden:

- Lassen sich die verschiedenen Kombinationsmöglichkeiten eindeutig nur einer der gängigen Bezeichnungen von Projektabwicklungsformen zuordnen oder gibt es Kombinationsmöglichkeiten die mehreren Bezeichnungen zuzuordnen sind?
- Gibt es Kombinationsmöglichkeiten, die zwar theoretisch umsetzbar sind, aber keiner der bestehenden Bezeichnungen von Projektabwicklungsformen zugeordnet werden können bzw. lassen sich auf diesem Weg neue Projektabwicklungsformen finden?

Die Ergebnisse sollen im Folgenden dargestellt werden.

## 2 Elemente und Komponenten von Projektabwicklungsformen

In Anlehnung an Budau und Mayer werden die Bestandteile von Projektabwicklungsformen als Elemente und Komponenten bezeichnet [4]. Dabei beschreibt der Begriff *Element* die kategorisierende Bezeichnung der Bestandteile. Die Elemente einer Projektabwicklungsform sind somit die Vergabeart, die Vertragsform, die Planereinsatzform, die Unternehmereinsatzform und die Projektmanagementform, wobei die letzten drei Elemente zusammengefasst als Projektorganisationsform bezeichnet werden können. Diese Elemente kategorisieren als Oberbegriff die verschiedenen Komponenten, aus denen sich eine Projektabwicklungsform zusammensetzt. Im Rahmen dieser Untersuchung werden die folgenden Komponenten betrachtet.

Vergabeart:

- Öffentliche Ausschreibung
- Beschränkte Ausschreibung
- Freihändige Vergabe bzw. Verhandlungsverfahren

Vertragsform:

- Einheitspreisvertrag
- Pauschalpreisvertrag
- Garantierter Maximalpreisvertrag
- Mehrparteienvertrag

Planereinsatzform:

- Einzelplaner
- Generalplaner

- Totalunternehmer (bzw. Totalübernehmer)

Unternehmereinsatzform:

- Einzelleistungsträger
- Generalunternehmer (bzw. Generalübernehmer)
- Totalunternehmer (bzw. Totalübernehmer)

Projektmanagementform:

- Projektmanagement durch den Bauherrn
- Projektmanagement mit externer Projektsteuerung bzw. externem Projektcontrolling
- Externes Projektmanagement

## 2.1 Kombination der Komponenten

Werden die Komponenten von Projektabwicklungsformen kombiniert, indem je Element eine Komponente ausgewählt wird, ergeben sich *theoretische Projektabwicklungsformen*, die im Weiteren untersucht werden können. Die hier aufgeführten 16 Komponenten lassen sich so zu 324 theoretischen Projektabwicklungsformen kombinieren.

Die Auswahl der Komponenten bestimmt dabei maßgeblich, welche Projektabwicklungsformen entstehen können. Werden für bestimmte Projektabwicklungsformen charakteristische Komponenten nicht berücksichtigt, werden auch keine Kombinationen entstehen, die dieser Projektabwicklungsform zugeordnet werden können. Ist beispielsweise, wie auch in dieser Untersuchung, keine Vertragsform gewählt, die einer Öffentlich-Privaten Partnerschaft zugrunde gelegt werden kann, wird auch keine der entstehenden Kombinationen der Projektabwicklungsform Öffentlich-Private Partnerschaft zugeordnet werden können.

## 2.2 Logische Ausschlüsse von Kombinationen

Bei der Kombination von Komponenten entstehen auch Zusammensetzungen die aufgrund von logischen Überlegungen auszuschließen sind. Die Ausschlussgründe können in drei Kategorien unterteilt werden: die doppelte Vergabe von Leistungsbestandteilen, vertragliche Problematiken und Vergaberechtliche Einschränkungen.

### 2.2.1 Doppelte Vergabe von Leistungsbestandteilen

Bei den theoretischen Projektabwicklungsformen kann es im Bereich der Projektorganisationsform zur doppelten Vergabe von Leistungsbestandteilen kommen. So lässt sich beispielsweise die Komponente Generalplaner im Element Planereinsatzform mit der Komponente Totalunternehmer im Element Unternehmereinsatzform kombinieren. Da der Totalunternehmer jedoch per Definition auch

die Planungsleistung übernimmt, würde diese Leistung doppelt vergeben. Ähnlich verhält es sich mit der Beauftragung eines Totalunternehmers sowie eines (zusätzlichen) externen Projektmanagements. Auch hierbei würden Leistungsbestandteile doppelt vergeben werden. Entsprechende Kombinationen sind somit auszuschließen.

### **2.2.2 Vertragliche Problematiken**

Je nachdem, welche Komponente im Element Vertragsform gewählt wurde, kann es zu logischen Ausschlüssen in den anderen Elementen kommen. So baut beispielsweise der GMP-Vertrag darauf auf, dass Einsparungen bei der Vergabe an Nachunternehmer entstehen. Erfolgt die Ausführung durch Einzelleistungsträger kann dieses Potenzial nicht ausgeschöpft werden. Den umgekehrten Fall stellt die Beauftragung eines Totalunternehmers dar, dessen Einsparpotenziale durch die detaillierte Vorgabe der Bauaufgabe in Form eines Einheitspreisvertrags zunichte gemacht werden. Entsprechend sind auch diese Kombinationen auszuschließen.

Ein weiterer logischer Ausschluss ergibt sich bei der Anwendung eines Mehrparteienvertrags. Für diesen sind neben dem Bauherrn wenigstens zwei weitere Parteien erforderlich. Erfolgt die Vergabe an einen Totalunternehmer gibt es neben dem Bauherrn jedoch nur eine weitere Partei und ein Mehrparteienvertrag ist nicht möglich.

### **2.2.3 Vergaberechtliche Einschränkungen**

Bei der Öffentlichen sowie der Beschränkten Ausschreibung findet im Rahmen des Vergabeverfahrens kein Austausch über Details der Planung statt. Dieser Austausch ist jedoch für den Abschluss eines Garantierten Maximalpreisvertrags oder eines Mehrparteienvertrags unerlässlich. Entsprechend sind Kombinationen dieser beiden Vertragsformen mit den Vergabearten Öffentliche und Beschränkte Ausschreibung auszuschließen.

## **2.3 Kombinationsgruppen**

Von den ursprünglich 324 theoretischen Projektabwicklungsformen bleiben nach Anwendung der Ausschlusskriterien noch 98 Kombinationen. Diese lassen sich wiederum in acht Kombinationsgruppen zusammenfassen, die in Tabelle 2-1 dargestellt sind. Die Kombinationsgruppen eins bis vier unterscheiden sich dabei nur in der Planer- und Unternehmereinsatzform. Hierbei werden Einzelplaner und Generalplaner bzw. Einzelleistungsträger und Generalunternehmer berücksichtigt. Kombinationsgruppe fünf vereint die Planer- und Unternehmereinsatzform durch die Vergabe an einen Totalunternehmer, wobei ein Pauschalpreisvertrag abgeschlossen wird. Kombinationsgruppe sechs und sieben werden durch den Garantierten Maximalpreisvertrag, Kombinationsgruppe 8 durch den Mehrparteienvertrag charakterisiert.

In Kapitel 3 werden die hier dargestellten Kombinationsgruppen den gängigen Bezeichnungen von Projektabwicklungsformen zugeordnet und somit die eingangs gestellten wissenschaftlichen Fragen beantwortet.

	Vergabeart	Vertragsform	Projektorganisationsform		
			Projektmanagementform	Planereinsatzform	Unternehmer-einsatzform
Kombinationsgruppe 1	Öffentliche Ausschreibung	Einheitspreisvertrag	Bauherr	Einzelplaner	Einzelleistungsträger
	Beschränkte Ausschreibung	Pauschalpreisvertrag	Projektcontrolling/ -steuerung		
	Freihändige Vergabe		externes Projektmanagement		
Kombinationsgruppe 2	Öffentliche Ausschreibung	Einheitspreisvertrag	Bauherr	Generalplaner	Einzelleistungsträger
	Beschränkte Ausschreibung	Pauschalpreisvertrag	Projektcontrolling/ -steuerung		
	Freihändige Vergabe		externes Projektmanagement		
Kombinationsgruppe 3	Öffentliche Ausschreibung	Einheitspreisvertrag	Bauherr	Einzelplaner	Generalunternehmer Generalübernehmer
	Beschränkte Ausschreibung	Pauschalpreisvertrag	Projektcontrolling/ -steuerung		
	Freihändige Vergabe		externes Projektmanagement		
Kombinationsgruppe 4	Öffentliche Ausschreibung	Einheitspreisvertrag	Bauherr	Generalplaner	Generalunternehmer Generalübernehmer
	Beschränkte Ausschreibung	Pauschalpreisvertrag	Projektcontrolling/ -steuerung		
	Freihändige Vergabe		externes Projektmanagement		
Kombinationsgruppe 5	Öffentliche Ausschreibung	Pauschalpreisvertrag	Bauherr	Totalunternehmer	Totalunternehmer
	Beschränkte Ausschreibung		Projektcontrolling/ -steuerung	Totalübernehmer	Totalübernehmer
	Freihändige Vergabe				
Kombinationsgruppe 6	Freihändige Vergabe	Garantierter Maximalpreisvertrag	Bauherr	Einzelplaner	Generalunternehmer
	Verhandlungsverfahren		Projektcontrolling/ -steuerung	Generalplaner	Generalübernehmer
			externes Projektmanagement		
Kombinationsgruppe 7	Freihändige Vergabe	Garantierter Maximalpreisvertrag	Bauherr	Totalunternehmer	Totalunternehmer
	Verhandlungsverfahren		Projektcontrolling/ -steuerung	Totalübernehmer	Totalübernehmer
Kombinationsgruppe 8	Freihändige Vergabe	Mehrparteienvertrag	Bauherr	Einzelplaner	Einzelleistungsträger
	Verhandlungsverfahren		Projektcontrolling/ -steuerung	Generalplaner	Generalunternehmer
			externes Projektmanagement		Generalübernehmer

Tab. 2-1: Kombinationsgruppen 1 bis 8

### 3 Gängige Bezeichnungen von Projektentwicklungsformen

In Kapitel 2 wurde gezeigt, welche Projektentwicklungsformen durch Kombination der dieser Untersuchung zugrunde gelegten Komponenten entstehen und anhand welcher Kriterien unlogische Kombinationen auszuschließen sind. Nun soll überprüft werden, inwieweit die hierbei entstandenen Kombinationen bzw. Kombinationsgruppen den gängigen Bezeichnungen von Projektentwicklungsformen entsprechen. Dabei werden mit der konventionellen, der

partnerschaftlichen sowie der integrierten Projektabwicklung die drei gängigsten Bezeichnungen für Projektabwicklungsformen im deutschsprachigen Raum. Die Projektabwicklung mit Totalunternehmer wird im Rahmen dieser Untersuchung als kombinierte Projektabwicklung bezeichnet und somit bewusst gegenüber der gängigen Bezeichnung *Projektabwicklung mit Totalunternehmer* abgegrenzt, die zumeist nicht zwischen Pauschalpreisvertrag und Garantiertem Maximalpreisvertrag differenziert.

### 3.1 Konventionelle Projektabwicklung

Als konventionelle Projektabwicklung wird die übliche Vergabepaxis von Bauprojekten in Deutschland durch die getrennte und aufeinander folgende Beauftragung von Planung und Ausführung unter Verwendung von Einheits- und Pauschalpreisverträgen verstanden [9, S. 12]. Eine frühzeitige Einbeziehung der ausführenden Unternehmen wird durch die scharfe Trennung von Planungs- und Ausführungsphase erschwert. [10, S. 300]. Teilweise wird die konventionelle Projektabwicklung auch als *traditionelle Projektabwicklung* bezeichnet. Dabei kann auch die Projektabwicklung mit Totalunternehmer als traditionelle Projektabwicklung angesehen werden [11, S. 435 ff.]. Im Rahmen dieser Untersuchung wird die Projektabwicklung mit Totalunternehmer jedoch separat betrachtet. Demnach sind die Kombinationsgruppen 1 bis 4 der konventionellen Projektabwicklung zuzuordnen. Dabei kann über die Unternehmereinsatzform eine Unterscheidung vorgenommen werden, indem die Bezeichnungen konventionellen Projektabwicklung mit Einzelleistungsträgern bzw. mit Generalunternehmer verwendet werden.

Die konventionelle Projektabwicklung entspricht der im englischen als Design-Bid-Build bezeichneten Projektabwicklung.

### 3.2 Kombinierte Projektabwicklung

Um Schnittstellen sowie Risiko und Aufwand für den Bauherrn zu reduzieren, ist die Vergabe an einen Totalunternehmer möglich [7, S. 54]. Dabei sollen dem Totalunternehmer durch eine funktionale Leistungsbeschreibung Einsparpotenziale gegeben werden. Außerdem ist das Projektmanagement vom Totalunternehmer durchzuführen, um auch terminliche Potenziale ausschöpfen zu können [11, S. 454 ff.]. Von den beiden Kombinationsgruppen, die Planung und Ausführung durch einen Totalunternehmer enthalten, kommt daher nur Kombinationsgruppe 5 für die kombinierte Projektabwicklung in Frage, da hier mit dem Pauschalpreisvertrag eine entsprechende Grundlage vorliegt. Kombinationsgruppe 6 weist mit dem Garantierten Maximalpreisvertrag eine andere Zielsetzung auf, weshalb sie nicht der kombinierten Projektabwicklung zugeordnet wird.

Im englischsprachigen Raum wird die kombinierte Projektabwicklung als Design-Build bezeichnet. Dabei ist jedoch zu beachten, dass es zahlreiche Unterformen der Abwicklungsform Design-Build gibt, deren Komponenten nicht der Kombinationsgruppe 5 entsprechen, die jedoch auch unter dem Begriff Design-Build zusammengefasst sein können.

### 3.3 Partnerschaftliche Projektabwicklung

Ziel der partnerschaftlichen Projektabwicklung ist es, die Vertragsparteien am Projekterfolg zu partizipieren und somit ein gemeinsames Interesse am Projekterfolg zu etablieren. Neben Vereinbarungen zur partnerschaftlichen Zusammenarbeit ist dabei vor allem die frühzeitige Einbindung von Ausführungskompetenz in der Planung ein wesentlicher Erfolgsfaktor. Dabei soll ein anreizorientiertes und transparentes Vergütungsmodell zum Einsatz kommen. [10, S. 300] Die partnerschaftliche Projektabwicklung kann dabei durch die frühzeitige Einbindung eines Generalunternehmers oder durch die Vergabe an einen Totalunternehmer erfolgen [12, S. 19]. Entsprechend sind die Kombinationsgruppen 6 und 7 der partnerschaftlichen Projektabwicklung zuzuordnen.

Eine direkte Gegenüberstellung der partnerschaftliche Projektabwicklung mit englischen Bezeichnungen ist nicht möglich. Während *Partnering* und *Project Alliancing* naheliegend wären, sind diese Projektabwicklungen nicht unbedingt mit einem Garnatierten Maximalpreisvertrag umzusetzen. Nur dann würden sie jedoch den hier dargestellten Kombinationsgruppen 6 bzw. 7 entsprechen. Die Kombinationsgruppe 6 könnte auch dem Construction Management at Risk zugeordnet werden, wenn Projektmanagementleistungen durch das ausführende Unternehmen übernommen werden. Eine Vergabe an einen Totalunternehmer mit Garantiertem Maximalpreisvertrag ist jedoch dem englischen Design-Build zuzuordnen, die Vergabe an einen Totalübernehmer stellt die Unterform Design-Build-Finance dar. [10, S. 479 und 5, S. 23 f.]

### 3.4 Integrierte Projektabwicklung

Die integrierte Projektabwicklung weist viele Überschneidungen mit der partnerschaftlichen Projektabwicklung auf. So kann die partnerschaftliche Projektabwicklung als Vorstufe der Integrierten Projektabwicklung gesehen werden. Sie unterscheiden sich jedoch darin, dass bei der partnerschaftlichen Projektabwicklung keine kollektive Risikoübernahme vorhanden und der Bauherr nicht Teil des Projektabwicklungsteams ist. [9, S.14]

Da die integrierte Projektabwicklung in Deutschland noch nicht etabliert ist, gibt es auch noch keine einheitliche Definition [13, S. 6]. Daher wird an dieser Stelle die Definition des IPA-Zentrums zugrunde gelegt, welche die integrierte Projektabwicklung anhand von acht Charakteristika beschreibt. Diese müssen alle zwingend erfüllt sein, damit eine Projektabwicklung als integriert bezeichnet werden kann. Sind Charakteristiken wie die Anwendung kollaborativer Arbeitsmethoden, ein gemeinsames Risikomanagement und ein finanzielles Anreizsystem auch in der partnerschaftlichen Projektabwicklung grundlegend, stellt der Mehrparteienvertrag als gemeinsame vertragliche Grundlage für die maßgeblichen Projektparteien ein wesentliches Unterscheidungsmerkmal dar. Entsprechend lässt sich auch nur die Kombinationsgruppe 8 der integrierten Projektabwicklung zuordnen, da die anderen Kombinationsgruppen die Komponente Mehrparteienvertrag nicht beinhalten.

Die integrierte Projektabwicklung entspricht der international verbreiteten Projektabwicklungsform Integrated Project Delivery.

## 4 Fazit

Wie in Kapitel 3 dargestellt, lassen sich alle Kombinationsgruppen und somit alle Kombinationen der Komponenten von Projektentwicklungsformen den gängigen Bezeichnungen eindeutig zuordnen. Daraus ergibt sich die in Abbildung 4-1 dargestellte Übersicht, die den gängigen Bezeichnungen von Projektentwicklungsformen die jeweiligen Komponenten gegenüberstellt. Es konnte somit gezeigt werden, dass eine Definition von Projektentwicklungsformen anhand ihrer Bestandteile möglich ist.

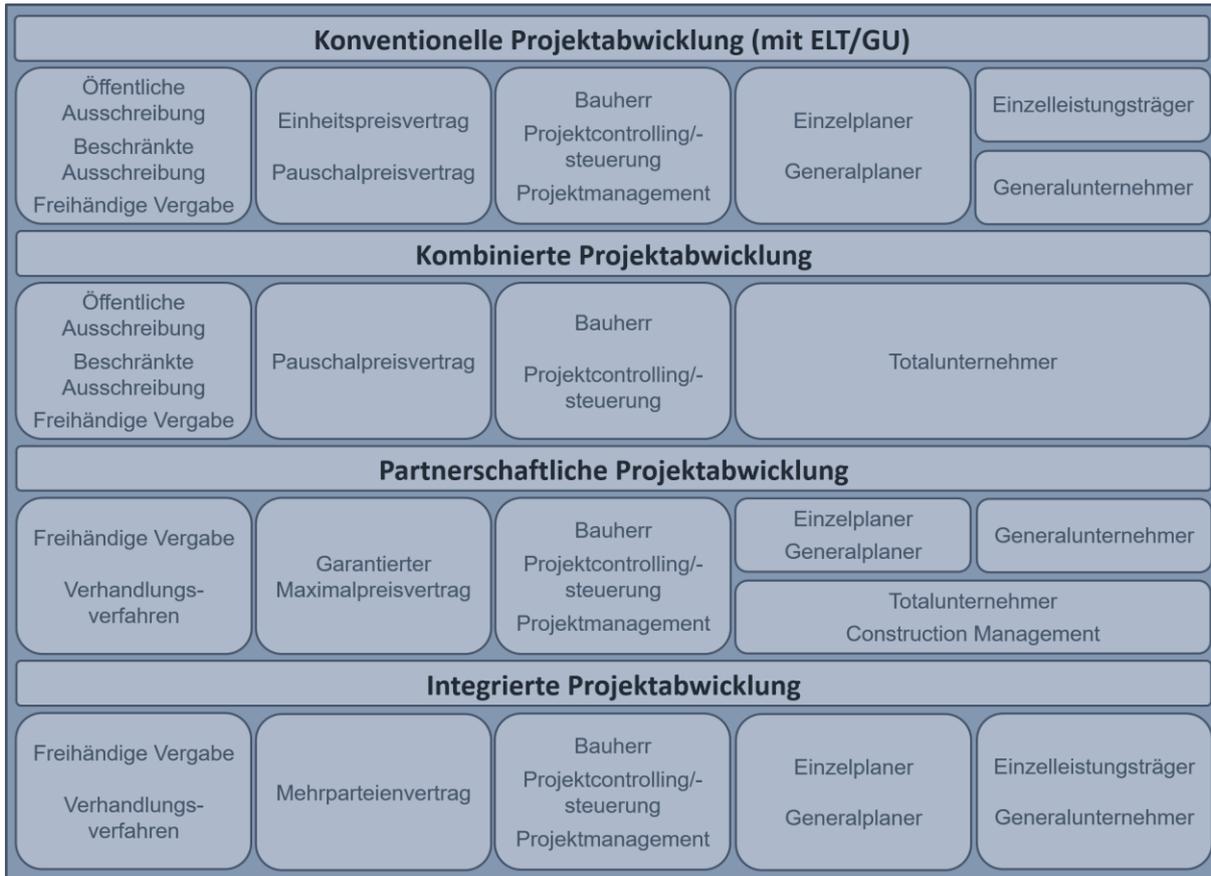


Abb. 4-1: Gängige Bezeichnungen von Projektentwicklungsformen und ihre Komponenten

Es ist zu hoffen, dass diese Ausarbeitung dazu beiträgt, zumindest im wissenschaftlichen Austausch eine homogene Bezeichnung von Projektentwicklungsformen zu etablieren. Da sich die unterschiedlichen Projektentwicklungsformen teilweise nur anhand eines Elements unterscheiden und die gängigen Bezeichnungen teils synonym verstanden werden können, ist insbesondere im Austausch mit der Praxis jedoch weiterhin genau zu prüfen, ob die Bezeichnung einer Projektentwicklungsform korrekt ist. Dabei bietet der hier dargestellte Ansatz zur Definition von Projektentwicklungsformen anhand ihrer Bestandteile eine praktikable Hilfestellung.

## 5 Literaturverzeichnis

- [1] B. Schmidt, H. C. Jünger, *Wirtschaftlichkeitsbewertung von Bauprojekten in Abhängigkeit von der Projektentwicklungsform*, Veröffentlichung steht aus (wird in Abgabeverision ergänzt), 2024.
- [2] M. Abuzeineh, u.a., *Analysis of Project Delivery Methods for Infrastructure Projects in Palestine*, Proceedings from the International Congress on Project Management and Engineering, CIDIP 2019 (Málaga), S. 131 – 142, 2019.
- [3] M. S. M. Hashem Mahany, u. a., *Claims and Project Performance between Traditional and Alternative Project Delivery Methods*, Journal of Legal Affairs and Dispute Resolution in Engineering and Construction, Volume 10, Issue 3, 2018.
- [4] M. Budau, D. Mayer, *Analyse und Darstellung wesentlicher Bestandteile von Projektentwicklungsformen im Bauwesen*, Tagungsband 30. BBB-Assistententreffen 2019 in Karlsruhe, KIT Scientific Publishing, Karlsruhe, 2019.
- [5] M. Bücken, *Construction Management: Untersuchungen zur Anwendbarkeit der US-amerikanischen Projektentwicklungsform Construction Management at Risk in Deutschland*, Dissertation RWTH Aachen, Aachen, 2005.
- [6] P. Racky, *Entwicklung einer Entscheidungshilfe zur Festlegung der Vergabeform*, in Fortschritt-Berichte VDI: Reihe 4, Nr. 142, Düsseldorf, 1997.
- [7] M. Willwerth, *Projektorganisation und Finanzierung von Erneuerungsmaßnahmen im Wohnungsbau*, Bergische Universität Wuppertal, Wiesbaden, 2008.
- [8] S. Wellmann, *Strukturierte Analyse von Projektentwicklungsformen in der Bauwirtschaft*, Bachelorarbeit, Institut für Baubetriebslehre, Universität Stuttgart, Stuttgart, 2023.
- [9] A. Al Khafadji, S. Scharpf, *Kooperative Vertragsmodelle – Vergleichende Analyse des GMP und des Allianz-Vertrages*, Arbeitspapier, Technische Universität Braunschweig, Braunschweig, 2018.
- [10] H.-C. Jünger, S. Scharpf, *Effektivität in Projektteams integrierter Projektentwicklungsmodelle mit Mehrparteienverträgen gegenüber konventionellen und partnerschaftlichen Modellen*, Bauingenieur, Band 95, 09/2020, S. 299 – 307, 2020.
- [11] G. Girmscheid, *Projektentwicklung in der Bauwirtschaft – prozessorientiert – Wege zur Win-Win-Situation für Auftraggeber und Auftragnehmer*, 5. Auflage, Berlin, Heidelberg: Springer Vieweg, 2014.
- [12] M. Püstow, u. a., *Vergabe an Generalunternehmer – Eine Handreichung für öffentliche Auftraggeber*, Arbeitspapier, KPMG Law, o. O., 2020.
- [13] S. C. Becker, H. Roman-Müller, *Integrierte Projektentwicklung (IPA) – Schnelleinstieg für Bauherren, Architekten und Ingenieure*, Wiesbaden: Springer Vieweg, 2022.

# Entwicklung von Kalkulationsansätzen für die Hauptkostenart "Lohn" zur Herstellung von Carbonbetonbauteilen

*Florian Härtel<sup>1</sup> und Romy Wiel<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> *Institut für Baubetriebswesen, TU Dresden, florian.haertel@tu-dresden.de*

<sup>2</sup> *Institut für Baubetriebswesen, TU Dresden, romy.wiel@tu-dresden.de*

## **Kurzfassung**

Aktuell nimmt die Herstellung von Carbonbetonbauteilen in der Bauindustrie eine marginale Rolle ein. Dies ist unter anderem auf Unsicherheiten im Umgang, insbesondere hinsichtlich der Realisierungskosten, zurückzuführen, die Markteintrittsbarrieren darstellen. Es mangelt an reproduzierbaren Bauabläufen und allgemein gültigen Kalkulationsansätzen, um eine Standardisierung im Planungs- und Realisierungsprozess zu erreichen. Das Forschungsprojekt RUBIN-ISC widmet sich unter anderem dieser Problemstellung. Im Rahmen des Projekts wurden qualitative und quantitative Arbeitszeitrichtwerte zur Kalkulation des Lohnaufwands für flächige Bauteile im Hochbau ermittelt. Der Herstellungsprozess von Halbfertigteilen wurde in einem Betonwerk begleitet, analysiert und ausgewertet. Ergänzend dazu wurde eine Analyse bereits kalkulierter und realisierter Carbonbetonbauteile in Ortbetonbauweise durchgeführt. Die gewonnenen Richtwerte dienen als Grundlage für die Arbeitsaufwands- und Lohnkostenkalkulation in Bauprojekten, unterstützen eine präzisere Kostenschätzung und optimieren die Bauprojektplanung. Eine Präzisierung der Ansätze ist nur durch weitere Analysen und die Auswertung reproduzierbarer Bauabläufe im Zusammenhang mit der Herstellung von Carbonbetonbauteilen möglich.

*Schlagwörter: Carbonbeton, Kalkulation, Arbeitszeitrichtwerte, Lohnkosten*

## 1 Relevanz von Kalkulationsansätzen

Kalkulationsansätze zur Ermittlung des Lohnaufwandes von Bauarbeiten liefern Arbeitszeitrichtwerte für den Hochbau. Diese werden durch Arbeitsstudien und Zeitmessungen erstellt und basieren auf bekannten, geplanten und beschriebenen Arbeitsabläufen und setzen sich aus einzelnen Zeitbausteinen zusammen. Sie beinhalten alle erforderlichen Zeiten für die Ausführung der jeweiligen Bauarbeit sowie alle Zeiten, die im direkten Zusammenhang mit der Ausführung von Randarbeiten stehen. **Es ist eine ungültige Quelle angegeben.** Arbeitszeitrichtwerte im Bau werden durch verschiedene Methoden ermittelt und erfasst, um die Effizienz und Kostengenauigkeit von Bauprojekten zu gewährleisten. Mittels Zeitstudien wird ein Arbeitsablauf direkt vor Ort beobachtet und die benötigte Zeit gemessen. Dies geschieht meist durch einen Zeitnehmer, der die Dauer der einzelnen Arbeitsschritte festhält. Die REFA (Reichsausschuss für Arbeitszeitermittlung) ist eine Organisation, die entsprechende Methoden zur Arbeitszeitmessung und -optimierung entwickelt. **Es ist eine ungültige Quelle angegeben.** Durch zahlreiche Wiederholungen der Vorgänge können so aussagekräftige Kenngrößen abgeleitet werden. Eine weitere Erfassungsmethode ist die Projektdatenanalyse. Hierbei werden vergangene Projekte analysiert, um die tatsächlich benötigten Arbeitszeiten zu ermitteln. Diese Nachkalkulationen basieren auf den in der Projektabrechnung dokumentierten Ist-Daten und werden ggf. mittels Erfahrungswerte adaptiert und durch Befragung gewerblicher Arbeiter verifiziert. Zudem helfen Projektmanagement-Tools, wie spezialisierte Softwarelösungen für das Bauprojektmanagement, wie z.B. MS Project oder spezielle Bau-ERP-Systeme, bei der detaillierten Planung und Erfassung von Arbeitszeiten. Diese Methoden werden oft kombiniert eingesetzt um eine möglichst präzise und zuverlässige Ermittlung der Arbeitszeitrichtwerte zu gewährleisten. Die gewonnenen Daten dienen dann als Grundlage für die Planung, Kostenkalkulation und Steuerung von Bauprojekten. Die gewonnenen Richtwerte sind von den Tarifvertragsparteien (Arbeitgebergewerkschaft) anerkannt und herausgegeben und in der Baubranche aus nachfolgenden Gründen relevant.

Arbeitszeitrichtwerte liefern die Grundlage für die Bildung von betriebsindividuellen Vorgabewerten als Mengenansätze für die Ermittlung der Lohnkosten bei der Kalkulation von Einheitspreisen für die Positionen im Leistungsverzeichnis einer Ausschreibung. **Es ist eine ungültige Quelle angegeben.** Zudem dienen sie der Ermittlung des Lohnaufwandes und helfen dabei, den Arbeitsaufwand und die Kosten eines Projekts genauer einzuschätzen und ein realistisches Angebot zu erstellen. Darüber hinaus können diese bei der Planung von Arbeitsabläufen und der Organisation von Personal eingesetzt werden. Es ist wichtig zu beachten, dass die Arbeitszeitrichtwerte lediglich als Schätzungen dienen und von verschiedenen Faktoren wie der Komplexität des Projekts, den örtlichen Gegebenheiten, den Fähigkeiten der Arbeitskräfte und der Effizienz der eingesetzten Ausrüstung abweichen können. Daher sollten die Arbeitszeitrichtwerte als Ausgangspunkt betrachtet und an die spezifischen Bedingungen und Anforderungen jedes einzelnen Projekts angepasst werden. In der Praxis, beispielsweise in Bauunternehmen, werden diese Werte häufig durch Nachkalkulationen aus bereits abgeschlossenen Projekten abgeleitet und mittels Erfahrungswerten evaluiert und an die innerbetrieblichen Gegebenheiten angepasst. **Es ist eine ungültige Quelle angegeben.**

## 2 Herangehensweise

Das Forschungsprojekt „RUBIN-ISC“ zielt darauf ab, standardisierte Verfahren für die Planung und Qualitätssicherung im Bauproduktionsprozess von Carbonbetonbauteilen zu entwickeln. Im Fokus stehen dabei die Erstellung von normierten Planungsmethoden sowie Maßnahmen zur Qualitätssicherung, einschließlich Beton, Bewehrung und Überwachungskonzepte für die Ausschreibung und Herstellung dieser Bauteile. Diese Standards sind entscheidend für die Markteinführung und Akzeptanz der Carbonbetonbauweise. Im Rahmen dieses Projekts wurde die Herstellung eines Thermodoppelwand-Elements als Halbfertigteil auf einer Umlaufanlage im Betonwerk begleitet, erfasst und ausgewertet. Die Anzahl der im Rahmen des Forschungsprojekts hergestellten Carbonbetonelementen ist zum aktuellen Zeitpunkt nicht ausreichend, um repräsentativ ermittelten Arbeitszeitrichtwert abzuleiten. Diese „Momentaufnahme“ stellt vielmehr einen allgemeinen Rahmen zur Angebotserstellung von Bauteilen aus Carbonbeton dar. Die im weiteren Verlauf dargestellten prozentualen Aufschläge oder Minderungsfaktoren werden überschlägig aus einer qualitativen Auswertung heraus abgeleitet.

In einem weiteren Schritt wurden abgeschlossene Bauprojekte die im Zusammenhang mit Carbonbeton stehen quantitativ ausgewertet, um erste Arbeitszeitrichtwerte für flächige Bauteile aus Ortbeton zu ermitteln. Diese Aufwandswerte basieren jedoch nicht auf repräsentativen Datengrundlagen, sondern dienen lediglich der überschlägigen Anpassung etablierter Aufwandswerte herkömmlicher Bauweisen.

Weiterführend wird eine quantitative Analyse der während des Herstellungsprozesses der Carbonbetonbauteile im Betonfertigteilwerk durchgeführten Zeitmessungen gegeben. Zudem wird eine qualitative Zusammenfassung der Prozessanalyse zur Herstellung flächiger Bauteile mit Carbonbewehrung in Ortbetonbauweise dargelegt.

## 3 Herstellungsprozess Halbfertigteil

Kernelement des Herstellungsprozesses des Halbfertigteils stellt die Umlaufanlage eines untersuchten Betonwerkes dar, wobei auf einer Produktionslinie sowohl Bauteile aus Stahlbeton [STB], als auch Carbonbeton [CB] hergestellt werden können. Nachfolgende Abbildung 1 zeigt schematisch den Aufbau der Umlaufanlage.

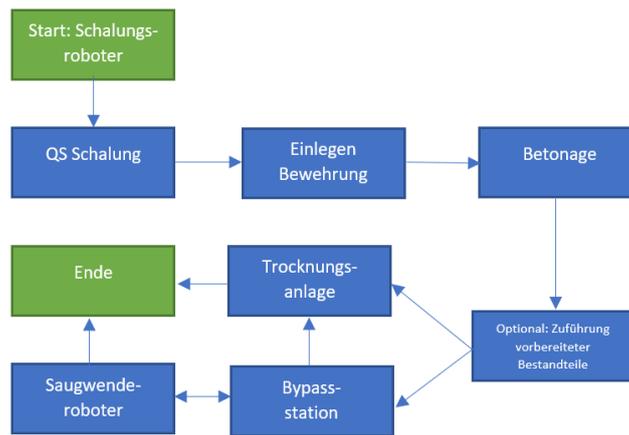


Abb. 10: Umlaufanlage zur Herstellung von Beton-Halbfertigteilen  
Quelle: Eigene Darstellung

Der Herstellungsprozess beginnt mit dem Einsatz eines Schalungsroboters, der die Schalung für das Halbfertigteil vorbereitet. Hierbei wird vollautomatisiert eine Rahmenschalung mittels Magneten auf einer Stahlschalttafel fixiert. Nach Abschluss dieser Vorbereitung erfolgt eine Qualitätskontrolle der Schalung, bei der etwaige Verschmutzungen der Schalttafel manuell entfernt und anschließend Trennmittel aufgebracht werden. Diese ersten beiden Produktionsschritte sind für die Herstellung sowohl von STB- als auch von CB-Halbfertigteilen identisch. Der Bewehrungsprozess unterscheidet sich jedoch zwischen den beiden Materialarten. Bei STB-Bauteilen wird nach dem Einlegen der Abstandshalter unmittelbar die Stahlbewehrung aufgelegt. Im Gegensatz dazu wird bei CB-Bauteilen zunächst die erste Lage Beton eingebracht, woraufhin die Carbonbewehrung manuell aufgelegt und anschließend die zweite Betonschicht gegossen wird. Bei der Herstellung von Thermodoppelwandelementen erfolgt zusätzlich das Einbringen einer Mineralwollendämmung. Der Prozessschritt „Zuführen vorbereiteter Bestandteile“ ist optional und wird nur durchgeführt, wenn entweder eine zweite vorgefertigte Schale dem Saugwenderoboter zugeführt wird oder eine Vormontage der Bewehrung in einem vorgelagerten Prozessschritt stattgefunden hat. Nach diesen Arbeitsschritten werden die frisch betonierten Elemente der Trocknungsanlage zugeführt, in der sie in der Regel 24 Stunden verbleiben. Sowohl Carbon- als auch STB-Schalen werden in der Umlaufanlage immer "frisch in frisch" verbunden. Hierbei wird die frisch betonierte Schale über die Bypassstation direkt zum Saugwenderoboter transportiert. Dieser wendet die bereits erhärtete Schale und legt sie auf die frisch betonierte Schale. Erst danach wird das gefügte Element der Trocknungsanlage zugeführt und abschließend aus dem Produktionsprozess entnommen.

Das untersuchte zweischalige Thermodoppelwandelement (Abbildung 2) besteht aus einer äußeren, 4 cm dicken CB-Außenschale (A104) und einer 6 cm starken STB-Innenschale, jeweils in Sichtbetonqualität, sowie einer innenliegenden 8 cm Mineralwollendämmung (A105). Der 11 cm breite Hohlraum zwischen der Dämmung und der Carbonschale wird nach erfolgter Montage auf der Baustelle mit Ortbeton ausgefüllt. Abstand und Verbindung zwischen Außen- und Inneschale stellen nichtmetallische Pin's (A011/A005/A006) sicher. Auf diese Weise konnten im Rahmen eines Herstellungsprozesses vordergründig qualitative Vergleiche zwischen den Carbon- und STB-Elementen gezogen werden.

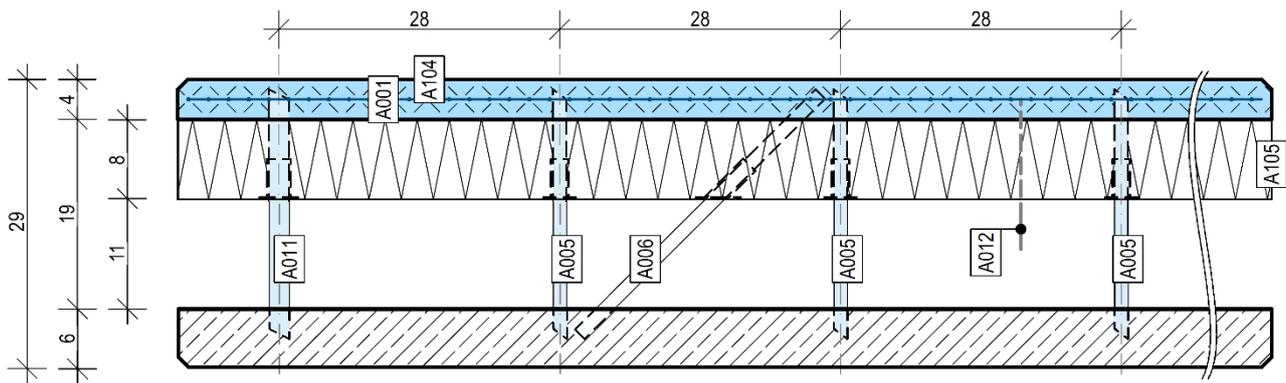


Abb. 2: Umlaufanlage zur Herstellung von Beton-Halbfertigteilen  
Quelle: Kahnt & Tietze GmbH (angepasst)

### 3.1 Schalung

Für den gesamten Prozessschritt „Schalung“ bleiben die Lohnaufwendungen für die Herstellung von CB-Bauteilen im Vergleich zu STB-Komponenten unverändert.

### 3.2 Betonage und Bewehrung

Die Bewehrungsverfahren für Bauteile aus CB und STB weisen signifikante Unterschiede auf. Bei der Verwendung von Carbonbewehrung im Bau müssen erhöhte Sorgfalt und spezifische Maßnahmen beachtet werden. Diese weist im Vergleich zu herkömmlicher Stahlbewehrung eine geringere Biegesteifigkeit auf und ist anfälliger für Brüche. Daher ist beim Handling, Einbau und Betonieren besondere Vorsicht geboten. Zusätzlich müssen Maßnahmen getroffen werden, um die Bewehrung vor Verschieben, Durchbiegen und Aufschwimmen während der Einbauphase zu sichern. Die Bauteildicke ist im Vergleich zur STB-Bewehrung deutlich geringer, was weitere Anpassungen erfordert, insbesondere zur Einhaltung der Toleranzen. Zudem ist besondere Vorsicht beim Umgang mit den dünnen CB-Bauteilen geboten, um Beschädigungen zu vermeiden.

Im Vormontageprozess der Carbonwandelemente wurden Formflechtstäbe von Johne&Groß in das Carbongitter eingehängt, die im weiteren Verlauf der Produktion als Abhebeancker fungieren. Auf der Umlaufanlage wird die Carbonbewehrung nach dem Einbringen der ersten Betonschicht aufgelegt. Dieser Prozess wird manuell durchgeführt und ist aufgrund des geringen Materialgewichts des Carbonfasertextils von etwa  $150 \text{ g/m}^2$  problemlos von zwei Personen zu bewältigen. Darüber hinaus sind Anpassung und Zuschnitt der Bewehrung deutlich einfacher, da gegenüber der Stahlbewehrung eine einfache Zange zum Zuschnitt ausreicht. Nach der Integration des Bewehrungsgitters in die erste Betonschicht wird die zweite Schicht aufgetragen und manuell verteilt. Dieser Prozess unterscheidet sich in Bezug auf die Herstellung von STB-Elementen dadurch, dass die Stahlbewehrung bei diesen Elementen in einem Schritt vollständig mit Beton übergossen wird und keine zweite Betonschicht erforderlich ist. Zur Herstellung der STB-Elemente werden lineare Abstandhalter verwendet. Eine Sicherung gegen Aufschwimmen ist dabei auf Grund des höheren Flächengewichts nicht notwendig. Die größere Maschenweite der Stahlbewehrung im Vergleich zu den Carbonmatten ermöglicht eine einfachere Verteilung und Verdichtung des Betons. Daher entstehen hinsichtlich des Betoniervorgangs zwei grundlegend verschiedene Herstellungsprozesse.

Die Auswertung der Dokumentation und Gegenüberstellung beider Produktionsprozesse ergibt für flächige Bauteile folgende Arbeitsaufwandskennwerte (Tabelle 1) in Minuten pro Quadratmeter und Person.

	STB	CB	CB/STB
Bewehrungs- vorbereitung und Einsetzen der Bewehrung	4:50 min/m <sup>2</sup>	2:56 min/m <sup>2</sup>	- 40 %
Betonage	0:30 min/m <sup>2</sup>	1:06 min/m <sup>2</sup>	+ 110 %

*Tab. 1: Gegenüberstellung Lohnaufwand zur Herstellung von Carbonbeton- ggü. Stahlbetonelementen*

Der Mehraufwand der Bewehrungsvorbereitung für Stahlbewehrung ergibt sich insbesondere aus dem Ausrichtungs- und Aufstellungsprozess der Gitterträger aus Stahl. Dieser händisch auszuführende Schritt erfordert sorgfältige Messungen und erfordert die anschließende Verrödelung mittels Drillapparat und Drilldraht.

### 3.3 Dämmung

Der mehrschichtige Aufbau und die mehrteiligen Prozessschritte führen dazu, dass während des Herstellungsprozesses Bauteile gewendet und „verheiratet“ werden. Dies erfordert die Integration der Abhebeanker innerhalb der Bewehrung, um die Bewegung und den Transport des jeweiligen Elements zu ermöglichen. Diese Abhebeanker durchdringen die Dämmung und sind verantwortlich für die Aufnahme der gesamten Last des Elements während der Einbauphase. Daher ist beim Aufbringen der Dämmung eine sorgfältige Ausrichtung der Abhebeanker in der Vertikalen erforderlich. Um dies zu erreichen, wird die Dämmung in kleine Einzelteile zerlegt und anschließend zwischen den Ankern platziert (Abbildung 3).



*Abb. 3: Mineralwollendämmung mit Pins und Abhebeanker  
Quelle: Eigene Abbildung*

Die Herstellung dieser Dämmstoff-Einzelteile ist im Vergleich zu Halbfertigteilen aus STB signifikant komplexer, da die Zerteilung in kleinere Segmente stattfindet. Die ausgewählten Formflechtstäbe erlauben nur geringe Toleranzen bei der Zerschneidung der Dämmung, da diese möglicherweise durch

schräge Zugkräfte beim Anheben beschädigt werden kann. Dies erhöht die Komplexität des Prozesses, sichert jedoch eine präzise Anpassung und Integration der Dämmung innerhalb der Struktur. Dieser Prozessschritt führt zu einem Lohnmehraufwand von etwa 50 Prozent, da etwa doppelt so viele Dämmstoffsegmente für die CB-Bauteile hergestellt und eingebracht werden müssen wie beim STB.

Die reduzierte Betondeckung der Carbonseite des Thermodoppelwandelements erfordert eine erheblich größere Anzahl an Verbindungspins zwischen Innen- und Außenschale, um dem Betonierdruck beim Einbringen des Ortbetonkerns auf der Baustelle standzuhalten. In den im Herstellungsprozess untersuchten Wandelementen wurden 90 vertikale und sechs 45 Grad geneigte Glasfaser-Pins zur Aufnahme der Schubkraft eingesetzt. Die Punkte zum Einsetzen der Pins wurden bereits vormarkiert und vorgebohrt. Dieser Prozessschritt erfolgt vorgelagert analog zur Zerteilung der Mineraldämmplatten. Bei STB-Elementen werden Edelstahl-Gitterträger zur Sicherstellung des Abstandes eingesetzt und Dämmmaterial großflächiger, analog einer Zwischensparrendämmung, eingeschoben. Vorbohren und Einsetzen der Pins entfallen bei STB-Elementen.

Allerdings erfordern Lagerung und Transport von Carbonbewehrungen eine deutlich sorgfältigere Handhabung. Sie sind trocken, witterungsgeschützt und ohne Bodenberührung zu lagern und müssen bis zum Betonieren vor UV-Strahlung und Feuchtigkeit geschützt werden und frei von verbundmindernden Verunreinigungen (z. B. Fett, Erdreich, lose Betonreste) sein. Beim Heben der Bewehrung ist darauf zu achten, dass die Belastung gleichmäßig verteilt wird, da Carbongitter anfällig für Bruch sind. Zum Vergleich: Eine relativ leichte Betonstahlmatte vom Typ Q188 A hat ein Gewicht von etwa 3,00 kg pro Quadratmeter. Übliche Carbongitter hingegen haben ein Gewicht von etwa 150 g/m<sup>2</sup>, was in etwa einem Zwanzigstel des Gewichts entspricht.

Im Rahmen des Forschungsprojekts war es nicht möglich, reproduzierbare Arbeitsaufwandswerte für Carbonbewehrungsprozesse zu ermitteln. Aus diesem Grund sind die Zeilen „Verlegedauer“ sowie „Auf- und Abladen je 500 m<sup>2</sup>“ in Tabelle 2 hinsichtlich der Carbonbewehrung ohne entsprechende Werte dargestellt. Stattdessen zeigen die qualitative Analyse und Gegenüberstellung der jeweiligen Prozessschritte einen prozentual reduzierten Arbeitsaufwand. Die Auswertung der Zeitaufnahmen im Fertigteilwerk haben ergeben, dass die Verlegedauer gegenüber der Herstellung von STB-Bauteilen nur etwa 75 bis 85 Prozent beträgt. Dies ist in erster Linie auf das vereinfachte Handling von Carbonbewehrung durch Gewichtseinsprung und den vereinfachten Zuschnitt mit einfacherem Gerät, wie einem Seitenschneider statt eines hydraulischen Bolzenschneiders wie im Betonwerk für STB-Bewehrung verwendet, zurückzuführen.

Die Arbeitszeit-Richtwert-Tabellen "Hochbau" (ARH) geben für Betonstahlmatten eine zu verbauende Menge von 34 Stunden pro Tonne für waagerechte flächige Bauteile (Gewicht 2 kg/m<sup>2</sup>) an. Die etablierte Einheit Stunden pro Tonne ist für CB-Bauteile nicht mehr sinnvoll, stattdessen werden für flächige Bauteile die Einheiten h/m<sup>2</sup> oder für komplizierte Geometrien h/kg verwendet. Auf Grundlage dieses Kalkulationsansatzes kann im Bedarfsfall überschlägig ein Lohnaufwand für Transport und Einbau von Carbonbewehrung abgeleitet werden. Je nach Einbausituation, ob mit einem Kran oder manuell zum Einbauort, variieren die Lohnaufwendungen für das Be- und Entladen sowie das Verlegen im Vergleich zur Stahlbewehrung erheblich. Dies liegt daran, dass die Unterschiede in den spezifischen Wichten den Einbauprozess erheblich beeinflussen. Im Rahmen des Forschungsprojekts konnten hierzu noch keine repräsentativen Aufwandswerte ermittelt werden. Vielmehr dient diese

qualitative Einordnung der Abschätzung des Lohnaufwandes auf ersten Prototypenbaustellen im Zusammenhang mit CB.

Matten/ Gitter flächiger Bauteile	Betonstahl	Carbon
Wichte	2 kg/m <sup>2</sup>	150 g/m <sup>2</sup>
Masse je 500 m <sup>2</sup>	1.000 kg	75 kg
Verlegedauer je 500 m <sup>2</sup>	34 h	-
Auf- oder Abladen je 500 m <sup>2</sup>	0,8 h	-

Tab. 2: Bewehrungseinbau Betonstahl vs. Carbonbewehrung

### 3.4 Verheiraten von Innen- und Außenschale

Für den gesamten Prozessschritt „Verheiraten der Innen- und Außenschale“ bleiben die Lohnaufwendungen für die Herstellung von CB-Bauteilen im Vergleich zu STB-Komponenten unverändert. Der Saugewenderoboter weist keine Unterschiede in der Handhabung auf, unabhängig davon, ob zwei STB-Elemente, zwei CB-elemente oder STB- und CB-Elemente zusammengefügt werden.

## 4 Herstellungsprozess Ortbeton

Der Herstellungsprozess von Ortbetonbauteilen ist unabhängig vom Bewehrungsmaterial nur bedingt mit dem von Halbfertigteilen in einem Betonwerk vergleichbar. Witterungseinflüsse auf der Baustelle schaffen ganz andere Herstellungsbedingungen und verringern die Aussagekraft von Aufwandskennzahlen. Zudem erfordert die Ortbetonbauweise eine besondere Beachtung der vorhandenen, geltenden Regelwerke und eine vollumfängliche Umsetzung der Vorgaben der Ausführungsplanung für Betone, Schalung, Bewehrung und Herstellung sowie Sicherheit auf der Baustelle. **Es ist eine ungültige Quelle angegeben.** Eine gründliche Einweisung der Mitarbeiter ist unerlässlich, um sicherzustellen, dass die spezifischen Anforderungen und Toleranzen insbesondere bei den dünneren CB-Bauteilen eingehalten werden. Im Rahmen des Forschungsprojektes RUBIN wurden einzelne Aufwandskennzahlen für Carbonbauteile in Ortbetonbauweise entwickelt. Diese Kennzahlen basieren nicht auf gemessenen Werten, sondern auf logischen Ableitungen und fundierten Schätzungen auf Grundlage einer qualifizierten Prozessanalyse. Die Berechnungen berücksichtigen theoretische Modelle und Erfahrungswerte aus ausgewerteten Projekten mit CB-Bauteilen, um eine realistische Einschätzung des Material- und Arbeitsaufwandes zu ermöglichen. Methodische Annahmen und Ableitungen dienen als Grundlage für die weitere Validierung und Optimierung der Bauprozesse mit Carbonbewehrungen im Ortbetonbau. Zur Kontextbildung wurde unter anderem eine Brückenbaustelle in Sachsen (Abbildung 4), die als Ersatzneubau im Rahmen eines Pilotprojektes für den Baustoff Carbonbeton hergestellt wurde, qualitativ untersucht.



Abb. 4: Brückenbaustelle – Carbonbeton als Ortbeton  
 Quelle: CARBOCON GmbHEs ist eine ungültige Quelle angegeben.

#### 4.1 Schalung

Die Herstellung der Schalung für CB-Bauteile weist keine signifikanten Unterschiede gegenüber Schalung für STB-Bauteile auf. Versuche zeigen allerdings, dass bei der Herstellung von Beton mit Sichtbetonqualität unter Anwendung von Mehrwegschalung ein besonderes Augenmerk auf die Reinheit der Schalung gelegt werden muss. Es dürfen keinerlei Betonreste an der Schalung haften, um sicherzustellen, dass es aufgrund der geringen Betondeckung beim CB gegenüber STB nicht zu Kantenabrissen oder Abrissen der Betonhaut kommt. Zur Sicherstellung der erforderlichen Oberflächeneigenschaften wurde ein Zusatzaufwand von 10 Prozent auf Ausschalen und Reinigung im Rahmen der Prozessauswertungen der Herstellung der CB-Bauteile in Ortbetonbauweise ermittelt, sodass sich folgende Lohnaufwandswerte für die Schalung von Ortbetonwänden in Sichtbetonqualität bis 3,5 m Höhe ergeben (Tabelle 3).

Einschalen und Ölen [h/m <sup>2</sup> ]	Ausschalen und Reinigen [h/m <sup>2</sup> ]	Summe (inkl. Sichtbetonzuschlag) [h/m <sup>2</sup> ]
1,0	0,33	1,33 + 0,1 = 1,43

Tab. 3: Lohnaufwand „Schalung“ in Ortbetonbauweise

#### 4.2 Bewehrung

Die Kosten für die Herstellung von Bewehrungen sind stark von der Komplexität des jeweiligen Bauteils abhängig. Prozesse wie Flechten, Biegen und Verknüpfen haben einen erheblichen Einfluss auf die Gesamtdauer des Herstellungsprozesses. Analog zur Herstellung von Carbon-Halbfertigteilen zeichnet sich die Carbonbewehrung auch vor Ort durch eine hervorragende Handhabung aufgrund ihres deutlich geringeren Gewichts aus. Carbonbewehrung kann in der Regel nicht vor Ort gebogen werden und wird daher meist vorgefertigt, bspw. als Bewehrungskorb, auf die Baustelle geliefert. Dies

führt zu einer wesentlichen Einschränkung im Bauprozess. Diese Vorfertigung kann jedoch durch die einfache Handhabung der Bewehrung während des Zuschnitts teilweise kompensiert werden. Der Zuschnitt der Carbonbewehrung erfolgt mit einfachen Werkzeugen, wie Arbeitsscheren, was die Arbeitsprozesse auf der Baustelle erheblich erleichtert und beschleunigt.

Die Montage von Abstandhaltern spielt eine entscheidende Rolle beim Schutz der Carbonbewehrung vor unerwünschten Bewegungen während des Betonierprozesses. Diese Halterungen gewährleisten nicht nur einen gleichmäßigen Abstand zwischen der Bewehrung und der Schalung, sondern verhindern auch effektiv das Aufschwimmen der Bewehrung in der frischen Betonmischung, was zu strukturellen Mängeln führen kann. Die Anzahl der benötigten Abstandshalter variiert in Abhängigkeit von der Komplexität des Bauteils und der Biegesteifigkeit des verwendeten Bewehrungsmaterials. Die Bildung des arithmetischen Mittels aus verschiedenen untersuchten CB-Projekten liefert einen überschlägigen Aufwandswert von 0,011 Stunden pro Quadratmeter bzw. 0,083 Stunden pro Abstandhalter für den Einbauprozess von Abstandhaltern, wobei die Abstandshalter in Abständen von 50 cm bis 100 cm positioniert werden. Für die Herstellung vergleichbarer STB-Bauteile wird etwa nur die Hälfte der Anzahl an Abstandhaltern benötigt.

Insgesamt führt der Einbauprozess aufgrund der Zeiteinsparung bei der Handhabung und Zuschnitt der Bewehrung, kombiniert mit dem Mehraufwand für die Positionierung und Lagesicherung der Carbonbewehrung, zu einem erhöhten Aufwand für CB-Bauteile um den Faktor drei.

### 4.3 Betonage

CB kann mittels des Gieß- oder Laminierverfahrens hergestellt werden, wobei flüssiger Beton verwendet wird. Im Gießverfahren erfolgt das Einbringen des Betons in eine Schalung, wobei die einzelnen Schichten der Carbon-Bewehrung durch Abstandshalter voneinander getrennt werden. Beim Laminierverfahren wird der Beton schichtweise in eine Schalung eingebracht und die Carbonbewehrung in diesen Schichten eingebettet. **Es ist eine ungültige Quelle angegeben.** Es besteht die Möglichkeit, mehrere Schichten Beton und Bewehrung nacheinander einzubringen. Die Leistungsfähigkeit des CB steigt mit der Anzahl der eingearbeiteten Bewehrungslagen. Die Betonage von CB-Bauteilen im Vergleich zu STB-Bauteilen führt unter Berücksichtigung einer durchschnittlichen Betonmengeneinsparung von etwa 50 Prozent zu einer Beschleunigung des Betonierprozesses um etwa 50 Prozent. **Es ist eine ungültige Quelle angegeben.** Die Reduktion des Betonvolumens resultiert primär aus den spezifischen Materialeigenschaften der Kohlenstofffasern, deren Korrosionsresistenz die Betondeckung zur Sicherstellung des alkalischen Milieus, wie bei herkömmlichen Stahlbetonelementen, obsolet macht. Zudem ist das Carbonbewehrungsgitter deutlich filigraner, denn die gebündelten Kohlefasern sind etwa sechs Mal tragfähiger als Bewehrungsstahl. **Es ist eine ungültige Quelle angegeben.** Allerdings wird ein Teil der daraus entstandenen Zeiteinsparung durch einen zusätzlichen Aufwand von etwa 10 Prozent für die Verdichtung des Betons kompensiert. Dies ist auf die engere Maschenweite und das Risiko einer Lageveränderung des Carbongewebes zurückzuführen. Infolgedessen ergibt sich insgesamt eine Zeiteinsparung für den Betoniervorgang von bis zu 40 Prozent.

Für die Betonierung (Gießverfahren) und Verdichtung mittels eines 375-Liter-Kübels für eine Wand mit einer Stärke zwischen 10 cm und 15 cm ergeben sich folgende Werte, die auf adaptierten Aufwandswerten aus ARH-Tabellen basieren (Tabelle 4).

<b>Betonage flächiger Bauteile</b>	Betonstahl	Carbon
Wände	2,3 h/m <sup>3</sup>	1,6 h/m <sup>3</sup>

*Tab. 4: Lohnaufwand "Betonage" in Ortbetonbauweise*

Hinsichtlich der Betonverdichtung ist darauf zu achten, dass bei der Herstellung von CB-Bauteilen verschiedene Verdichtungsverfahren sowohl beim Gießen als auch beim Laminieren eingesetzt werden, wobei deren Eignung je nach Verfahren variiert. Innenrüttler können beim Gießen verwendet werden, sind jedoch bei horizontalem Gießen sehr aufwendig und bei vertikalem Gießen aufgrund der meist sehr dünnwandigen Schalung ungeeignet. Beim Laminieren ist der Einsatz ebenfalls möglich, aber gleichermaßen kompliziert. Beim Gießen sind Rüttelgassen besonders wichtig, damit eine ausreichende Verdichtung sichergestellt werden kann.

Oberflächenrüttler (Rüttelbohlen) eignen sich gut für das Gießen, insbesondere bei horizontalem Gießen, sind jedoch beim Laminieren nicht anwendbar. Außen- oder Schalungsrüttler sind sowohl für das Gießverfahren als auch beim Laminieren, insbesondere in Fertigteilwerken sowie bei horizontalem und vertikalem Gießen, sehr gut geeignet. Stampfen hat für beide Prozesse keine Relevanz, da die Betonmatrix meist zu fließfähig ist. Klopfen ist beim Gießen und Laminieren möglich und bei einer sehr fließfähigen Konsistenz (F6) oft ausreichend. Die Verdichtung mittels Walzen ist für beide Verfahren irrelevant, da die Matrix ebenfalls zu fließfähig ist. Mittels häufiger Wiederholungen im Rahmen eines Bauprozesses können für die verschiedenen Verdichtungsverfahren reproduzierbare Kenngrößen abgeleitet werden.

## 5 Zusammenfassung

Die qualitative und quantitative Auswertung der Herstellungsprozesse von CB-Bauteilen als Fertigteil oder in Ortbetonbauweise unterscheidet sich in mehreren Prozessschritten teils erheblich von der Herstellung von STB-Bauteilen. Diese Unterschiede werden durch eine symbolische Darstellung in nachfolgender Tabelle 5 zusammenfassend verdeutlicht: Ein horizontaler Pfeil (→) bedeutet keinen Lohnmehraufwand, ein nach unten gerichteter Pfeil (↓) signalisiert geringeren, und ein nach oben gerichteter Pfeil (↑) zeigt höheren Aufwand an.

Prozessschritt	Herstellung Fertigteil	Herstellung Ortbeton
	Mehr- bzw. Minderaufwand CB ggü. STB	Mehr- bzw. Minderaufwand CB ggü. STB
<b>Schalung</b>	→	→
<b>Bewehrung</b>	↓	↑
<b>Betonage</b>	↑	↓
<b>Dämmung</b>	↑	→

Tab 5: Zusammenfassende Darstellung Lohnaufwand

#### *Schalung:*

Bei der Fertigung im Betonwerk verursacht die Schalung von CB-Bauteilen im Vergleich zu STB keinen zusätzlichen Aufwand (→). Die Teilprozesse „Reinigung“, „Schalungsanordnung“ und „Aufbringen von Trennmittel“ sind identisch. Dies gilt ebenfalls für die Schalungsarbeiten in situ (→).

#### *Bewehrung:*

In der Fertigung im Betonwerk ist der Aufwand für das Einlegen der Bewehrung bei CB, insbesondere für das Laminierverfahren (keine Abstandshalter), geringer als bei STB (↓), da die Handhabung des leichten Bewehrungsgitters hinsichtlich Transport und Zuschnitt deutlich weniger lohnstundenintensiv ist. Im Gegensatz dazu ist der Aufwand für die Bewehrung bei Ortbeton, insbesondere aufgrund der aufwändigen Sicherung gegen Aufschwimmen, deutlich höher (↑).

#### *Betonage:*

Der Aufwand für die Betonage von CB-Bauteilen ist bei der Fertigung im Werk minimal höher als bei STB (↑), da während des Laminierverfahrens mindestens zwei separate Betonvorgänge notwendig sind. Trotz des erhöhten Verdichtungsaufwandes (Innenrüttler) durch enge oder mangelnde Rüttelgassen fällt der Betonvorgang aufgrund der erheblichen Betonmengensparnis bei Ortbeton weniger lohnstundenintensiv aus (↓).

#### *Dämmung:*

Der Vorgang des Einlegens der Bewehrung verursacht bei der Fertigung im Werk höhere Kosten für CB-Bauteile (↑), da die Trennung der Mineralwollämmplatte in kleinteilige Stücke, die sich zwischen den Abhebeankern einfügen, deutlich aufwändiger als bei herkömmlichen STB-Bauteilen ist. Wird die Dämmung nachträglich auf das erhärtete Ortbetonbauteil aufgebracht, ergibt sich kein Mehraufwand für CB-Bauteile (→).

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass die Herstellung von CB-Bauteilen sowohl bei der Fertigung im Werk als auch bei Ortbeton in verschiedenen Prozessschritten zu einem veränderten Aufwand im Vergleich zu STB führt. Die durch den Einsatz von Carbonbewehrung ermöglichte Betonmengeneinsparung um bis zu 50 Prozent gegenüber Stahlbeton liefert das Potential einer stetigen Verbesserung des Lohnaufwandes zur Herstellung von CB-Elementen. Die Untersuchungen und

Auswertungen im Rahmen des Forschungsprojektes RUBIN haben gezeigt, dass der derzeitige „Prototypenstatus“ aufgrund unvorhersehbarer Problemstellungen während des Herstellungsprozesses und einer zu geringen Anzahl an Wiederholungen der Herstellung von CB-Bauteilen noch nicht die erforderlichen Kalkulationskennzahlen liefert. Die überwiegend qualitativen Aussagen dienen den an Planung und Ausführung beteiligten Personen dennoch als erste Kalkulationsgrundlage, um bspw. zwischen einer Konstruktion aus STB und einer aus CB abzuwägen. Eine stetige Wiederholung und Analyse der Prozessschritte im Rahmen der Auswertung weiterer CB-Projekte wird die Genauigkeit der ermittelten Lohnaufwandswerte verbessern und damit Markteintrittsbarrieren aufgrund mangelnder Kalkulationsgrundlagen beseitigen.

## 6 Literaturverzeichnis

- [1] Zentralverband Deutsches Baugewerbe, Arbeitszeit-Richtwerte Hochbau: ARH, Neu-Isenburg: Dreieich: Zeittechnik-Verlag, 2015.
- [2] T. Klanitz, „Was ist REFA?“, REFA e.V., [Online]. Available: <https://refa.de/service/refa-lexikon/was-ist-refa>. [Zugriff am 21. Juni 2024].
- [3] K. Schiller, „bauprofessor.de“, f:data GmbH, 08. August 2018. [Online]. Available: <https://www.bauprofessor.de/arbeitszeit-richtwerte-bau/Dr.%20Klaus%20Schiller>. [Zugriff am 21. Juni 2024].
- [4] stadler, Produktivität im Baubetrieb - Bauablaufstörungen und Produktivitätsverluste, Berlin: Springer Vieweg, 2014.
- [5] B. Wietek, Beton - Stahlbeton - Faserbeton, Wiesbaden: Springer Vieweg, 2024.
- [6] S. May, Erste Straßenbrücke aus Carbonbeton – Erfahrungen und Erkenntnisse aus Planung und Bau, Dresden, 2021.
- [7] C<sup>3</sup>-Carbon Concrete Composite e.V., „C<sup>3</sup> - Carbon Concrete Composite“, [Online]. Available: <https://carbon-concrete.org/wissensbox>. [Zugriff am 26. Juni 2024].
- [8] Curbach, M., & Jesse, F. (Hrsg.), Beton-Kalender 2016, Beton im Hochbau, Silos und Behälter, Ernst&Sohn, 2015.
- [9] Manfred Curbach et al., Handbuch Carbonbeton, Berlin: Ersnt & Sohn, 2023.

# Digitale Öffentlichkeitsbeteiligung neu denken – Menschzentrierte Gestaltung BIM-basierter Beteiligungsplattformen

Jennifer Klütsch <sup>1</sup>, Sandra Hensen <sup>2</sup>, Luise Haehn <sup>3</sup>, Jonathan Matthei <sup>4</sup>, Patricia Hirsch <sup>5</sup> und Sabine J. Schlittmeier <sup>6</sup>

<sup>1</sup> Lehr- und Forschungsgebiet Arbeits- und Ingenieurpsychologie, RWTH Aachen University, [kluetsch@psych.rwth-aachen.de](mailto:kluetsch@psych.rwth-aachen.de)

<sup>2</sup> Lehrstuhl für Kognitions- und Experimentalpsychologie, RWTH Aachen University, [sandra.hensen@psych.rwth-aachen.de](mailto:sandra.hensen@psych.rwth-aachen.de)

<sup>3</sup> Lehr- und Forschungsgebiet Arbeits- und Ingenieurpsychologie, RWTH Aachen University, [luise.haehn@psych.rwth-aachen.de](mailto:luise.haehn@psych.rwth-aachen.de)

<sup>4</sup> Lehrstuhl und Institut für Baumanagement, Digitales Bauen und Robotik im Bauwesen, RWTH Aachen University, [matthei@icom.rwth-aachen.de](mailto:matthei@icom.rwth-aachen.de)

<sup>5</sup> Lehrstuhl für Kognitions- und Experimentalpsychologie, RWTH Aachen University, [patricia.hirsch@psych.rwth-aachen.de](mailto:patricia.hirsch@psych.rwth-aachen.de)

<sup>6</sup> Lehr- und Forschungsgebiet Arbeits- und Ingenieurpsychologie, RWTH Aachen University, [sabine.schlittmeier@psych.rwth-aachen.de](mailto:sabine.schlittmeier@psych.rwth-aachen.de)

## Kurzfassung

Die fortschreitende Digitalisierung eröffnet neue Wege für die Öffentlichkeitsbeteiligung. Insbesondere Visualisierungen mittels Building Information Modeling (BIM) als interdisziplinäre und kollaborative Arbeitsmethode auf Basis dreidimensionaler Bauwerksmodelle könnten die Öffentlichkeitsbeteiligung in der zukünftigen Stadt- und Infrastrukturentwicklung maßgeblich bereichern. Durch zusätzliche semantische Informationen könnte beispielsweise das Verständnis der Öffentlichkeit für Baupläne gestärkt werden. Offen bleibt die Frage, wie eine digitale Beteiligungsplattform mit BIM-Modelldaten für die häufig fachfremde Öffentlichkeit gestaltet werden sollte, um Akzeptanz für die Plattform zu stärken oder ein Gefühl von Empowerment in Beteiligungsprozessen zu erzeugen. Anhand einer Literatursynopse psychologischer und nutzerzentrierter Forschung werden in diesem Beitrag Implikationen für den Beteiligungsprozess zusammengefasst sowie erste mögliche, praktische Tipps zur Umsetzung für die visuelle und inhaltliche Gestaltung von digitalen Beteiligungsplattformen diskutiert. Es zeigt sich, dass bei der Entwicklung einer digitalen Beteiligungsplattform mit BIM-Modelldaten die Visualisierungen selbst, aber auch die inhaltliche Gestaltung und die Kommunikation über die und mit der Plattform optimiert werden sollten, um langfristig die Akzeptanz der Plattform sowie das erlebte Empowerment zu stärken. Über diese Implikationen hinaus benötigt es weitere qualitative und quantitative Forschung, um die Entwicklung zukünftiger Beteiligungsplattformen partizipativ und nutzerzentriert zu gestalten.

*Schlagwörter: Digitale Beteiligungsplattform, Building Information Modeling (BIM), Öffentlichkeitsbeteiligung, Visualisierung, Akzeptanz, Empowerment*

# 1 Einleitung

Durch frühzeitige und kontinuierliche Öffentlichkeitsbeteiligung können Bürger:innen sowie ihre Bedarfe und Bedenken in Planungsprozessen in der Stadt- und Infrastrukturentwicklung eingebunden werden. Insbesondere bei konfliktreichen Vorhaben kann eine gelungene Öffentlichkeitsbeteiligung mögliche Bedenken der Öffentlichkeit frühzeitig adressieren und somit die Akzeptanz von Baumaßnahmen erhöhen [1]. Die fortschreitende Digitalisierung eröffnet hierbei neue Möglichkeiten für die Involvierung der Öffentlichkeit in die zukünftige Stadt- und Infrastrukturentwicklung. So bieten digitale Beteiligungsplattformen die Möglichkeit der schnellen und direkten Involvierung ohne räumliche und zeitliche Einschränkungen, die bei analoger Beteiligung eine Hürde darstellen können [2]. Dabei gelten insbesondere Visualisierungen als wichtiges Instrument zur Erhöhung der Verständlichkeit von neuen Bauvorhaben und somit zur Verbesserung der Kommunikation mit der häufig fachfremden Öffentlichkeit [3]. Erste Studien im Bereich der nutzerzentrierten Forschung zeigen beispielsweise, dass 3D-Visualisierungen das Verständnis von Bauplanungen in der Öffentlichkeitsbeteiligung erhöhen können [4], [5].

Allerdings erfolgt die Erstellung von Visualisierungen in der gängigen Praxis häufig durch das manuelle Konstruieren und Anreichern von dreidimensionalen Ansichten, basierend auf vorhandenen 2D-Grundrissen und -schnitten. Dieser Prozess erfordert eine separate Arbeitsphase, sodass die erstellten Visualisierungen in der Öffentlichkeitsbeteiligung auf einem älteren Stand des Planungsmodells basieren können [3]. Dabei gewinnt die Methode Building Information Modeling (BIM) vermehrt Anwendung in der Baubranche. BIM ist eine interdisziplinäre und kollaborative Arbeitsmethode, bei der ein digitales, objektorientiertes Bauwerksmodell im Zentrum steht [6]. Dieses digitale Bauwerksmodell fungiert als virtuelle Repräsentation des realen Bauwerks, welches über den gesamten Lebenszyklus eines Bauwerks – von dem Entwurf über die Planung und Ausführung bis zum Betrieb – genutzt werden soll [7].

Durch BIM ergeben sich neue Möglichkeiten für die Einbeziehung der Öffentlichkeit durch Visualisierungen. Die dreidimensionalen Bauwerksmodelle erhalten zusätzliche semantische Informationen, wie etwa Materialien oder technische Eigenschaften [7], wodurch das Verständnis der Öffentlichkeit für Baupläne gestärkt und Bürger:innen aktiver in den Planungsprozess eingebunden werden könnten. So könnten sie zusätzliche Informationen, beispielsweise auf einer webbasierten Plattform, nutzen, um detailliertes Feedback zu geben und Vorschläge einzubringen. Auch wenn eine digitale Beteiligungsplattform mit BIM Modelldaten somit ein hohes Potenzial bietet, bleibt die Frage offen, wie diese für die i.d.R. fachfremde Öffentlichkeit gestaltet werden sollte. So muss geprüft werden, inwieweit digitale Modelle für die Öffentlichkeit beispielsweise in Farb-, Form- und Schattenggebung oder Detailliertheit visualisiert und welche zusätzlichen Informationen zum Verständnis zur Verfügung gestellt werden sollten. Auch sollte die Gestaltung der Rückmeldungen durch den Vorhabenträger näher beleuchtet werden.

In der vorliegenden Arbeit werden Forschungsergebnisse zur Steigerung der Akzeptanz und des Empowerment im Rahmen einer unsystematischen Literatursynopse über Google Scholar, ACM Library und Web of Science identifiziert. Daraus werden Implikationen für digitale Öffentlichkeitsbeteiligung zusammengefasst sowie erste mögliche, praktische Tipps zur Umsetzung für die visuelle und inhaltliche Gestaltung von digitalen Beteiligungsplattformen diskutiert.

## 2 Digitale Öffentlichkeitsbeteiligung durch eine nutzerzentrierte visuelle Gestaltung stärken

Die Intention zur Nutzung einer digitalen Beteiligungsplattform als Technologie ist nach dem Technology Acceptance Model (TAM, [8]) in erster Linie von zwei Aspekten abhängig: der (1) *wahrgenommenen Einfachheit der Nutzung* und der (2) *wahrgenommenen Nützlichkeit*. Die wahrgenommene Einfachheit der Nutzung beschreibt den Grad, zu dem Nutzer:innen glauben, die Nutzung eines bestimmten Systems sei ohne Aufwand möglich. Die wahrgenommene Nützlichkeit hingegen beschreibt die subjektive Empfindung der Nutzer:innen, dass die Nutzung des Systems einen Vorteil bringe [8]. Aktuelle Forschung bestätigt den Einfluss der wahrgenommenen Einfachheit der Nutzung und der Nützlichkeit auf die Intention der Nutzung verschiedener Technologien (z.B. Online-Gemeinschaftsplattformen [9]; Intelligente Netztechnologien [10]). Für die Entwicklung einer digitalen Beteiligungsplattform lässt sich somit ableiten, dass die Vorteile der Nutzung gegenüber klassischen Beteiligungsverfahren (z.B. schnellere Rückmeldungen, Übersicht der Projekte) klar kommuniziert werden sollten, um die wahrgenommene Nützlichkeit und somit die Akzeptanz zu stärken.

Um die Einfachheit der Nutzung zu erhöhen, ist eine nutzerzentrierte sowie in wahrnehmungs- und kognitionspsychologischer Hinsicht optimierte visuelle Gestaltung anzustreben. Kognitionspsychologische Forschung liefert dabei wertvolle Erkenntnisse zur menschlichen Informationsverarbeitung. Daraus ergeben sich Hinweise zur visuellen Gestaltung im Allgemeinen, die sich auch auf die Entwicklung einer digitalen Beteiligungsplattform anwenden lassen.

### 2.1 Kognitionspsychologische Erkenntnisse zur visuellen Gestaltung

Die menschliche Informationsverarbeitung, also wie Menschen Informationen aufnehmen, speichern und organisieren, ist aufgrund von begrenzt zur Verfügung stehenden kognitiven Ressourcen kapazitätslimitiert [11]. So werden die begrenzten Aufmerksamkeitsressourcen durch die Verarbeitung von beispielsweise visuellen Reizen verbraucht. Die visuelle Aufmerksamkeit ist dabei definiert als eine Reihe von Prozessen, deren Ziel es u.a. ist, diese limitierten kognitiven Ressourcen möglichst optimal zu nutzen. Dabei bestimmen Aufmerksamkeitsmechanismen, welche Informationen verarbeitet und welche Informationen unterdrückt werden, um eine Informationsüberflutung des kognitiven Systems zu verhindern [12]. Sogenannte bottom-up und top-down Prozesse beeinflussen dabei, welche Informationen präferiert verarbeitet werden. Bei bottom-up Prozessen werden bestimmte physikalische Merkmale eines Reizes weitestgehend automatisch und unbeeinflusst von persönlichen Erfahrungen, Erwartungen und Zielen wahrgenommen [13]. Beispielsweise werden Signalfarben wie Rot oder Orange im Vergleich zu Grün oder Blau in bottom-up Prozessen präferiert verarbeitet. In 2D- oder 3D-Visualisierungen eines Bauprojektes wäre die präferierte Verarbeitung einer orange- oder rot-markierten Straße ein Beispiel für die Folge von bottom-up Prozessen. Diese Prozesse werden daher auch datengeleitet genannt [13]. Im Kontrast dazu wird bei top-down Prozessen die Informationsverarbeitung von höheren mentalen Prozessen gesteuert, die zur Identifikation und Wiedererkennung von Reizen herangezogen werden [14]. Hier werden Informationen bzw. Reize also aufgrund persönlicher Erfahrungen, Erwartungen und Ziele wahrgenommen und interpretiert. In 2D- oder 3D-Visualisierungen eines Stadtplans wäre ein Beispiel somit die präferierte Verarbeitung eines

Stadtteils, welcher dem eigenen Aufgabenziel entspricht (z.B. neue Fahrradroute vom Wohnort aus entdecken). Die visuelle Aufmerksamkeit kann also sowohl von einzelnen Merkmalen der eingehenden Reize als auch von individuellen Erfahrungen und Zielen beeinflusst werden.

Dies wurde ebenfalls in einer Meta-Studie bestätigt [15]. In der Studie [15] identifizierten die Forscher:innen wichtige Einflussfaktoren für die visuelle Aufmerksamkeit: Neben kognitiven Faktoren, die top-down Prozessen unterliegen, wie der *Relevanz* der visuellen Information für das Aufgabenziel, spielen auch Faktoren, die bottom-up Prozessen unterliegen, wie die *Art der Darstellung* der visuellen Informationen eine wichtige Rolle [16]. So zeigte die Meta-Studie [15], dass zentral oder links dargestellte visuelle Informationen öfter betrachtet werden als in äußeren Zonen oder rechts dargestellte Informationen [17], [18]. Auch die Größe der visuellen Reize [19] und die Salienz (also die Auffälligkeit eines Reizes, durch z.B. Farbe, Kontrast oder Bewegung [20]) schienen einen Einfluss auf die Betrachter:innen zu haben: So wurden größer dargestellte Reize öfter betrachtet als kleiner dargestellte Reize. Ebenso begünstigen beispielsweise grelle Farben oder bewegliche Reize die Verarbeitung im Gegensatz zu dunkleren Farben oder unbeweglichen Reizen. Letztlich beleuchteten Orquin et al. [15] in ihrer Meta-Studie, dass die Anzahl der Reize im Sichtfeld eine Rolle zu spielen scheint, sodass bei einer größeren Anzahl an konkurrierenden Reizen relevante Information weniger häufig betrachtet wurden [21]. Dabei können Planer:innen diese Prinzipien der visuellen Aufmerksamkeit nutzen, um die Aufmerksamkeit der Bürger:innen auf besondere Merkmale in Visualisierungen von Bauprojekten zu richten. Gleichzeitig sollten Planer:innen auf den sparsamen Umgang mit auffälligen Reizen achten, um einer Ablenkung von den relevanten Visualisierungen und übermäßigem Verbrauch der Aufmerksamkeitsressourcen entgegenzuwirken.

Weitere relevante Faktoren für eine nutzerzentrierte visuelle Gestaltung ergeben sich aus den Gestaltgesetzen der Wahrnehmungspsychologie: Die Gestaltgesetze beschreiben, wie einzelne Merkmale wahrgenommen, verarbeitet und geordnet werden, sodass sie zu einem zusammenhängenden Objekt gruppiert werden [22]. Relevante Gesetze sind u.a. (1) das Gesetz der Ähnlichkeit, (2) der Nähe, (3) der gemeinsamen Region und (4) der Einfachheit (siehe Abb. 1-1). Merkmale werden also zu einem Objekt gruppiert, wenn sie (1) sich ähnlich sind (z.B. Form oder Farbe), (2) eine räumliche Nähe aufweisen und (3) innerhalb einer gemeinsamen Region liegen, die klar von anderen Regionen abgegrenzt ist. Auch wird (4) die einfachste erkennbare Form am schnellsten erkannt [22]. Diese Gesetze sowie die Einflussfaktoren der visuellen Aufmerksamkeit sollten insbesondere bei der Gestaltung der Benutzeroberfläche einer digitalen Beteiligungsplattform beachtet werden, um Nutzerfreundlichkeit und kognitiv effiziente Informationsverarbeitung zu gewährleisten. So sollten beispielsweise für die Nutzer:innen wichtige und zusammengehörende Informationen räumlich nahe angeordnet werden (Gesetz der Nähe, z.B. Einwände und dazugehörige Antworten räumlich nah auf dem Display), um lange Suchwege zu vermeiden. Auch sollten Veränderungen farblich gekennzeichnet werden, um sich visuell abzuheben (Gesetz der Ähnlichkeit, z.B. eine neue Antwort auf einen Einwand sollte farblich hervorgehoben werden).

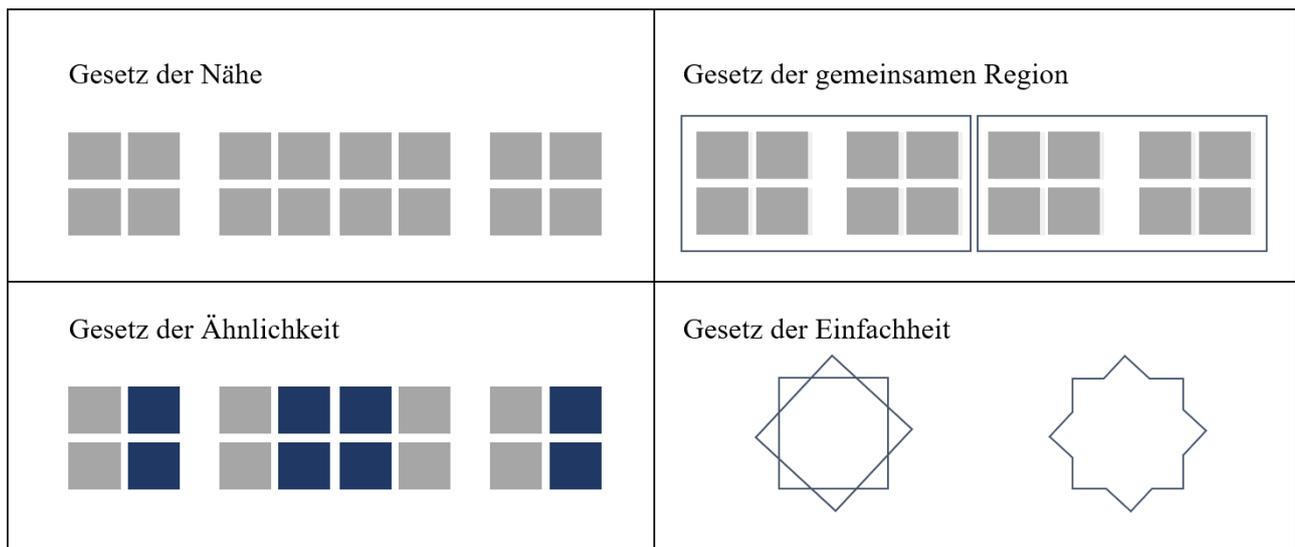


Abb. 1-1: Beispiele der Gestaltgesetze (Gesetz der Nähe, der Ähnlichkeit, der gemeinsamen Region und der Einfachheit; in Anlehnung an [23])

## 2.2 Ästhetische Veränderungen und ihr Einfluss auf die Wahrnehmung visueller Gestaltungen

Die psychologische und nutzerzentrierte Forschung liefert weitere Hinweise zu Auswirkungen ästhetisch-veränderter Visualisierungen von Bauprojekten, wie beispielsweise Auswirkungen der (1) Farbgestaltung, (2) Formgebung, (3) Belichtung und Schattengebung sowie des (4) Detailgrads von 2D- oder 3D-Darstellungen. Aktuelle Forschung zur (1) Farbgestaltung zeigt dabei, dass 3D-Modelle in kühlen Farben und kühlem Licht im Vergleich zu warmen Farben und warmen Licht als ästhetischer bewertet sowie Räume optisch größer wahrgenommen werden (siehe z.B. [24], [25], [26], [27]). In der (2) Formgebung wurden geschwungene Grenzen bei Decken oder Wänden insgesamt positiver wahrgenommen als gerade und orthogonale Grenzen von Räumen [25]. Eine veränderte Wahrnehmung scheint auch durch die (3) Darstellung von Licht und Schatten in 3D-Modellen beeinflusst zu sein, sodass bei einer realitätsnahen Darstellung von Licht und Schatten Entfernungen, Tiefe und Größe von Objekten in 3D-Modellen besser eingeschätzt werden können [28], [29], [30], [31]. Beim (4) Detailgrad von 2D- und 3D-Darstellungen identifizieren Kuliga et al. [30] beim Vergleich zwischen einem realen und virtuellen Raum, dass fehlende Details bei virtuellen Darstellungen negativ bewertet wurden. Teilnehmer:innen der Studie merkten an, dass Gebäude leer und weniger einladend durch fehlende Details wirkten (z.B. in Form von Mobiliar, Personen oder auch Hintergrundgeräuschen [30]). Auch diese Auswirkungen ästhetisch-veränderter Visualisierungen sollten bei der zukünftigen visuellen Gestaltung von BIM-basierten Visualisierungen in digitalen Beteiligungsplattformen beachtet werden, um Fehlinterpretationen zukünftiger Bauplanungen zu vermeiden.

## 3 Empowerment stärken in digitaler Öffentlichkeitsbeteiligung

Um eine auf BIM-Modelldaten basierte Beteiligungsplattform nutzen zu können, gilt es, neben der visuellen Gestaltung und Stärkung der Akzeptanz der Plattform, das *Empowerment* der Bürger:innen

zu stärken. Empowerment ist definiert als der “Prozess, durch den Individuen Beherrschung oder Kontrolle über ihr eigenes Leben und die demokratische Teilnahme am Leben ihrer Gemeinschaft erlangen“ [29, S. 726, übersetzt aus dem Englischen]. Insbesondere psychologisches Empowerment, v.a. die Facetten der wahrgenommenen Selbstwirksamkeit und des Gefühls von Bedeutung, scheinen dabei Partizipation zu erhöhen [33]. Auch zeigt aktuelle Forschung, dass Empowerment sowohl die wahrgenommene Einfachheit der Nutzung und die wahrgenommene Nützlichkeit als auch die Absicht zur Nutzung einer Technologie beeinflussen kann [34], [35]. Um Empowerment zu stärken, sollten Bürger:innen (1) den Wert eines Ziels erkennen (Bedeutung), (2) an die eigene Fähigkeit glauben (Kompetenz), (3) Kontrolle über eigene Handlungen und Entscheidungen haben (Selbstbestimmung) und (4) durch die eigene Handlung das Ergebnis beeinflussen können (Einfluss) [36].

Als Voraussetzung für digitales Empowerment, definiert Mäkinen [37], dass Bürger:innen ein *Bewusstsein für die Technologie*, beispielsweise über deren Funktionen (z.B. Foto hochladen, skizzieren) haben sollten. Auch sollte die *Motivation zur Nutzung* vorhanden sein. Diese kann sowohl intrinsisch als auch extrinsisch sein. Intrinsische Motivation beschreibt dabei, dass eine Handlung aufgrund in der Person liegender Motivatoren ausgeführt wird, wie aufgrund eigener Interessen oder Spaß bei der Nutzung. Extrinsische Motivation hingegen wird von außen erzeugt, beispielsweise durch monetäre Anreize [38]. So zeigten Li et al. [39], dass die eigene, wahrgenommene Möglichkeit zur Teilhabe und zur Verantwortung Partizipation stärken kann. Neben der eigenen intrinsischen Motivation stärkt das soziale Umfeld einer Person die Intention zur Beteiligung als eine Form von extrinsischer Motivation. Neben diesen Motivatoren gelten ein Mangel an Informationen oder ineffektive Kommunikation als Hindernisse für Partizipation [39]. Auch die Art der Rückmeldung vom Vorhabensträger kann die Motivation zur aktiven Partizipation steigern [40]. In Bezug auf Feedback weisen Sackl et al. [40] darauf hin, dass insbesondere automatisiertes Feedback schnell vermittelt werden sollte. Dabei können Informationen über den Feedbackprozess, wie ein Hinweis, dass die Anfrage an den Server gesendet wird, längere Wartezeiten kompensieren. Präzise Informationen scheinen besser als unpräzise Informationen, wobei grundsätzlich alle für die Beteiligung relevanten Informationen bereits frühzeitig zur Verfügung gestellt werden sollten [40]. Weitere Voraussetzungen für digitales Empowerment sind nach Mäkinen [37] ein *technischer Zugang* sowie die eigene *Kompetenz zur Nutzung*, wie beispielsweise angemessene technische Fähigkeiten. Durch diese Voraussetzungen sollte digitales Empowerment es Bürger:innen ermöglichen, u.a. mehr zu partizipieren und die eigene, wahrgenommene Kontrolle zu stärken [37].

Laut Schneider et al. [41] kann eine digitale Beteiligungsplattform Empowerment u.a. stärken, indem es Bürger:innen unterstützt, (1) *empowernde Erfahrungen zu machen*. So kann eine partizipative Technologie beispielsweise helfen, Gefühle wie Kontrolle zu erleben, beispielsweise durch Aufzeigen der konkreten Auswirkungen der eigenen Beteiligung. Auch kann (2) *Empowerment durch den Designprozess* eingebracht werden, indem eine digitale Beteiligungsplattform partizipativ gestaltet wird [41]. Partizipatives Design beschreibt die gemeinschaftliche und bedürfnisorientierte Entwicklung von Technologien, die auf Nutzer:innen abgestimmt ist [42]. Ein Beispiel ist hier die Integration der Bürger:innen in den Designprozess einer neuen Technologie über Interviews oder Fokusgruppen als geführte Gruppendiskussionen. Zusätzlich unterstreichen die Autoren [41], dass eine digitale Beteiligungsplattform (3) *das Empowerment einer Gemeinschaft stärken* kann. Ein Beispiel wäre ein neuartiges Informationssystem (z.B. Monitorsystem zur Überwachung von Luftqualität), welches Bürger:innen ein besseres Verständnis für und Einblick in Entscheidungen von Industrie und

Politik bietet [41]. Daneben verweisen Cazacu et al. [43] darauf, dass Empowerment gestärkt werden kann, wenn (1) eine benutzerfreundliche Beteiligung ermöglicht wird, (2) das Wissen und die Fähigkeiten der Nutzer:innen erweitert und (3) für tatsächlichen Einfluss auf Entscheidungen gesorgt wird (keine Alibi-Partizipation). Auch sollten (4) seltener repräsentierte Gruppen beteiligt werden [43].

## 4 Implikationen für die Gestaltung digitaler Öffentlichkeitsbeteiligung und zukünftige Forschung

Somit ergeben sich aus der vorgestellten Literatur zahlreiche Implikationen für die Gestaltung digitaler Öffentlichkeitsbeteiligung, die (nicht nur) im Kontext von BIM-Modelldaten gelten. Die nachfolgende Tabelle 1-1 fasst die Implikationen aus der psychologischen und nutzerzentrierten Forschung zusammen und stellt erste mögliche, praktische Tipps für die Umsetzung innerhalb einer Beteiligungsplattform vor.

<b>Implikationen aus der Forschung</b>	<b>Praktische Tipps für die Umsetzung</b>
Nützlichkeit hervorheben [8], [9], [10]	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nutzen einer Beteiligungsplattform (z.B. räumlich und zeitlich flexibler Zugang) explizit nennen, beispielsweise auf dem Startbildschirm</li> </ul>
Einfachheit der Nutzung und Benutzerfreundlichkeit ermöglichen [8], [9], [10]	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Benutzeroberfläche unter Einbeziehung der Gestaltgesetze erstellen</li> <li>• Erkenntnisse zur visuellen Gestaltung aus psychologischer Forschung beachten</li> <li>• einfache Sprache verwenden</li> <li>• niederschweligen, technischen Zugang ermöglichen (z.B. einfache Anmeldung in gängigen Browsern)</li> </ul>
Motivation stärken [37]	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kommunikation zwischen Bürger:innen ermöglichen (z.B. öffentliche Sammeleinwendungen in Beteiligungsplattform integrieren)</li> <li>• Eingangsbestätigungen als direktes Feedback [40]</li> <li>• relevante und präzise Informationen frühzeitig zur Verfügung stellen [40]</li> </ul>
Empowernde Erfahrungen der Bürger:innen unterstützen [41]	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Regelmäßige Rückmeldung der Vorhabensträger zum Vorhaben über die Beteiligungsplattform</li> <li>• Darstellung der Veränderungen, die durch Bürgerbeteiligung entstanden sind [41]</li> </ul>
partizipative Designprozesse integrieren [41], [42]	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Entwicklung der Beteiligungsplattform im Gespräch mit Bürger:innen, beispielsweise durch Fokusgruppen oder Interviews</li> </ul>

Implikationen aus der Forschung	Praktische Tipps für die Umsetzung
Notwendiges Fachwissen und Fähigkeiten vermitteln [37], [43]	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Planungsprozesse erläutern, beispielsweise durch Informations- und Hilfe-Boxen</li> <li>● Fragen frühzeitig klären durch öffentliche FAQs</li> <li>● Präzise und für die Beteiligung relevante Informationen bereitstellen [40]</li> </ul>
Alibi-Partizipation vermeiden [43]	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Transparente Prozessgestaltung, beispielsweise durch regelmäßige Updates und Begründungen</li> <li>● Ergebnisoffene Prozesse fördern</li> </ul>
Partizipation auch für seltener repräsentierte Gruppen ermöglichen [43]	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Einfachheit der Nutzung erhöhen [8], [9], [10]</li> <li>● Sichtbarkeit erhöhen über digitale und analoge Informationskanäle (z.B. Soziale Medien, Radio, Plakate)</li> <li>● Entwicklung der Beteiligungsplattform im Gespräch mit seltener repräsentierten Gruppen</li> </ul>

*Tab. 1-1: Implikationen aus der Forschung für die digitale Öffentlichkeitsbeteiligung und erste praktische Tipps zur Umsetzung*

Auch wenn die Forschung erste Implikationen für zukünftige Beteiligung innerhalb einer digitalen Beteiligungsplattform mit BIM-Modelldaten liefern, fehlt es im Sinne einer partizipativen und nutzerzentrierten Entwicklung an qualitativer und quantitativer Forschung mit den Bürger:innen selbst. In zukünftiger Forschung könnte beispielsweise geprüft werden, wie 3D-Visualisierungen in der Bürgerbeteiligung visuell wahrgenommen werden oder wie unterschiedliche Detailgrade in 3D Visualisierungen von der fachfremden Öffentlichkeit kognitiv verarbeitet werden. Auch sollte identifiziert werden, wann Bürger:innen selbst ihre Beteiligung bei Bauprojekten als bedeutsam ansehen und welche Erwartungen sie an eine digitale Beteiligungsplattform haben. Auf Basis dieser nutzerzentrierten Erkenntnisse kann erwartet werden, dass langfristig das erlebte Empowerment der Bürger:innen sowie die Akzeptanz einer solchen Beteiligungsplattform und dadurch auch der darüber geplanten Baumaßnahmen gesteigert wird.

## 5 Zusammenfassung

Die vorgestellte Literatur zeigt, dass bei der Entwicklung einer digitalen Beteiligungsplattform mit BIM-Modelldaten die Visualisierungen selbst, aber auch die inhaltliche Gestaltung und die Kommunikation über die Plattform nicht vernachlässigt werden dürfen, um langfristig die Akzeptanz der Plattform als auch das Empowerment und damit die Partizipation zu stärken. So sollten die Planer:innen, in einem ersten Schritt, die Erkenntnisse und Implikationen der psychologischen und nutzerzentrierten Forschung (siehe Tab. 1-1) für eine einfache Gestaltung von BIM-Modelldaten und Beteiligungsplattformen für die fachfremde Öffentlichkeit nutzen. In einem weiteren Schritt sollte aber auch die inhaltliche Gestaltung und Kommunikation über die Plattform optimiert werden. Dabei legen die Ergebnisse nahe, dass eine digitale Beteiligungsplattform ein klares Gefühl von Empowerment vermitteln sollte, beispielsweise indem diese konkrete Auswirkungen der eigenen Beteiligung aufzeigt.

## Danksagung

Diese Arbeit wurde vom Bundesministerium für Digitales und Verkehr (BMDV) im Rahmen des Projekts BIM4People “Partizipative Gestaltung nachhaltiger Mobilität anhand (teil-)automatisierter Visualisierungen von BIM-Modelldaten” [19FS2057A] der Förderlinie mFUND gefördert. Die Synopse der psychologischen Forschungsergebnisse basiert auf einer wissenschaftlichen Grundlagenermittlung im Rahmen des Projekts, welche im jährlichen Zwischenbericht der interessierten Öffentlichkeit zugänglich gemacht wird.

## 6 Literaturverzeichnis

- [1] Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur, „Handbuch für eine gute Bürgerbeteiligung - Planung von Großvorhaben im Verkehrssektor“, Berlin, 2014.
- [2] Bertelsmann Stiftung, Hrsg., *Politik beleben, Bürger beteiligen*, 2. Aufl. 2012.
- [3] A. Spieker, G. Wenzel, und F. Brettschneider, *Bauprojekte Visualisieren - Leitfaden für die Bürgerbeteiligung*. in Schriftenreihe der Baden-Württemberg Stiftung, no. 86. Gütersloh, Deutschland: Bertelsmann Stiftung, 2017.
- [4] S. A. Oloonabadi und P. Baran, „Augmented reality participatory platform: A novel digital participatory planning tool to engage under-resourced communities in improving neighborhood walkability“, *Cities*, Bd. 141, S. 104441, 2023, doi: <https://doi.org/10.1016/j.cities.2023.104441>.
- [5] A. Marzouki, F. Lafrance, S. Daniel, und S. Mellouli, „The relevance of geovisualization in Citizen Participation processes“, in *Proceedings of the 18th Annual International Conference on Digital Government Research*, Staten Island NY USA: ACM, Juni 2017, S. 397–406. doi: 10.1145/3085228.3085240.
- [6] R. Schönbach, E. Aßmus, K. Klemt-Albert, und M. Bergmann, „Entwicklung des Masterplan BIM für Bundesbauten“, *Bauingenieur*, Bd. 96, Nr. 5, S. 173–181, 2021, doi: 10.37544/0005–6650–2021–05–57.
- [7] A. Borrmann, M. König, C. Koch, und J. Beetz, „Die BIM-Methode im Überblick“, in *Building Information Modeling*, A. Borrmann, M. König, C. Koch, und J. Beetz, Hrsg., in VDI-Buch. , Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden, 2021, S. 1–31. doi: 10.1007/978-3-658-33361-4\_1.
- [8] F. D. Davis, „A technology acceptance model for empirically testing new end-user information systems: Theory and results“, Massachusetts Institute of Technology, 1985.
- [9] H. Wang, J. E. Chung, N. Park, M. L. McLaughlin, und J. Fulk, „Understanding online community participation: A technology acceptance perspective“, *Communication Research*, Bd. 39, Nr. 6, S. 781–801, Dez. 2012, doi: 10.1177/0093650211408593.
- [10] C. Whittle, „Thinking smart: Understanding citizen acceptance of smart technologies in future cities“, University of Sheffield, 2016.

- [11] B. H. Kantowitz, „Channels and stages in human information processing: A limited analysis of theory and methodology“, *Journal of Mathematical Psychology*, Bd. 29, Nr. 2, S. 135–174, Juni 1985, doi: 10.1016/0022-2496(85)90014-8.
- [12] K. K. Evans u. a., „Visual attention“, *WIREs Cognitive Science*, Bd. 2, Nr. 5, S. 503–514, Sep. 2011, doi: 10.1002/wcs.127.
- [13] L. Itti, C. Koch, und E. Niebur, „A model of saliency-based visual attention for rapid scene analysis“, *IEEE Trans. Pattern Anal. Machine Intell.*, Bd. 20, Nr. 11, S. 1254–1259, Nov. 1998, doi: 10.1109/34.730558.
- [14] A. L. Yarbus, „Eye movements during perception of complex objects“, in *Eye Movements and Vision*, Boston, MA, USA: Springer, Boston, MA, 1967, S. 171–211. doi: 10.1007/978-1-4899-5379-7\_8.
- [15] J. L. Orquin, E. S. Lahm, und H. Stojić, „The visual environment and attention in decision making.“, *Psychological Bulletin*, Bd. 147, Nr. 6, S. 597–617, Juni 2021, doi: 10.1037/bul0000328.
- [16] J. L. Orquin, M. P. Bagger, E. S. Lahm, K. G. Grunert, und J. Scholderer, „The visual ecology of product packaging and its effects on consumer attention“, *Journal of Business Research*, Bd. 111, S. 187–195, Apr. 2020, doi: 10.1016/j.jbusres.2019.01.043.
- [17] U. Kreplin, V. Thoma, und P. Rodway, „Looking behaviour and preference for artworks: The role of emotional valence and location“, *Acta Psychologica*, Bd. 152, S. 100–108, Okt. 2014, doi: 10.1016/j.actpsy.2014.08.003.
- [18] M. Meißner, A. Musalem, und J. Huber, „Eye tracking reveals processes that enable conjoint choices to become increasingly efficient with practice“, *Journal of Marketing Research*, Bd. 53, Nr. 1, S. 1–17, Feb. 2016, doi: 10.1509/jmr.13.0467.
- [19] G. L. Lohse, „Consumer eye movement patterns on yellow pages advertising“, *Journal of Advertising*, Bd. 26, Nr. 1, S. 61–73, März 1997, doi: 10.1080/00913367.1997.10673518.
- [20] L. Itti und C. Koch, „A saliency-based search mechanism for overt and covert shifts of visual attention“, *Vision Research*, Bd. 40, Nr. 10–12, S. 1489–1506, Juni 2000, doi: 10.1016/S0042-6989(99)00163-7.
- [21] C. Grebitus, J. Roosen, und C. C. Seitz, „Visual attention and choice: A behavioral economics perspective on food decisions“, *Journal of Agricultural & Food Industrial Organization*, Bd. 13, Nr. 1, S. 73–81, Jan. 2015, doi: 10.1515/jafio-2015-0017.
- [22] E. B. Goldstein, *Wahrnehmungspsychologie*, 2. Aufl. Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag, 2002.
- [23] E. Horster, „Grundsätze bei der Gestaltung digitaler Angebote“, in *Digitales Tourismusmarketing*, Wiesbaden: Springer Gabler, Wiesbaden, 2022, S. 209–223. doi: 10.1007/978-3-658-35167-0\_14.
- [24] T. Elver Boz, H. Demirkan, und B. A. Urgen, „Visual perception of the built environment in virtual reality: A systematic characterization of human aesthetic experience in spaces with

- curved boundaries“, *Psychology of Aesthetics, Creativity, and the Arts*, Juli 2022, doi: 10.1037/aca0000504.
- [25] C. J. van Oel und F. W. (Derk) van den Berkhof, „Consumer preferences in the design of airport passenger areas“, *Journal of Environmental Psychology*, Bd. 36, S. 280–290, Dez. 2013, doi: 10.1016/j.jenvp.2013.08.005.
- [26] K. Yildirim, A. Akalin-Baskaya, und M. L. Hidayetoglu, „Effects of indoor color on mood and cognitive performance“, *Building and Environment*, Bd. 42, Nr. 9, S. 3233–3240, Sep. 2007, doi: 10.1016/j.buildenv.2006.07.037.
- [27] S. Odabaşioğlu und N. Olguntürk, „Effects of coloured lighting on the perception of interior spaces“, *Percept Mot Skills*, Bd. 120, Nr. 1, S. 183–201, Feb. 2015, doi: 10.2466/24.PMS.120v10x4.
- [28] B. Gerschütz, M. Fechter, B. Schleich, und S. Wartzack, „A review of requirements and approaches for realistic visual perception in virtual reality“, *Proc. Int. Conf. Eng. Des.*, Bd. 1, Nr. 1, S. 1893–1902, Juli 2019, doi: 10.1017/dsi.2019.195.
- [29] F. Heinrich, K. Bornemann, K. Lawonn, und C. Hansen, „Depth perception in projective augmented reality: An evaluation of advanced visualization techniques“, in *25th ACM Symposium on Virtual Reality Software and Technology*, Parramatta NSW Australia: Association for Computing Machinery, Nov. 2019, S. 1–11. doi: 10.1145/3359996.3364245.
- [30] S. F. Kuliga, T. Thrash, R. C. Dalton, und C. Hölscher, „Virtual reality as an empirical research tool — Exploring user experience in a real building and a corresponding virtual model“, *Computers, Environment and Urban Systems*, Bd. 54, S. 363–375, Nov. 2015, doi: 10.1016/j.compenvurbsys.2015.09.006.
- [31] C. J. Wilson und A. Soranzo, „The use of virtual reality in psychology: A case study in visual perception“, *Computational and Mathematical Methods in Medicine*, Bd. 2015, Art. Nr. 151702, Aug. 2015, doi: 10.1155/2015/151702.
- [32] M. A. Zimmerman und J. Rappaport, „Citizen participation, perceived control, and psychological empowerment“, *American J of Comm Psychol*, Bd. 16, Nr. 5, S. 725–750, Okt. 1988, doi: 10.1007/BF00930023.
- [33] J. Goncalves u. a., „Citizen motivation on the go: The role of psychological empowerment“, *Interacting with Computers*, Bd. 26, Nr. 3, S. 196–207, Mai 2014, doi: 10.1093/iwc/iwt035.
- [34] D. Q. Agozie, A. Afful-Dadzie, B. A. Gyamfi, und F. V. Bekun, „Does psychological empowerment improve renewable energy technology acceptance and recommendation? Evidence from 17 rural communities“, *Renewable Energy*, Bd. 219, Nr. 1, Art. Nr. 119449, Dez. 2023, doi: 10.1016/j.renene.2023.119449.
- [35] M. Naranjo-Zolotov, T. Oliveira, und S. Casteleyn, „Citizens’ intention to use and recommend e-participation: Drawing upon UTAUT and citizen empowerment“, *ITP*, Bd. 32, Nr. 2, S. 364–386, Apr. 2019, doi: 10.1108/ITP-08-2017-0257.

- 
- [36] G. M. Spreitzer, „Psychological empowerment in the workplace: Dimensions, measurement, and validation“, *Academy of Management Journal*, Bd. 38, Nr. 5, S. 1442–1465, Okt. 1995, doi: 10.2307/256865.
- [37] M. Mäkinen, „Digital empowerment as a process for enhancing citizens’ participation“, *E-Learning and Digital Media*, Bd. 3, Nr. 3, S. 381–395, Sep. 2006, doi: 10.2304/elea.2006.3.3.381.
- [38] R. M. Ryan und E. L. Deci, „Intrinsic and extrinsic motivations: Classic definitions and new directions“, *Contemporary Educational Psychology*, Bd. 25, Nr. 1, S. 54–67, Jan. 2000, doi: 10.1006/ceps.1999.1020.
- [39] W. Li, T. Feng, H. J. P. Timmermans, Z. Li, M. Zhang, und B. Li, „Analysis of citizens’ motivation and participation intention in urban planning“, *Cities*, Bd. 106, Art. Nr. 102921, Nov. 2020, doi: 10.1016/j.cities.2020.102921.
- [40] A. Sackl, S.-K. Thiel, P. Fröhlich, und M. Tscheligi, „“Thanks for your input. We will get back to you shortly.” How to design automated feedback in location-based citizen participation systems“, in *Progress in Location Based Services 2018*, P. Kiefer, H. Huang, N. Van De Weghe, und M. Raubal, Hrsg., in *Lecture Notes in Geoinformation and Cartography*, Cham: Springer International Publishing, 2018, S. 257–268. doi: 10.1007/978-3-319-71470-7\_13.
- [41] H. Schneider, M. Eiband, D. Ullrich, und A. Butz, „Empowerment in HCI - A survey and framework“, in *Proceedings of the 2018 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, Montreal QC Canada: Association for Computing Machinery, Apr. 2018, S. 1–14. doi: 10.1145/3173574.3173818.
- [42] J. Simonsen und T. Robertson, Hrsg., *Routledge international handbook of participatory design*. in *Routledge international handbooks*. New York, NY, USA: Routledge, 2013.
- [43] S. Cazacu, N. B. Hansen, und B. Schouten, „Empowerment approaches in digital civics“, in *OzCHI ’20: Proceedings of the 32nd Australian Conference on Human-Computer Interaction*, Sydney NSW Australia: Association for Computing Machinery, Dez. 2020, S. 692–699. doi: 10.1145/3441000.3441069.

# Erweiterung des IPA-Kanons bei der DB – Erläuterungen anhand eines Zwischenberichts zum Projekt ‚Schaffung Instandhaltungskapazitäten ICE L‘

*Felix Theuring<sup>1</sup> und Sören Sommerfeld<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> Technische Universität Berlin - Fachgebiet Bauwirtschaft und Baubetrieb, felix.theuring@tu-berlin.de

<sup>2</sup> Technische Universität Berlin - Fachgebiet Bauwirtschaft und Baubetrieb, s.sommerfeld@tu-berlin.de

## Kurzfassung

Aus der Verkehrswende von der Straße zur Schiene und einem bestehenden Sanierungsstau ergeben sich Herausforderungen an den Bau und Erhalt der Schieneninfrastruktur. Die Beschleunigungskommission Schiene begegnet diesen Herausforderungen mit Handlungsfeldern und konkreten Maßnahmen. Eine Kernempfehlung ist die Anwendung des Partnerschaftsmodells Schiene. [1]

Bei dem Partnerschaftsmodell Schiene handelt es sich um einen Modellkanon, welcher ab dem Jahr 2018 in Kooperation zwischen dem Fachgebiet Bauwirtschaft und Baubetrieb der TU Berlin, der Deutschen Bahn, dem Hauptverband der Deutschen Bauindustrie sowie dem Verband beratender Ingenieure entwickelt wurde. Das PM Schiene wird aktuell in Form einer Projektallianz angewendet und umfasst ursprünglich die Varianten ‚PM Schiene 3 bzw. 3+‘ und ‚PM Schiene 5 bzw. 5+‘. Um einen erweiterten Kreis von Projekten der Deutschen Bahn bedienen zu können, wurde das Partnerschaftsmodell Schiene 2 bzw. 2+ entwickelt. Dieser Beitrag stellt die Modellvarianten des PM Schiene gegenüber und arbeitet die Spezifika des PM Schiene 2+ heraus.

Neben der modellbezogenen Betrachtung wird ein Zwischenbericht zum Infrastrukturprojekt ‚Schaffung Instandhaltungskapazitäten ICE L‘ gegeben. Bei dem vorgestellten Projekt handelt es sich um ein Bauvorhaben, welches die Planung, Errichtung und Ausstattung eines Instandhaltungswerkes für die ICE L Flotte der Deutschen Bahn beinhaltet. Das Projekt wird im PM Schiene 2+ realisiert.

## Abstract

The German Federal Ministry for Digital and Transport supports the implementation of project alliancing in railway projects to further accelerate design and construction of railway infrastructure. [1] The Chair of Construction Management and Economics at TU Berlin – in cooperation with Deutsche Bahn and two industry associations – developed the ‚Partnerschaftsmodell Schiene‘, which can be seen as a modular system for creating project delivery systems. Currently, that system is being implemented as an alliancing-model, that aims to improve renewal of infrastructure and the shift towards green mobility.

Initially, there were two different alliancing-models – the PM Schiene 3 or 3+ (late design phase) and the PM Schiene 5 or 5+ (early construction phase). In order to procure a wider range of Deutsche-Bahn-projects, that require an earlier involvement of the alliance in the design process, the PM Schiene 2 or 2+ was developed. This paper introduces the PM Schiene 2+ and gives an overview of the different alternatives of PM Schiene.

In addition to the model-specific introduction, this article also discusses the pilot project ‘creating maintenance-capacity for the ICE-L’ which aims to provide maintenance facilities for a new generation of high-speed trains. This pilot project is currently being delivered with PM Schiene 2+.

*Schlagwörter: Integrierte Projektabwicklung, IPA, Partnerschaftsmodell Schiene, Wettbewerbsmodell, Projektallianz*

*Keywords: Integrated project delivery, IPD, alliancing, procurement model, project delivery system*

# 1 Partnerschaftsmodell Schiene

Das Partnerschaftsmodell Schiene (kurz: PM Schiene) ist als Modellkanon zu verstehen, mit dem verschiedene Wettbewerbsmodelle für Planungs- und Bauleistungen im Schienenverkehrssektor abgebildet werden können. [2] Bislang wurde das PM Schiene in Form einer Projektallianz bzw. als integrierte Projektabwicklung (kurz: IPA) angewendet. [3], [4] Die bereits international für Infrastruktur-Großprojekte etablierten Mechanismen einer Projektallianz werden aufgegriffen, um einen Paradigmenwechsel für höhere Wertschöpfung sowie Innovationsimpulse in der Bauprojektrealisierung in Deutschland zu schaffen. Wesentlicher Bestandteil dieses Modells ist, dass die Auftraggeberin und die für die Wertschöpfung eines Vorhabens wesentlichen Planungs- und Baupartner sich frühzeitig in einer Projektallianz zusammenfinden. Das so formierte Allianzteam erarbeitet anschließend die weitere Planung interdisziplinär und realisiert das Bauvorhaben bis zur Inbetriebnahme in gemeinschaftlicher Verantwortung nach Maßgabe klar definierter Projektziele. Am wirtschaftlichen Projekterfolg – darin eingeschlossen auch ein potentieller wirtschaftlicher Projektmisserfolg – partizipieren alle Allianzpartner.[2]

Aus diesen Modellbestandteilen lassen sich die in der folgenden Abbildung dargestellten Prinzipien und konstitutiven Modellkriterien des PM Schiene in Form der IPA ableiten. Die Wertschöpfungspartnerschaft ist das Grundprinzip. Es werden Erfolgs- und Vertragsprinzipien sowie Prozess- und Organisationsprinzipien genutzt, um die Wertschöpfungspartnerschaft als Projektallianz auszugestalten.

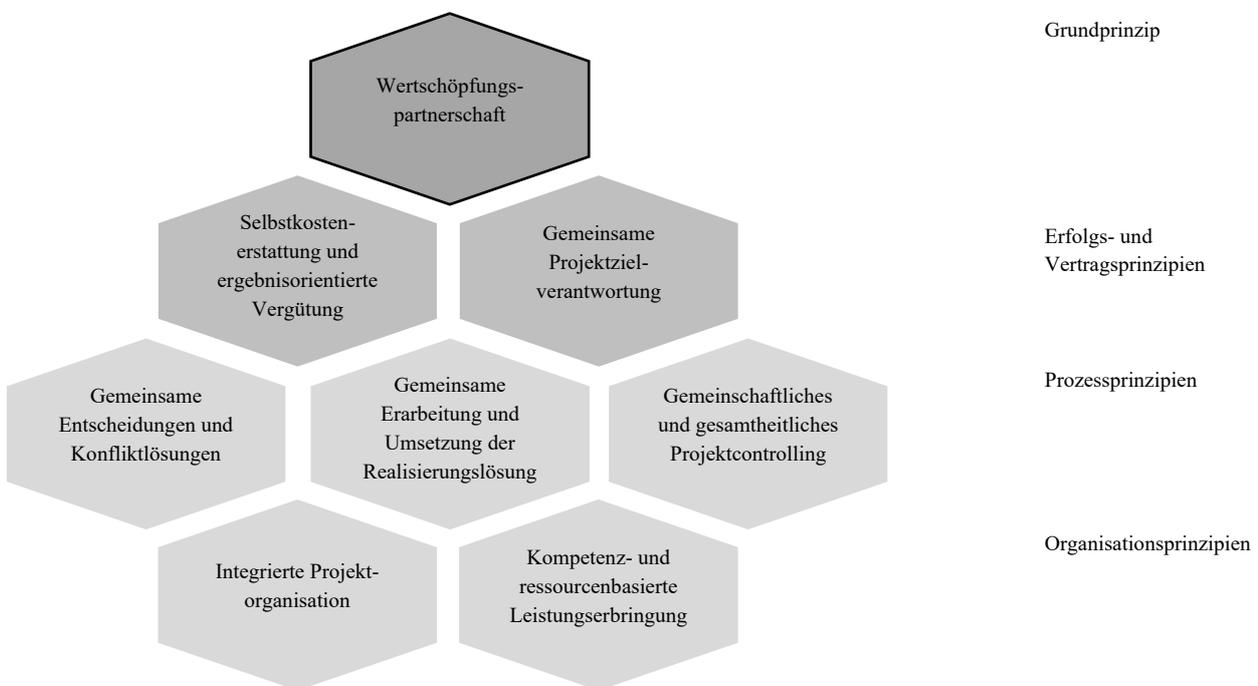


Abbildung 1.1: Prinzipien und Modellkriterien des Partnerschaftsmodells eigene Darstellung in Anlehnung an [5, S. 3 ff.], [6, S. 6 ff.]

## 1.1 Grundlagen des PM Schiene als IPA-Modell

Neben den Modellkriterien des PM Schiene wurden während der Entwicklung im Jahr 2018 Bausteine definiert, u.a. um die verschiedenen Ausgestaltungsmöglichkeiten des Modellkanons strukturieren zu können. Die Modellwahl richtet sich dabei nach den eisenbahnspezifischen Randbedingungen der Baurealisierung und nach den geltenden Bestimmungen des Haushalts-, Zuwendungs- und Vergaberechts. [2] Diese können in Abhängigkeit der Vorhabenträgerin und der Mittelgeberin variieren. Im Folgenden werden die fünf Bausteine des PM Schiene aus dem Kurzbericht ‚Partnerschaftliche Projektabwicklung für die Schienenverkehrsinfrastruktur‘ [2] eingeführt.

Der Baustein A (integrierte Projektplanung) umfasst die frühzeitige Einbindung der für den Projekterfolg im Kern maßgeblichen Wertschöpfungspartner. In der gesamtheitlichen Bauwerks-, Bauverfahrens- und Bauablaufplanung nach dem Prinzip des Value Engineering erfolgt auch eine gemeinschaftliche Zielkostenplanung und Risikobudgetierung.

Im Baustein B (gesamtheitliche Ausführungsvorbereitung) wird eine gesamtheitliche Werk- bzw. Montage-, Bauverfahrens- und Bauablaufplanung durch alle Allianzpartner erarbeitet. Es sollen planerische Optimierungsansätze verfolgt, ggf. Nachunternehmer- und Lieferantenleistungen beschafft sowie ein Zielkostenmanagement aufgebaut werden.

Die Anwendung des Bausteins C (integrierte Bauausführung) beinhaltet ein agiles Baumanagement im Sinne einer fortlaufenden, situativen und bedarfsgesteuerten Ressourcen- und Aufgabenabstimmung sowie Entscheidungsfindung nach Maßgabe der Projektziele. Die Vergütung des Produktionsfaktoreinsatzes erfolgt nach dem Selbstkostenerstattungsprinzip und Auszahlung des vertraglich vereinbarten Deckungsbeitrags für Geschäftsgemeinkosten und Gewinn.

Der Baustein D (Vergütung nach Projekterfolg (Kosten)) regelt die anreizorientierte Vergütung, indem bei Erreichen bzw. Unterschreiten der vereinbarten Zielkosten zum Projektabschluss eine Ausschüttung nicht ausgeschöpfter Zielkostenbudgets als Leistungsgewinn an alle Allianzpartner gemäß vertraglich vereinbartem Verteilungsschlüssel erfolgt. Im Falle von Zielkostenüberschreitungen haften die Allianzpartner gemäß einer vertraglich vereinbarten Anteilsquote für den Überschreibungsbetrag, jedoch in der Höhe beschränkt auf die wirtschaftliche Tragfähigkeit des jeweiligen Allianzpartners.

Der Baustein E (Vergütung nach Projekterfolg (Qualität, Termine)) regelt eine Erweiterung der anreizorientierten Vergütung in Abhängigkeit vom erreichten Projekterfolg hinsichtlich Termin- und Qualitätszielen.[5], [7]

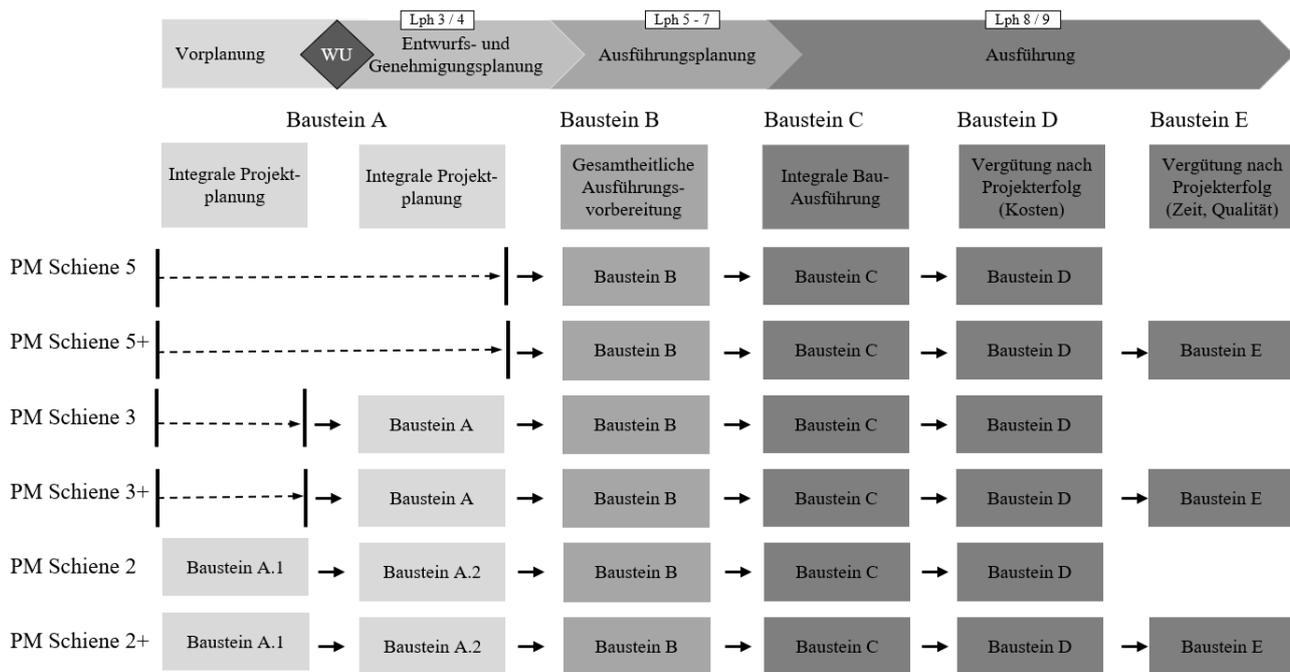


Abbildung 1.2: PM Schiene Bausteine in Abhängigkeit des gewählten Modells [eigene Darstellung in Anlehnung an [6, S. 6]

Das PM Schiene 5 wurde als Mindestmaß für ein vollumfängliches integriertes Projektabwicklungsmodell entwickelt. Dieses Modell sieht den Einbezug der Partner in der Ausführungsplanung (HOAI-Lph 5) vor und vereint die Bausteine B, C und D. [7]

Eine frühzeitigere Einbindung der Partner führt durch die Ergänzung um den Baustein A zunächst zum PM Schiene 3. Die Einbindung der Auftragnehmer ist dabei in der Entwurfsplanung (HOAI-Lph 3) vorgesehen. Darüber hinaus kann durch die Erweiterung um den Bausteins E eine qualitätsorientierte Vergütung umgesetzt werden. Dies führt zum Zusatz ‚+‘ in den Modellbezeichnungen. [7]

Die Modelle PM Schiene 2 und PM Schiene 2+ greifen die bestehende Modellsystematik auf. Das PM Schiene 2 bindet die in den frühen Planungsphasen wertschöpfenden Partner bereits zu Beginn der Vorplanungsphase (HOAI-Lph 2). Projektindividuell könnten auch Planungsleistungen aus vorangestellten Leistungsphasen ausgeführt werden. Zu diesem Zeitpunkt werden i.d.R. noch nicht alle Partner gebunden, sondern primär Planungsgewerke. Die Allianz wird dann stufenweise ab der Entwurfsplanung um bauausführende Partner erweitert, von denen kein oder nur geringer Einfluss auf die frühen Planungsphasen erwartet wird.

## 1.2 Wahl der Bausteine im PM Schiene

Die Frage, welche PM Schiene-Variante den größten Mehrwert schafft, muss stets projektspezifisch entschieden werden. Ein früherer Beginn der Projektallianz (in den HOAI-Lph 3 oder 2) kann in Abhängigkeit der Klarheit der Bauaufgabe sowie ggf. von Anforderungen aus der Finanzierung gewählt werden. Die Einbindung des Bausteins E empfiehlt sich insbesondere dann, wenn ein hoher Nutzen aus einer überdurchschnittlich guten Bau- und Prozessqualität oder Zeiteinsparung erwartet wird und hierfür besondere Anreize geschaffen werden sollen.

Die Grundvoraussetzung für die Anwendung einer PM Schiene-Variante ist i.d.R. die Durchführung einer Wirtschaftlichkeitsuntersuchung für Beschaffungsvarianten. Nur, wenn sich das PM Schiene als wirtschaftlichste Beschaffungsvariante herausstellt, kommt dieses Modell zur Anwendung. [2]

Im Folgenden wird die frühestmögliche Bildung einer Allianz im PM Schiene - PM Schiene 2 bzw. PM Schiene 2+ weiter betrachtet.

### 1.3 Modellbestandteile PM Schiene 2 und PM Schiene 2+

Um einen erweiterten Kreis von Projekten der Deutschen Bahn bedienen zu können, wurde das Partnerschaftsmodell Schiene 2 bzw. 2+ entwickelt.

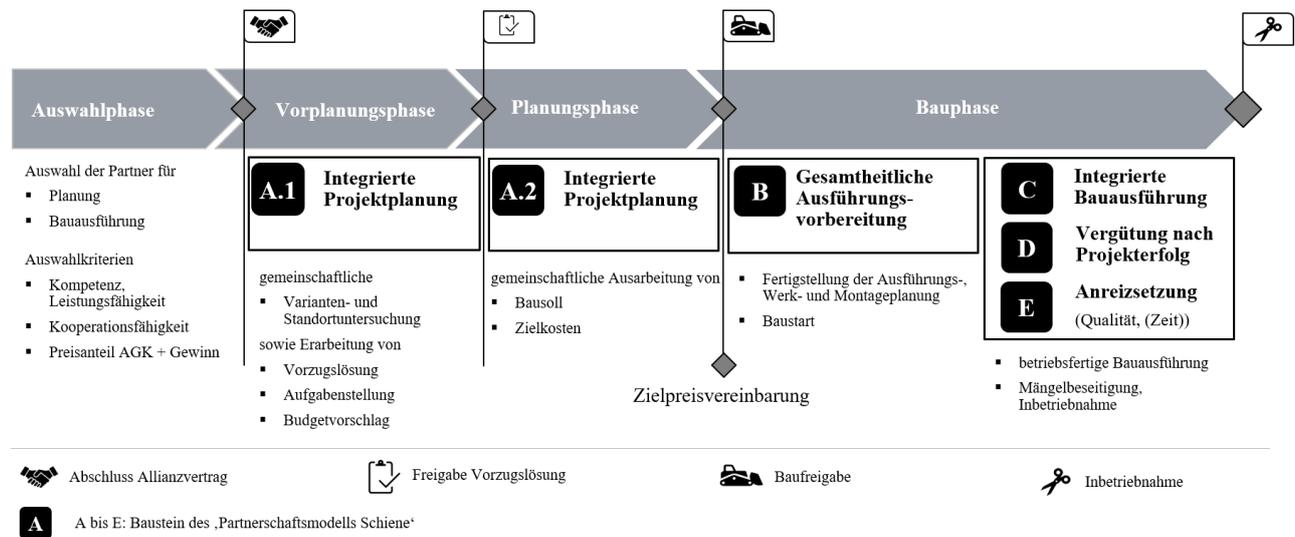


Abbildung 1.3: Projekttablauf im PM Schiene 2+ [eigene Darstellung in Anlehnung an [6, S. 5]]

#### 1.3.1 IPA-Phase 1

Das PM Schiene 2+ unterscheidet sich im Wesentlichen von den anderen PM Schiene-Modellen durch die Aufteilung der Integrierten Projektplanung (Baustein A) in die Bausteine A.1 und A.2. Im Folgenden werden die beiden Projektplanungsphasen bzgl. ihrer Aufgabenstellung und der erwarteten Ergebnisse erläutert. [5]

##### PM Schiene Baustein A.1

Ziel der ersten Projektphase ist es, eine gesamtheitliche und lebenszyklusoptimierte Planungslösung zu erarbeiten. Dafür werden die von der Auftraggeberin festgelegten Projektziele sowie der Projektumfang und die Projektstruktur validiert. Darauf folgend wird eine Planungslösung entwickelt, die hinsichtlich Konstruktionsvarianten in Verbindung mit einer Betrachtung des Bauablaufs sowie der Risiken soweit optimiert wird, dass diese als Planungsgrundlage für die Ermittlung eines belastbaren Budgets herangezogen werden kann. Ein besonderes Augenmerk gilt zudem der Klärung der baulichen Aufgabenstellung. Es ist zu betonen, dass die Planungstiefe sich nicht vorrangig an den etablierten HOAI-Leistungsphasen und deren Leistungsbildern orientiert, sondern an den Erfordernissen des Projektes. Dies kann dazu führen, dass einzelne Leistungsinhalte der Entwurfsplanung oder spätere

Planungsphasen, bspw. die Erstellung der Objektbeschreibung oder die Darstellung des Gesamtentwurfs, vorgezogen werden. Werden Leistungen aus der Ausführungsvorbereitung bzw. aus der Bauphase, bspw. eine Sondierung des Baugrundes, vorgezogen, wird eine möglichst belastbare Budgetermittlung begünstigt.

Die erarbeiteten Ergebnisse müssen ausreichend detailliert sein, damit ein Beschluss der Auftraggeberin in Bezug auf die Wirtschaftlichkeit des Gesamtvorhabens getroffen werden kann. Nach Abschluss der ersten Projektplanungsphase ist ein Entscheidungspunkt in Bezug auf die Fortführung des Projektes erreicht. Stellt sich heraus, dass die entwickelten Planungslösungen und die daraus abgeleitete Budgetgröße für die Auftraggeberin nicht wirtschaftlich sind, wird die Allianz aufgelöst. Infolgedessen können die Planungs- und Bauleistungen konventionell beschafft- oder das Projekt abgebrochen werden.

#### *PM Schiene Baustein A.2*

In der zweiten Projektplanungsphase gilt es, die hinzukommenden Allianzpartner sowohl in die bestehende Projektaufbau- und -ablauforganisation einzubinden und gleichzeitig die integrierte Planung weiter zu erarbeiten. Hierbei wird die Reihenfolge der Bindung der ausführenden Partner davon abhängen, in welchem Maße sie zur Planungsoptimierung beitragen können. Mit zunehmender Beteiligtenanzahl erhält das Schnittstellenmanagement eine größere Bedeutung.

Den Planungspartnern kommt in dieser Phase eine Schlüsselrolle zu. Neben einer führenden Rolle in der Allianz bei der Bestimmung von Umfang und Zeitpunkt der Einbindung von Ausführungspartnern, wird die Planungscoordination i.d.R. bei den Planungspartnern liegen. Somit werden neben Planungsleistungen auch Projektmanagement- bzw. Projektsteuerungsleistungen im Aufgabenfeld dieser Partner verortet.

Das Ergebnis der Phase ist ein detaillierter Planstand, der zum Abschluss des Zielpreisermittlungsprozesses die Ableitung eines finalen und für die Allianz maßgeblichen Zielpreises ermöglicht. Wenn sich alle Allianzpartner auf den Zielpreis einigen, ist dieser für die restliche Projektzeit fixiert und ist von allen Partnern mitzutragen. Somit muss i.d.R. spätestens vor der finalen Zielpreisfestlegung der letzte Ausführungspartner in der Allianz eingetreten sein.

Mit der Vorlage des finalen Zielpreises ist ein weiterer Entscheidungspunkt im Projektverlauf erreicht. Die Fortführung des Projektes ist abhängig davon, ob der finale Zielpreis innerhalb der auf Basis der in Baustein A.1 ermittelten und von der Auftraggeberin festgeschriebenen Budgetgröße liegt und für die Auftraggeberin wirtschaftlich ist. Somit ist Ziel der zweiten Projektplanungsphase, dass eine wirtschaftlich tragfähige Planungslösung zur Realisierung entwickelt wird. Im Fall, dass anhand der Planungsergebnisse keine Ableitung einer wirtschaftlichen Realisierungsvariante möglich ist, ist es der Auftraggeberin vorbehalten die Allianz aufzulösen und das Projekt unter zweckmäßiger Verwendung der bisherigen Arbeitsergebnisse mittels anderer Beschaffungsvarianten zu realisieren.

### 1.3.2 IPA Phase 2

Nach Abschluss der IPA-Phase 1 beginnt die Allianz auch im PM Schiene 2+ mit der gesamtheitlichen Ausführungsvorbereitung (Baustein B), gefolgt von integraler Bauausführung (Baustein C). Insbesondere werden in diesen Phasen auf Basis der erarbeiteten Planungslösung bauverfahrenstechnische und baubetriebliche Vorgehensweisen geplant. Auch der mit Vereinbarung des Zielpreises festgeschriebene Planungsstand wird nun gegen den Zielpreis optimiert. Damit verbunden ist eine fortlaufende Identifikation und Qualifizierung von Projektrisiken. [5] Besonderer Fokus liegt zudem auf der Minimierung von Störungen des Bauablaufs sowie auf der optimierten Einbindung von Nachunternehmern und Lieferanten. Durch eine enge, transparente und zielorientierte Zusammenarbeit können dabei Ausführungsrisiken reduziert werden. Durch ein offenes Kosten- und Termincontrolling, welches während der gesamten Projektlaufzeit den Allianzpartnern zugänglich und aktuell ist, wird eine effektive Kostensteuerung ermöglicht. [5]

Nach Schlussrechnung des Projektes kann die Erfolgsbeteiligung der Partner bestimmt werden. Hier gibt es im PM Schiene 2+ die Möglichkeit, ein zweistufiges Anreizsystem zur Kosteneinhaltung zu vereinbaren. Ein Bonus-Malus-System könnte sich sowohl auf die Einhaltung der im Baustein A.1 entwickelten Budgetgröße stützen als auch auf die Einhaltung des Zielpreises. So könnte beispielsweise eine Unterschreitung der Budgetgröße, die auf Basis des Bausteins A.1 entwickelt wurde, nach Schlussrechnung zu einer Bonuszahlung führen, auch wenn der Zielpreis nicht unterschritten wird.

Die ‚+‘ -Modelle des PM Schiene etablieren im Projekt ein Anreizsystem (Baustein E), welches eine zusätzliche Bonus- bzw. Malusregelungen in Abhängigkeit des Erreichungsgrades nichtmonetärer Ziele vorsieht. Zu Beginn des Projektes werden Key Result Areas (kurz: KRA) sowie zuordenbare Key Performance Indicators (kurz: KPI) aus den globalen Konzern- oder Unternehmenszielen sowie insbesondere den Projektzielen abgeleitet, die während der Projektlaufzeit angepasst werden können. Die Auswahl der KPI ist stark abhängig vom individuellen Projekt und der Einschätzung des erwarteten Wertschöpfungseffekts der Projektziele und können daher nicht pauschal vorgegeben werden. Eine Auswahl an potentiellen KRA stellt die folgende dar:

- Prozessqualität
- Funktionale und technische Qualität
- Soziokulturelle Qualität
- Nachhaltigkeit
- Termineinhaltung oder -unterschreitung

Gesonderte Zielsetzungen zur Einhaltung von Projektkosten sind nicht vorgesehen, da diese bereits im Baustein D der Basismodelle enthalten sind. Die besonders frühzeitige Einbindung der Allianzpartner im PM Schiene 2+ bietet für die Definition und Ausgestaltung von Projektzielen und Kennzahlen großes Potential. Das ingenieurtechnische Fachwissen der Allianzpartner kann hier genutzt werden, um sinnvolle Ziel- und Messgrößen zu entwickeln, die in den weiteren Projektphasen ihre Anreizwirkung entfalten.

## 2 Zwischenbericht Pilotprojekt

Die wissenschaftliche Begleitung und Beratung des Projektes ‚Schaffung Infrastruktur ICE L‘ ermöglicht es, die ersten Erkenntnisse, die aus der Anwendung des Bausteins A.1 resultieren, aufzubereiten. Das Bauvorhaben befindet sich im März 2024 in der Vorbereitungsphase auf die Ausschreibung, Vergabe und Bindung der Bauausführungspartner. Der Allianzpartner für die Planung wurde bereits mit Unterschrift des Allianzvertrags im 4. Quartal 2023 gebunden. Somit besteht formal bereits eine Allianz aus der Auftraggeberin DB Fahrzeuginstandhaltung GmbH und einer Arbeitsgemeinschaft von zwei Planungs- bzw. Ingenieurbüros für das Vergabepaket Generalplanung. Auf die Projektgrundlagen, den geplanten Aufbau der Allianz sowie den Projektstand wird im Folgenden detailliert eingegangen.

### 2.1 Projektgrundlagen

Für die Indienststellung des neuen Fernverkehrszuges ICE L werden im DB Konzern interne Instandhaltungskapazitäten benötigt. Die Beschaffung von 56 ICE L des Herstellers Patentes Talgo S.L.U. sowie von 17 ICE 3neo der Siemens Mobility GmbH ist mit rund zwei Milliarden Euro Investitionsvolumen eines der größten Beschaffungsvorhaben der DB-Unternehmensgeschichte. Dabei sollen die Züge ab 2024 bis 2030 ausgeliefert werden und für den Personenfernverkehr eingesetzt werden. Bei dem ICE L – L steht als Kurzform für low floor – handelt es sich um einen Zug mit niveaugleichem Einstieg zu einem Standardbahnsteig von 0,76 m Höhe. Neben diversen technischen Neuerungen, wie mobilfunkdurchlässige Fensterscheiben, Steckdosen an jedem Platz, Mehrsystemlok für grenzüberschreitenden Verkehr und einem modernen Fahrgastinformationssystem, stellen der erhöhte Komfort durch Überarbeitung der Innenausstattung und der niveaugleiche Einstieg die Hauptgründe für die Beschaffung des ICE L dar. [8], [9]

Die folgenden Projektinformationen wurden zusammengetragen aus dem Archivgut der Vergabeunterlagen zum öffentlichen Teilnahmewettbewerb des Projekts mit Vergabe Nr. 23FEI65358 im April 2023.

### 2.2 Aufbau der Allianz

Die Allianz war zum Zeitpunkt der Vergabe der Generalplanungsleistung perspektivisch in 5 Vergabepakete (kurz: VP) und damit in 6 Allianzpartner gegliedert. Für die Leistung der Vorplanung sowie anteiliger Grundlagenermittlung und Variantenbetrachtung wurde das VP 1 ‚Generalplanung‘ gebunden. Die übrigen Vergabepakete sollen nach Abschluss der Vorplanung in die Allianz integriert werden. Die folgende Abbildung setzt die Allianzstruktur und den zeitlichen Ablauf der Vergaben in Zusammenhang. [10]

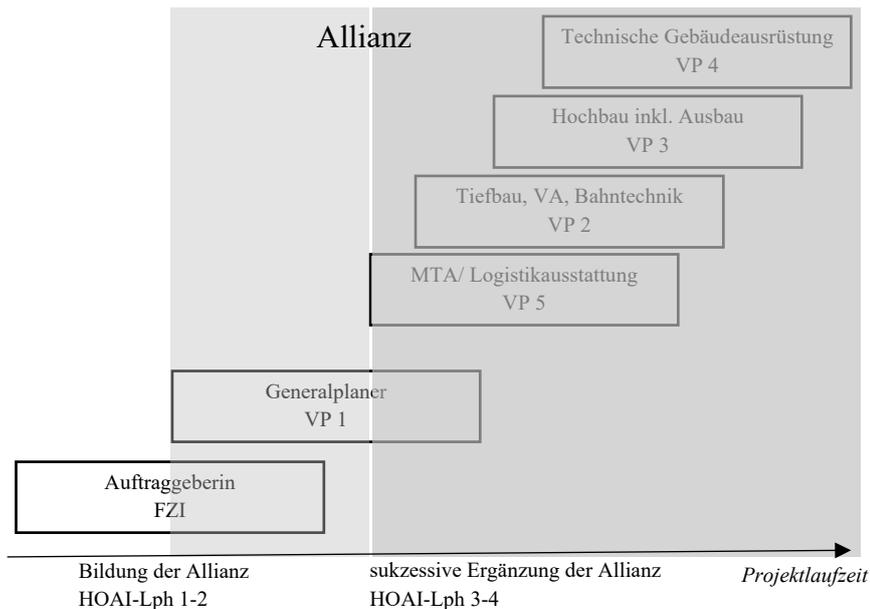


Abbildung 2.: Ablauf der Bindung von Allianzpartnern des Projektes Schaffung Infrastruktur ICE L [eigene Darstellung]

Deutlich wird, dass im Projekt bzw. im PM Schiene 2+ die Partner nicht zu einem Zeitpunkt – z. B. zu Beginn der HOAI-Leistungsphase 2 – gesamthaft gebunden werden. Durch Eintritt von weiteren Partnern in den Mehrparteienvertrag wird eine sukzessive Erweiterung der Allianz umgesetzt. Dies ermöglicht es bspw. auch, die Ergebnisse der Standortanalyse, welche mit dem Planungspartner erarbeitet wird, bei der Ausschreibung der Bau-Lose zu beachten.

### 2.3 Projektstand ‚Schaffung Infrastruktur ICE L‘

Die Entscheidung, das Projekt mit dem PM Schiene 2+ zu realisieren, fiel im Sommer 2022. Die Ausschreibung für den Planungspartner erfolgte im Frühjahr 2023 mit Vertragsschluss im 4. Quartal 2023.

Seit Vertragsschluss mit dem ersten Allianzpartner sind folgende Aufgabenpakete bearbeitet worden:

- Vorplanung mit Variantenuntersuchung und Teilen der Entwurfsplanung
- Etablierung einer Aufbauorganisation für die gesamte Projektlaufzeit
- Etablierung einer Ablauforganisation für Kernprozesse
- Aufbau eines Projektzielkanons mit qualitätsorientierten Kennzahlen
- Vorberatung der Vergabe für bauausführende Partner
- Anpassungen im Allianzvertrag, um neu gewonnene Erkenntnisse zu berücksichtigen

Die Ausschreibung der Bau-Lose ist für 2024 geplant. Die Inbetriebnahme des Werkeprojekts soll 2028 stattfinden. [11]

### **3 Zusammenfassung und Ausblick**

Die vorigen Abschnitte boten einen Einblick in das Partnerschaftsmodell Schiene mit verschiedenen Kombinationsvarianten der einzelnen Bausteine sowie eine Darstellung der pilothaften Anwendung der Modellvariante PM Schiene 2+ im Projekt ‚Schaffung Infrastruktur ICE L‘ der Deutschen Bahn.

In den folgenden Unterkapiteln wird auf mögliche Entwicklungen des Modell-Kanons im Deutsche Bahn Konzern eingegangen und die fortlaufende Anwendung und Etablierung des Partnerschaftsmodells Schiene beschrieben.

#### **3.1 Ausblick Modellkanon DB**

Um einen erweiterten Kreis von Projekten der Deutschen Bahn bedienen zu können, wurde das Partnerschaftsmodell Schiene 2 bzw. 2+ entwickelt. Mit diesem Modell können Projekte realisiert werden, bei denen die Vorplanung nicht oder nur teilweise vor der Bildung einer Allianz erstellt wurde und bei denen die Planungspartner des Projekts bereits in der Vorplanungsphase involviert werden sollen. In Abhängigkeit von der finanzierenden Stelle müssen haushalts- und zuwendungsrechtliche Bestimmungen eingehalten werden. Dies bedingt insbesondere, dass die beschriebenen Entscheidungspunkte vertraglich fixiert, für alle Allianzpartner klar kommuniziert und alternative Beschaffungsvarianten zur Fortführung des Projektes vorgedacht sind.

In Bezug auf die Errichtung von Infrastruktur im Deutschen Bahn Konzern ist somit mit dem PM Schiene 2+ und dem PM Schiene 5+ die frühestmögliche und die spätestmögliche Bildung einer Allianz modellartig dargestellt. Eine wesentliche Grundlage zur Bildung einer Allianz müssen nach aktueller Auffassung mindestens globale Projektziele sein. Ohne diese Projektziele können Partner keine Planungslösungen erarbeiten. Eine Vorphase, die vor der Grundlagenermittlung ansetzt (ugs. HOAI-Leistungsphase 0) bzw. die mit dem §650p BGB die Erstellung einer Planungsgrundlage zur Ermittlung der Planungs- und Überwachungsziele vorsieht, ist nach aktuellem Sachstand nicht geeignet für die Umsetzung im PM Schiene. Eine spätere Einbindung von Partnern, die erst nach der Leistungsphase 5 - der Ausführungsplanung - ansetzt, verhindert eine gemeinsame Erarbeitung der Realisierungslösung, womit ein Grundsatz und Modellkriterium des PM Schiene in Form der integrierten Projektabwicklung nicht erfüllt wäre.

Bei der Entwicklung des PM Schiene wurden die Bausteine derart definiert, dass auch die Anwendung einzelner Komponenten eines partnerschaftlichen Projektabwicklungsmodells in sonst konventionellen Projektstrukturen ermöglicht wird. Somit lassen sich durch eine individuelle Wahl von Bausteinen sowie eine individuelle Gestaltung innerhalb jedes Bausteines alle Projektabwicklungsmodelle für die Planungs- und Bauausführungsphase abbilden. So ist beispielsweise die alleinige Anwendung des Bausteines B in Kombination mit einem Global-Pauschalvertrag denkbar - auch ohne eine integrierte Bauausführung. Dahingehend sollte weiterhin untersucht werden, bei welchen Kriterien eine Projektabwicklung mit nur einzelnen Bausteinen des PM Schiene vorteilhaft wäre.

#### **3.2 Limitationen**

Das PM Schiene 2+ wurde Anhand der Anforderungen eines Pilotprojekts entwickelt. Auch die bisherigen Erfahrungen zur Modellanwendung speisen sich aus nur einem Pilotprojekt, weswegen

keine repräsentative Datenbasis für fundierte Ableitungen von Erfahrungen vorliegt. Es ist anzunehmen, dass bei einer größeren Anzahl an Projekten eine Weiterentwicklung des Modells erfolgt.

Das Modell vor dem Hintergrund konstruiert, einen Paradigmenwechsel für höhere Wertschöpfung und Innovationsimpulse in der Bauprojektrealisierung zu schaffen und somit die Hürden traditioneller Projektabwicklung zu überwinden. Dennoch ist das PM Schiene 2+ nicht für eine breite Anwendung beim Großteil der Bauprojekte in Deutschland gedacht. Es wird lediglich bei besonders komplexen Großprojekten mit ausgeprägtem Risikoprofil, bei denen andere Beschaffungsmodelle wirtschaftliche Nachteile erwarten lassen, für eine Anwendung in Frage kommen.

Die Modellanwendung ist inhaltlich limitiert durch die erhöhte Komplexität des Vertragskonstrukts, die sich aus der mehrphasigen Struktur ergibt. Insbesondere das Anreizsystem mit der Vergütung nach Baustein D des PM Schiene kann nur die geplante Anreizwirkung entfalten, wenn die Projektbeteiligten die Prozesse und Systeme des Projektabwicklungs- und Vertragsmodells PM Schiene 2+ inhaltlich durchdringen und folglich ökonomisch handeln.

Somit kann abgeleitet werden, dass sowohl Unternehmen als auch projektleitende Mitarbeitende der Unternehmen modellspezifische Kompetenzen aufweisen müssten. Dies könnte z.B. im Rahmen der Vergabeverfahren als Wertungskriterium verankert werden.

### **3.3 Nächste Schritte zur Anwendung des Modellkanons im Konzern**

Das erste Pilotprojekt, bei dem das PM Schiene angewandt wird, ist das ‚Neue Werk Cottbus‘, bei dem mittlerweile ein Teilprojekt fertiggestellt und in Betrieb genommen wurde. Das Gesamtprojekt soll im Jahr 2026 fertiggestellt werden. [12] Auch die Erneuerung der Eisenbahnüberführungen Zülpicher Str. /Luxemburger Straße in Köln wird mit dem PM Schiene 3+ realisiert. Das Projekt befindet sich aktuell in der integralen Projektplanungsphase. [13]

Im Abschlussbericht der Beschleunigungskommission Schiene des BMDV wurden darüber hinaus zehn Projekte identifiziert, bei denen das PM Schiene zum Einsatz gelangen soll – einige sind dabei bereits im Vergabeverfahren oder in der integrierten Projektplanungsphase. [1] Weitere Projekte werden aktuell im Hinblick auf die Umsetzbarkeit mit dem PM Schiene geprüft. [4]

Aktuell werden die Erfahrungen der ersten Pilotprojekte konzernintern reflektiert, Analysen zur Wirtschaftlichkeit erarbeitet sowie Standardprozesse und Leitfäden für die Projektabwicklung mit dem PM Schiene entwickelt. Insbesondere die letztgenannten Ansätze zur Standardisierung der Projektabwicklung sollten wissenschaftlich begleitet werden. Es ist darauf zu achten, dass individuelle Projekte, trotz Anwendung von Standards, die erforderlichen Freiraum in der Ausgestaltung von Regelungsmechanismen haben, etwa für die Erarbeitung des Anreizsystems oder für eine marktkonforme Vergabestrategie. Die Ergebnisse dieser Arbeitspakete werden wesentlich für die regelmäßige Anwendung und Etablierung des PM Schiene für Großbauvorhaben im Deutsche Bahn Konzern sein.

## 4 Literaturverzeichnis

- [1] Bundesministerium für Digitales und Verkehr, „Beschleunigungskommission Schiene Abschlussbericht“, Bonn, 2022. Zugegriffen: 27. Februar 2024. [Online]. Verfügbar unter: [https://bmdv.bund.de/SharedDocs/DE/Anlage/K/abschlussbericht-beschleunigungskommission-schiene.pdf?\\_\\_blob=publicationFile](https://bmdv.bund.de/SharedDocs/DE/Anlage/K/abschlussbericht-beschleunigungskommission-schiene.pdf?__blob=publicationFile)
- [2] Deutsche Bahn AG, Hauptverband der Deutschen Bauindustrie e.V, und Technische Universität Berlin Fachgebiet Bauwirtschaft und Baubetrieb, „Kurzbericht ‚Partnerschaftliche Projektabwicklung für die Schienenverkehrsinfrastruktur‘“, 2019. [Online]. Verfügbar unter: [https://www.static.tu.berlin/fileadmin/www/10002324/Dokumente\\_Forschungsprojekte/Partnerschaftsmodell\\_Schiene\\_-\\_Kurzbericht\\_\\_TU\\_Berlin\\_.pdf](https://www.static.tu.berlin/fileadmin/www/10002324/Dokumente_Forschungsprojekte/Partnerschaftsmodell_Schiene_-_Kurzbericht__TU_Berlin_.pdf)
- [3] Deutsche Bahn AG, „Partnerschaftsmodell Schiene“. o.J. Zugegriffen: 25. Juni 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.db-neues-werk-cottbus.com/projekt/cooperationsmodell/partnerschaftsmodell-schiene.html>
- [4] Bundesministerium für Digitales und Verkehr, „Beschleunigungskommission Schiene 1. Fortschrittsbericht“, Bonn, 2023. Zugegriffen: 27. Februar 2024. [Online]. Verfügbar unter: [https://bmdv.bund.de/SharedDocs/DE/Anlage/K/presse/fortschrittsbericht-bks.pdf?\\_\\_blob=publicationFile](https://bmdv.bund.de/SharedDocs/DE/Anlage/K/presse/fortschrittsbericht-bks.pdf?__blob=publicationFile)
- [5] DB Fahrzeuginstandhaltung GmbH, „Anlage zur Ausschreibung zur Vergabe-Nr.: 23FEI65358, Anlage A.1, Partnerschaftsmodell Schiene – PM 2+“. 2023.
- [6] M. Sundermeier, D. Flüthmann, F. Theuring, und S. Sommerfeld, „Herausforderungen und Potenziale der Integrierten Projektabwicklung“, Berlin, 2023.
- [7] M. Sundermeier, P. Beidersandwisch, H. Kleinwächter, und T. Rehfeld, „Abschlussbericht des Kooperationsprojektes ‚Partnerschaftliche Projektabwicklung für die Schienenverkehrsinfrastruktur‘“, Berlin, 2020.
- [8] Deutsche Bahn AG, Hrsg., „Milliardeninvestition: Deutsche Bahn kauft 73 neue ICE“. 2023. Zugegriffen: 7. März 2024. [Online]. Verfügbar unter: [https://www.deutschebahn.com/de/presse/pressestart\\_zentrales\\_uebersicht/Milliardeninvestition-Deutsche-Bahn-kauft-73-neue-ICE-10637928](https://www.deutschebahn.com/de/presse/pressestart_zentrales_uebersicht/Milliardeninvestition-Deutsche-Bahn-kauft-73-neue-ICE-10637928)
- [9] Deutsche Bahn AG, „Faktenblatt ICE L“. 2023. Zugegriffen: 7. März 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.deutschebahn.com/resource/blob/10637960/bdf106f07186f66e4448f95aca02bd4a/Download-Faktenblatt-ICE-L-data.pdf>
- [10] DB Fahrzeuginstandhaltung GmbH, „Anlage zur Ausschreibung zur Vergabe-Nr.: 23FEI65358, Anlage A.2, Aufgabenstellung für das VP 1 – Generalplanung“. 2023.
- [11] DB Fahrzeuginstandhaltung GmbH, „Anlage zur Ausschreibung zur Vergabe-Nr.: 23FEI65358, A.5.1 Präsentation Interessentenkonferenz“. 2023.

- [12] DB Fahrzeuginstandhaltung GmbH, Hrsg., „COoperationsmodell“. Zugegriffen: 7. März 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.db-neues-werk-cottbus.com/das-projekt/cooperationsmodell.html>
- [13] DB Netz AG, Hrsg., „Auftragsbekanntmachung – Sektoren Dienstleistungen 23FEI65110“. Zugegriffen: 7. März 2024. [Online]. Verfügbar unter: [https://ausschreibungen-deutschland.de/2000882\\_Partnerschaftliche\\_Projektentwicklung\\_Erneuerung\\_EUEs\\_Zuelpicher\\_Str\\_\\_Luxemburger\\_Str\\_in\\_2023\\_Frankfurt\\_am\\_Main](https://ausschreibungen-deutschland.de/2000882_Partnerschaftliche_Projektentwicklung_Erneuerung_EUEs_Zuelpicher_Str__Luxemburger_Str_in_2023_Frankfurt_am_Main)

# Integrierte Projektabwicklung (IPA) im Projekt GeoLaB

*Charlotte Horstmann und Carolin Baier*

<sup>1</sup> *Karlsruher Institut für Technologie; Institut für Technologie und Management im Baubetrieb, charlotte.horstmann@kit.edu*

<sup>2</sup> *Karlsruher Institut für Technologie; Institut für Technologie und Management im Baubetrieb, carolin.baier@kit.edu*

## **Kurzfassung**

Das Projekt GeoLaB (Geothermal Laboratory in the crystalline Basement) umfasst die Planung und Konzeption sowie den Bau eines geotechnischen Untertagelabors zur Geothermieforschung und wird federführend durch das Karlsruher Institut für Technologie (KIT) umgesetzt. GeoLaB ist ein komplexes Infrastrukturprojekt mit ebenfalls sehr komplexen Organisationsstrukturen und zahlreichen internen und externen Stakeholdern. Im Zuge der Projektvorbereitung wurde aufgrund dieser komplexen Eigenschaften entschieden, das Projekt mit dem Projektabwicklungsmodell der Integrierten Projektabwicklung (IPA) durchzuführen. Das interne Forschungsprojekt GeoLaBauinnovation begleitet den Einsatz von IPA sowie das Projektmanagement wissenschaftlich. Dieser Beitrag geht auf die Projekteigenschaften und Inhalte der Projekte GeoLaB und GeoLaBauinnovation ein. Es wird weiterhin die Entscheidungsfindung für IPA beleuchtet und der Fahrplan des IPA-Projekts betrachtet.

*Schlagwörter: Integrierte Projektabwicklung (IPA), bauherrenseitiges Projektmanagement, Komplexität in Infrastrukturprojekten*

# 1 GeoLaB

## 1.1 Projektbeschreibung

Zur Minderung des Klimawandels und dessen Auswirkungen muss laut dem Sachstandsbericht der Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) vom 20.03.2023 die Nutzung fossiler Energien bis zum Jahr 2030 weltweit um 43 % gegenüber 2019 reduziert und darüber hinaus bis zum Jahr 2050 ausnahmslos beendet werden [1]. Der Bedarf an erneuerbaren Energien steigt dementsprechend stetig. Als ein wichtiger Pfeiler, der die Energiewende insbesondere in Deutschland stützen kann, gilt die tiefe Geothermie.

Da in Mitteleuropa das kristalline Grundgebirge das höchste geothermische Potential aufweist, sind besonders der Oberrheingraben sowie dessen Randbereiche wie bspw. der Tromm-Pluton im südlichen Odenwald für die tiefe Geothermie besonders geeignet [2, S. 528f.], [3, S. 936]. Um das geothermische Potential sowohl wirtschaftlich als auch umweltverträglich bestmöglich nutzbar zu machen, müssen neue wissenschaftlich fundierte Strategien und Technologien entwickelt und erprobt werden [2, S. 529].

Das Projekt GeoLaB (Geothermal Laboratory in the crystalline Basement) umfasst die Konzeption und Planung sowie den Bau eines geotechnischen Untertagelabors als Forschungsstandort für kontrollierte Hochflusseperimente im kristallinen Grundgebirge [2, S. 528f]. GeoLaB wird am Karlsruher Institut für Technologie (KIT) durchgeführt und ist durch Gelder des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) und der Bundesgesellschaft für Endlagerung (BGE) finanziert. Das Projektvolumen beläuft sich derzeit auf ca. 50 Mio. €.

GeoLaB ist in die drei Teilprojekte TP1 – Interaktion mit der Bevölkerung, TP2 – Management und TP3 – Gewerke unterteilt. Das Teilprojekt TP3 wiederum gliedert sich in 5 verschiedene Gewerke (GW1 – Beweissicherung und Nullmessung; GW2 – Exploration; GW3 – Untertagearbeiten; GW4 – Übertagearbeiten; GW5 – Inbetriebnahme). Abb. 1-1 zeigt den dem Forschungsantrag zugrunde liegenden Rahmenterminplan der drei Teilprojekte vom geplanten Beginn des Projektes im Jahr 2022 bis zum Betrieb im Jahr 2029.



Abb. 1-1: Rahmenterminplan GeoLaB gem. Forschungsantrag

Aufgrund eines verzögerten Projektstartes bedingt durch verzögerte Mittelbereitstellungen und Vertragsverhandlungen sowie verschiedene andere Verzögerungen (u.a. personelle Fluktuation) im Projektablauf ist der lt. Antrag geplante Termin des Betriebs bereits zum jetzigen Zeitpunkt gefährdet.

## **1.2 Bauherrenorganisation**

Das Projekt GeoLaB ist am KIT am Institut für nukleare Entsorgung (INE) angegliedert. Weitere beteiligte Institute des KIT sind das Institut für angewandte Geowissenschaften (AGW) sowie das Institut für Technologie und Management im Baubetrieb (TMB). Aufgrund der Projektgröße sind ebenfalls die Dienstleistungseinheiten Projekt-, Prozess- und Qualitätsmanagement (PPQ), Einkauf, Verkauf und Materialwirtschaft (EVM), Sicherheit und Umwelt (SUM), Finanzmanagement (FIMA), Rechtsangelegenheiten (RECHT), Planen und Bauen (PB) und die Forschungsförderung (FOR) im Projekt eingebunden.

Das KIT-Projektteam für das Projekt GeoLaB umfasst Mitarbeitende aus den genannten Einheiten, die gemeinsam das Projekt realisieren werden.

## **1.3 Kooperationspartner**

Kooperationspartner im Projekt sind die TU Darmstadt, das Deutsche GeoForschungsZentrum (GFZ) des Helmholtz-Zentrums in Potsdam und das Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung (UFZ) in Leipzig. Die Helmholtz-Zentren sind gemäß ihrer Expertise ins Projekt fachlich eingebunden und hierbei insbesondere für Planung und Qualitätssicherung der Arbeiten und der Forschungsergebnisse zuständig. Auszuführende Bauaufgaben sowie Beratungsleistungen werden durch die Bauherrenorganisation des KIT an die jeweiligen Auftragnehmer vergeben.

Die Kooperationspartner sowie die BGE sind durch verschiedene Gruppen im Projekt eingebunden (siehe Abb. 1-2). Die Arbeitsebene besteht aus vier Fachgruppen (Wissenschaft, Technik, Kommunikation, Digital) und einer Unterfachgruppe (Technik-Planung). In den jeweiligen Fachgruppen werden Konzepte zur Umsetzung des Projekts erarbeitet, die im wissenschaftlich-technischen Koordinierungsausschuss (WTK) diskutiert werden. Anschließend werden Empfehlungen vom WTK an die Projektleitung kommuniziert, die die Entscheidungen über die Umsetzung des Projektes trifft. Bei Unstimmigkeiten kann der wissenschaftliche Beirat hinzugezogen werden und eine Entscheidung durch den Vorstand (bestehend aus den Vorständen der kooperierenden Helmholtz-Zentren) getroffen werden.

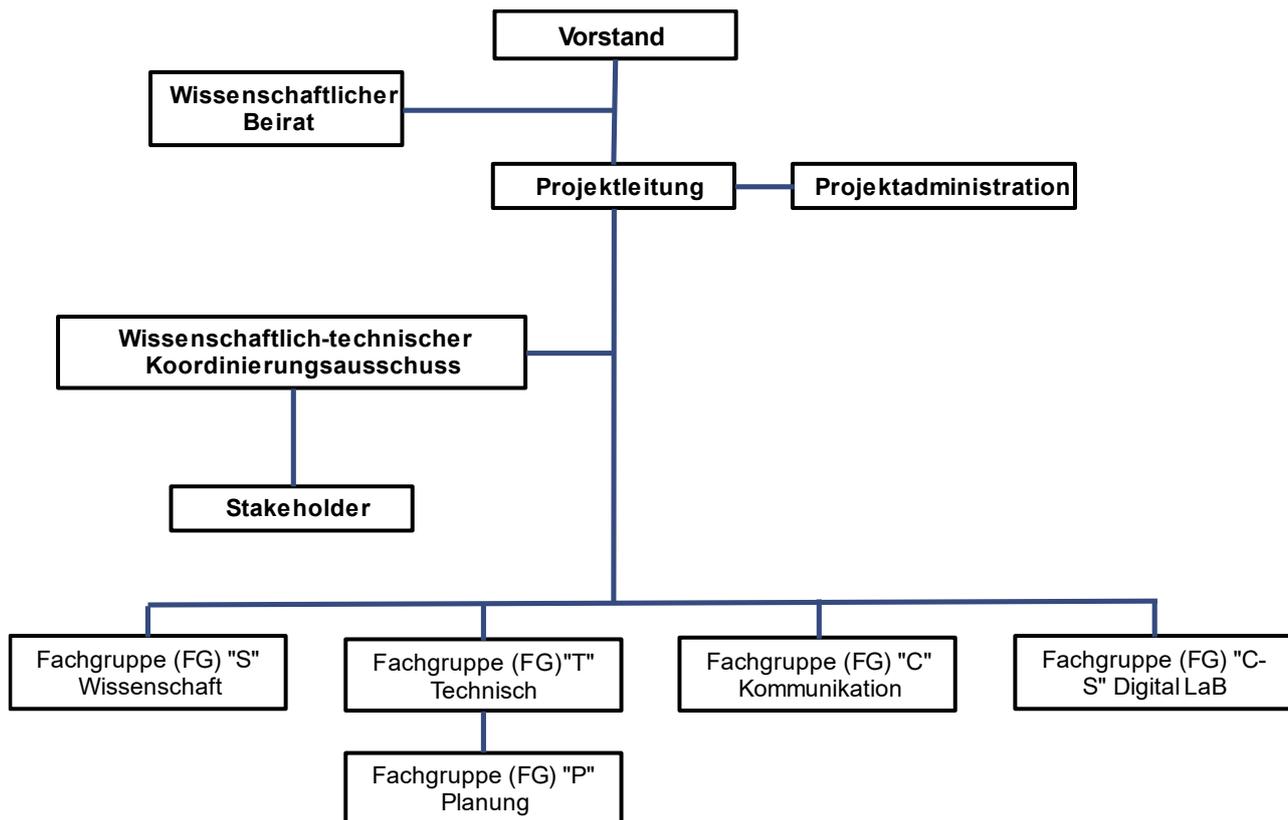


Abb. 1-2: Organigramm GeoLaB Kooperationspartner (Helmholtz-Gemeinschaft, BGE und TUDa)

## 2 GeoLaBauinnovation

### 2.1 Strategiefondsanzug

Da ein wesentlicher Teil des komplexen Infrastrukturvorhabens GeoLaB die bergmännische Auffahrung eines Stollens erfordert, etwas, bei dem das KIT bisher nur begrenzte eigene Erfahrung besitzt, hat das Institut für Technologie und Management im Baubetrieb einen Forschungsantrag zur wissenschaftlichen Begleitung des Projekts eingereicht. Die Finanzierung des Forschungsprojekts erfolgt durch den KIT-Strategiefonds und hat derzeit eine Laufzeit von 2 Jahren mit Beginn in 07/2023. Aufgrund der deutlich längeren Projektlaufzeit der Projekts GeoLaB wird nach Auslaufen des Forschungsprojekts GeoLaBauinnovation ein Folgeantrag eingereicht werden müssen, um eine lückenlose und vollständige wissenschaftliche Begleitung des Projekts zu gewährleisten.

Motivation für dieses Forschungsvorhaben ist es unter anderem, einen Beitrag dazu zu leisten, dass das KIT in seiner Rolle als Bauherrenorganisation im Hinblick auf die zukünftigen Herausforderungen bei der Planung und Realisierung von anspruchsvollen Bau- und Infrastrukturvorhaben gestärkt wird. Das KIT hat mit der hier skizzierten wissenschaftlichen Begleitung des strategisch bedeutenden Infrastrukturprojekts „GeoLaB“ die Möglichkeit, innovative Ansätze im Bauprojektmanagement auf Basis konkreter Erfahrungen sukzessive in die eigenen Prozessstrukturen aufzunehmen, um mit den begrenzten eigenen Ressourcen in der Bauverwaltung die enormen Aufgaben in der Zukunft effektiver und produktiver zu bewältigen. Weiterhin bezweckt dieses Forschungsvorhaben auch, einen Beitrag

dazu zu leisten, dass die Projektziele von GeoLaB in qualitativer Hinsicht erreicht werden und zugleich die Kosten- und Terminrisiken dieses komplexen Infrastrukturbauvorhabens beherrschbar bleiben.

Ziel ist insbesondere die Erkenntnisgewinnung hinsichtlich der Effektivität von innovativen Methoden im Projektmanagement, um diese Erkenntnisse in die eigenen Prozesse des KIT im Zusammenhang mit der Realisierung von anspruchsvollen Bau- und Infrastrukturvorhaben (Helmholtz und Universitätsbereich) zu übertragen.

Die wissenschaftliche Begleitung umfasst 4 Arbeitspakete:

- **Arbeitspaket 1:** Das Arbeitspaket 1 umfasst die Implementierung und Fortschreibung von Bau-Projektmanagement-Methoden und -Tools (Ziel-, Kosten-, Termin-, Qualitäts-, Stakeholder-, Risiko-, Konflikt-, Entscheidungsmanagement), in Zusammenarbeit mit der Projektleitung und dem internen Projektmanagement sowie die Stärkung der Bauherrenorganisation.
- **Arbeitspaket 2:** Im Arbeitspaket 2 werden Lean Management Methoden (Last Planner System, Target Value Design, etc.) in der Planung und Ausführung, ggfs. in Kombination mit dem Projektabwicklungsmodell der Integrierten Projektabwicklung (IPA) und Befähigung der Beteiligten (Bauherr, Planer, Bauunternehmern) zur Umsetzung aufgesetzt. Für dieses Paket wird gem. der durch das TMB unterstützten Entscheidung der Projektleitung die Expertise eines externen Büros in Form eines IPA-Coaches eingebunden. Kapitel 2.2 (IPA@GeoLaB) geht genauer auf den Entscheidungsprozess ein.
- **Arbeitspaket 3:** Das Arbeitspaket 3 umfasst die kontinuierliche Prozessbeschreibung der gewählten Vorgehensmodelle und Auswertung sowie die Aufbereitung der Erfahrungen (Beobachtung aus Projektbesprechungen, Interviews im Projektverlauf, Umfragen, Analyse von Reflektionsworkshops) mit dem Ziel des Wissenstransfers in die „Bauherrenorganisation“ KIT.
- **Arbeitspaket 4:** Das Arbeitspaket 4 umfasst die Unterstützung der Projektleitung, der Dokumentation des Gesamtprojekts und der Stakeholder-Kommunikation. Die Umsetzung erfolgt in enger Abstimmung mit der wissenschaftlichen Leitung des Projekts GeoLaB, sowie bei Bedarf weiterer Stakeholder im Projekt GeoLaB.

## 2.2 IPA@GeoLaB

### 2.2.1 Kernelemente IPA@GeoLaB

Im Rahmen des Projekts GeoLaB soll das Modell der Integrierten Projektabwicklung (IPA), international bekannt unter den Bezeichnungen Integrated Project Delivery (IPD) oder Project Alliancing (PA), Anwendung finden. In Deutschland existieren derzeit zwei Veröffentlichungen, die sich mit verschiedenen IPA-Elementen vereint in einem Strukturierungsansatz befassen und die Ausprägung von IPA in Deutschland beschreiben [4], [5]. Die einzelnen IPA-Elemente stehen in direkter Wechselwirkung zueinander. So führt beispielsweise eine nur teilweise Umsetzung des Vergütungssystems häufig dazu, dass keine vollständige Angleichung der Einzelinteressen der Projektbeteiligten erfolgt. Dies hat zur Folge, dass neben den Gesamtprojektinteressen auch Individualinteressen verfolgt werden, was das Konfliktpotenzial in der Zusammenarbeit erhöht. Die

wechselseitige Beeinflussung der Elemente bedingt, dass das gesamte Potential von IPA nur dann ausgeschöpft werden kann, wenn alle IPA-Elemente kumulativ in einem Projekt umgesetzt werden.

Im Rahmen einer gemeinsamen Diskussion zwischen der bauherrenseitigen Projektleitung und dem TMB wurde nach sorgfältiger Abwägung entschieden, dass bei einer Entscheidung für das Projektabwicklungsmodell IPA im Projekt GeoLaB eine Ausschöpfung des vollen Potenzials durch die Anwendung aller IPA-Elemente angestrebt werden sollte.

### 2.2.2 Wieso IPA@GeoLaB? – Überzeugung und Entscheidung des Projektteams

In der Literatur und Praxis wird IPA als besonders geeignet für große und komplexe Bauvorhaben angesehen. Allerdings existiert derzeit kein einheitliches Verständnis oder Standardverfahren zur Bewertung der Komplexität solcher Bauprojekte. Es existieren jedoch erste Veröffentlichungen, die bestimmte Kriterien identifizieren, anhand derer die IPA-Eignung eines Bauprojekts beurteilt werden kann [6, S. 448], [7, S. 14].

Die Projektcharakteristika und die damit verbundenen Anforderungen an die Planung und Durchführung des Projekts GeoLaB werden von den beteiligten Stakeholdern als äußerst komplex wahrgenommen. Basierend auf dieser Wahrnehmung sowie den Erkenntnissen aus der Forschung und Praxis wurden im Rahmen der Projektvorbereitung die spezifischen Merkmale des Projekts herausgearbeitet, die für die hohe Komplexität des GeoLaB-Projekts verantwortlich sind und im Kontext zu IPA eingeordnet.

Komplexitätskriterium	Ausprägung im Projekt GeoLaB	Einordnung im Kontext zu IPA
Projektvolumen	Das Gesamtprojektvolumen beträgt 50 Mio.	Das Projektvolumen muss in Relation zu den modellbedingten Mehrkosten stehen. Über einen Aufwand- und Nutzen-Betrachtung muss hinterfragt werden, ob diese über spätere Kosteneinsparungen ausgeglichen werden können [7, S. 14].
Neuartigkeit	GeoLaB ist das erstes geothermische Untertagelabor in Deutschland.  Für diesen Bauwerkstyp ist noch keine Expertise am KIT vorhanden.	Die Neuartigkeit eines Bauvorhabens stellt alle Projektbeteiligten vor erhöhte Herausforderungen. Durch die frühzeitige Einbindung aller Kompetenzen soll diesen Herausforderungen begegnet werden.
Stakeholderstrukturen	Kooperationspartner: vgl. Kapitel 1.3 Bauherrenorganisation: vgl. Kapitel 1.2; Geldgeber / Wissenstransfer: BGE Externe Stakeholder:  Hohes öffentliches Interesse aufgrund der Projektbeteiligten und der Unbekanntheit der zukünftig eingesetzten Forschungsverfahren.	Großprojekte mit komplexen Stakeholder-strukturen bergen Kosten- und Terminrisiken, insbesondere wenn unvorhersehbare Einflüsse von außen auftreten. Eine solide Planung erfordert daher die frühzeitige und kontinuierliche Einbindung aller relevanten Stakeholder.

Optimierungspotential in den Projektkosten	Wenig Knowhow im Projektteam, entsprechend ausschließlich grobe Abschätzung des Projektvolumens.  Die zugrunde liegenden Angebote im Antrag stammen aus dem Jahr 2018/2019.	Ein zentrales Ziel bei Bauvorhaben ist die Einhaltung von Kostenobergrenzen. Insbesondere komplexe Bauvorhaben sind nur schwer im Vorfeld zu kalkulieren. Durch die frühzeitige Einbindung aller Kompetenzen und ein anreizbasiertes Vergütungssystem werden die Voraussetzungen für Optimierungen geschaffen.
Änderungspotential	Änderungspotential im Tunnelbau generell hoch;  Wenig Erkundungen im Vorfeld;  Aufgrund der langen Projektlaufzeit können sich neue wissenschaftliche Erkenntnisse ergeben, die Einfluss auf die spätere Nutzung und damit das Anforderungsprofil haben	Änderungen während des Projekts, beispielsweise aufgrund unvorhersehbarer Bodenbeschaffenheiten, können Kosten- und Terminrisiken mit sich bringen. Ein flexibles Abwicklungsmodell mit einem flexiblen Vergütungssystem, wie es beispielsweise bei IPA zum Einsatz kommt, minimiert potenzielle Beeinträchtigungen von Kosten und Zeit, indem es Änderungen während der Planung und Ausführung ermöglicht. Vertragliche Strukturen, insbesondere der Mehrparteienvertrag, bieten dem Bauherrn eine hohe Flexibilität bei der Ressourcenallokation. [6, S. 445]
Technologische Anforderungen	Die technologischen Anforderungen an die Erstellung des Stollens können aufgrund der später im Labor durchzuführenden Experimente variieren;  Erhöhte technologische Anforderungen stellen sich an die Einrichtung des Untertagelabors inkl. der Messinstrumente sowie teilweise ebenfalls an die Auffahrung des Stollenbauwerks	Technisch anspruchsvolle Projekte erfordern eine frühzeitige Einbindung und enge Zusammenarbeit zwischen den Beteiligten. IPA fördert eine Kultur der Zusammenarbeit und Innovation, indem es Haftungsausschlüsse gewährt und eine lösungsorientierte Umgebung schafft. Dadurch können Teammitglieder Ideen frei austauschen und neue Ansätze ohne Angst vor Bestrafung ausprobieren.

*Tab. 2-1: Komplexitätskriterien des Projektes GeoLaB sowie die Einordnung in Kontext zu IPA*

Tab. 2-1 zeigt die Ausprägung verschiedener Komplexitätskriterien im Projekt GeoLaB und somit dessen Eignung als IPA-Projekt. Im Anschluss an die Komplexitätsanalyse wurden im Rahmen eines Workshops die Chancen und Risiken für die Abwicklung von GeoLaB als IPA-Projekt im Vergleich zu konventionellen Projektabwicklungsmodellen identifiziert.

### Chancen

- **Terminsicherheit:** Die Mittelfreigabe im Projekt GeoLaB ist an feste Meilensteine gekoppelt. Durch die frühzeitige und kontinuierliche Einbindung aller Projektbeteiligten und Stakeholder werden potenzielle Probleme und Störungen proaktiv erkannt. Zudem wird versucht, Zeitverluste in der Findungsphase, nach Projektzuschlag, auszugleichen. Das anreizbasierte

Vergütungssystem zielt darauf ab, die Einzelinteressen der Parteien an die gemeinsamen Projektziele anzupassen. Dadurch wird gewährleistet, dass das Termin- und Kostenziel von allen Projektbeteiligten angestrebt wird.

- **Kostensicherheit:** Aufgrund eines Mangels an bereits vorliegenden Erkenntnissen über die Beschaffenheit des Untergrunds und der erforderlichen breit gestreuten Expertise im Bereich der Geotechnik auf Seiten des Bauherrn in der Vorbereitung des Projektes fehlt es an belastbaren Kalkulationsgrundlagen. Durch die frühzeitige und dauerhafte Einbindung aller Projektbeteiligten kann eine belastbare Kostenplanung durchgeführt werden. Über die finanzielle Transparenz (Open Book) zwischen allen Projektbeteiligten werden Fehlkalkulationen und verdeckte Gewinne schnell aufgedeckt und behoben. Dies führt zu belastbaren Zielkosten zum Zeitpunkt der Mittelfreigabe im Projekt. Des Weiteren werden durch das Vergütungssystem nicht nur Anreize gesetzt, die Kostenobergrenzen einzuhalten, sondern auch diese zu unterschreiten.
- **Planungsqualität:** Die frühzeitige und dauerhafte Einbindung aller Projektbeteiligten führt zu einer hohen Planungsqualität zu einem frühen Zeitpunkt im Vergleich zu konventionellen Projektabwicklungsmodellen.
- **Schnittstellenkoordination:** Die Besonderheit des Projekts GeoLaB besteht in der vielschichtigen Beteiligung unterschiedlicher Stakeholder sowie den damit einhergehenden Interessen, die in Bezug auf das Projekt gestellt werden. Das Ziel von IPA ist es, nicht nur frühzeitig, sondern auch systematisch alle Stakeholder einzubinden. Die Projektziele sowie deren Priorisierung werden gemeinsam definiert und im Vertrag verankert. Über das gemeinsame Vergütungssystem wird sichergestellt, dass alle die gleichen Ziele verfolgen.
- **Wissenstransfer auf andere Bauvorhaben:** Das Karlsruher Institut für Technologie (KIT) als Bauherr wird auch in Zukunft große und komplexe Bauvorhaben beauftragen. Die Erfahrungen, die im Rahmen der Abwicklung des Projekts GeoLaB als IPA-Projekt gewonnen wurden, können auf zukünftige Projekte übertragen werden. Insbesondere der Wissensaufbau in der Anwendung von neuen Arbeitsweisen und Methoden wie beispielsweise des Lean Construction und BIM können beliebig auf zukünftige Projekte übertragen werden. Im Rahmen des Projekts GeoLaB kann evaluiert werden, inwiefern sich das IPA-Modell als Projektabwicklungsmodell für das KIT als Bauherr eignet.

## Risiken

- **Erhöhter Aufwand durch die Pilotierung des neuen Projektabwicklungsmodells:** Aufgrund der Neuartigkeit des Projektabwicklungsmodell muss seitens der Bauherrenorganisation umfangreiche Kompetenz, insbesondere vor Projektbeginn aufgebaut werden. Es entsteht ein erhöhter Aufwand für Schulungen, Workshops, die Konzeptionierung des Vergabeverfahrens und die Vertragsgestaltung. Außerdem ist geplant das Projekt bereits in der Vorbereitung durch einen IPA-Coach und eine rechtliche Beratung zu begleiten, die dabei unterstützen die notwendigen Kompetenzen aufzubauen. Sobald die Vertragspartner gebunden sind, liegt der Fokus auf der Entwicklung eines hochleistungsstarken Teams, das ebenfalls im Vergleich zu konventionellen Projektabwicklungsmodellen mit einem erhöhten Aufwand einhergeht. Um diesen Initialaufwand monetär zu rechtfertigen und eine Amortisierung bereits im laufenden Projekt zu ermöglichen, bedarf es einer entsprechenden

Relation zwischen den Initialisierungskosten und dem Projektvolumen bzw. der Projektkomplexität.

- **Marktakzeptanz:** Die Tatsache, dass das Projektabwicklungsmodell IPA nach wie vor als neu und noch nicht flächendeckend bekannt angesehen wird, birgt das Risiko einer fehlenden Akzeptanz am Markt. Dies könnte zu einer geringen Anzahl an interessierten Bietern führen. Das Risiko wird jedoch als überschaubar angesehen, da die Anzahl an IPA-Projekten insbesondere durch öffentliche Auftraggeber, darunter der Bundesbau und die Deutsche Bahn, zunimmt. Des Weiteren soll das große Netzwerk des TMB mit Forschungskompetenz in IPA genutzt werden. Im Rahmen der Vorbereitungen sind Marktinformationsveranstaltungen und Marktdialoge vorgesehen, um dem Markt eine hinreichende Informationsbasis über das Projekt und das neue Projektabwicklungsmodell zu schaffen.
- **Nicht teamfähige Partner:** Der Erfolg eines IPA-Projekts ist maßgeblich von der Kollaboration der Projektbeteiligten abhängig. Daher werden neben fachlichen Kompetenzen auch soziale Fähigkeiten wie Teamfähigkeit und Konfliktverhalten im Vergabeverfahren geprüft, um die IPA-Tauglichkeit der einzelnen Personen sicherzustellen. Trotz dieser Vorbereitungen können Konflikte auftreten. Dank einer gemeinsamen Vertragsgrundlage, festgelegten Schritten zur Konfliktlösung und einem gemeinsamen finanziellen Anreiz ist jedoch eine Einigung im Interesse aller Beteiligten möglich.
- **Überschreitung des Budgets / keine Einigung bei Zielkosten:** Ein wesentliches Risiko bei der Durchführung eines IPAs besteht darin, dass sich die Projektbeteiligten nicht über die Höhe der Zielkosten einigen können oder dass die Vorstellungen der Vertragspartner von denen des Bauherrn zu stark abweichen. In diesem Fall hat der Bauherr zwei Möglichkeiten. Eine Erhöhung des Budgets ist eine Möglichkeit, um die Zielerreichung sicherzustellen. Dabei ist es wichtig, transparent darzulegen, warum die Projektziele mit dem vorgesehenen Budget nicht erreicht werden können. Eine weitere Option ist die Anpassung des Leistungsumfangs oder der Projektziele, um das Budget einzuhalten. Ein Ausstieg aus dem Projekt und die Trennung von den Projektpartnern ist ebenfalls eine Option, um das Projekt konventionell weiterzuführen.

Nach sorgfältiger Abwägung aller Faktoren wurde seitens des bauherrnseitigen Projektteams sowie des Präsidiums des KIT festgestellt, dass die Chancen im Vergleich zu den identifizierten Risiken überwiegen. Zudem bieten die verschiedenen IPA-Elemente bereits vorab Lösungsansätze zur Bewältigung potenzieller Risiken. Beispielsweise besteht das Risiko eines nicht kooperativen Partners sowohl in konventionellen Projektabwicklungsmodellen als auch in IPA. Allerdings bietet die Partnerauswahl in der Ausgestaltung als Kompetenzwettbewerb bereits eine Lösung, um dieses Risiko zu minimieren. Der erhöhte Mehraufwand in Form von Initialisierungskosten zu Beginn des Projektes und der intensivierten Planung durch die Einbindung aller Projektbeteiligten kann im optimalen Fall durch Kosteneinsparungen in der Realisierung oder durch Planungsoptimierungen ausgeglichen werden.

Neben der sorgfältigen Abwägung von Chancen und Risiken ist hervorzuheben, dass am KIT bereits eine umfangreiche IPA-Expertise durch das Institut für Technologie und Management im Baubetrieb vorhanden ist. Durch eine enge Kooperation ist beabsichtigt, diese Expertise auf die involvierten Abteilungen des KITs zu übertragen und gleichzeitig von den synergistischen Effekten in der Forschung zu profitieren.

### 2.2.3 Fahrplan IPA-Projekt

Das Institut für Technologie und Management im Baubetrieb unterstützt die Bauherrenorganisation bei der Abwicklung von GeoLaB als IPA-Projekt. Im Rahmen dessen werden Sensibilisierungen und Workshops durchgeführt, um das Verständnis für die IPA-Elemente zu erhöhen und die bauherrenseitigen Projektbeteiligten bestmöglich auf das Projekt vorzubereiten. Des Weiteren erfolgt eine Unterstützung bei der Ausschreibung und Auswahl eines externen IPA-Coachs, der operativ und über die gesamte Projektlaufzeit die Rolle des Coaches übernehmen soll.

Nachfolgenden Meilensteinen konnten bereits erreicht werden:

- **August 2023:** Das bauherrenseitige Projektteam fasst den Beschluss, das Projekt GeoLaB mit IPA durchzuführen.
- **Oktober 2023:** Es erfolgt eine Vorstellung einer Diskussionsvorlage vor dem KIT-Präsidium zur Durchführung von GeoLaB als IPA-Projekt mit dem Ergebnis, dass die Entscheidung des Projektteams unterstützt wird.
- **November 2023:** Das Projektteam trifft die Entscheidung einen externen IPA-Coach zu beauftragen.
- **Dezember 2023:** Die Ausschreibungsunterlagen für die Vergabe des IPA-Coaches werden vorbereitet.
- **Februar 2024:** Das Präsidium fasst den Entschluss, dass GeoLaB als IPA-Projekt abgewickelt werden soll.
- **April 2024:** Die Ausschreibung für den IPA-Coach ist veröffentlicht.

In Abb. 2-1 sind die wesentlichen Meilensteine und Phasen des Projektes GeoLaB dargestellt. Der aktuelle Rahmenterminplan des Projekts weicht von den im Forschungsantrag des Projekts veranschlagten Rahmenterminen ab. Dies liegt u.a. an den in Kapitel 1.1 beschriebenen Ursachen für die bereits eingetretenen Verzögerungen im Projekt. Durch die effiziente Projektabwicklung mit dem Modell der integrierten Projektabwicklung soll das Ziel erreicht werden, dass das Untertagelabor mit einem geringstmöglichen Verzug von 1,5 Jahren im Jahr 2031 den Forschungsbetrieb aufnehmen kann.

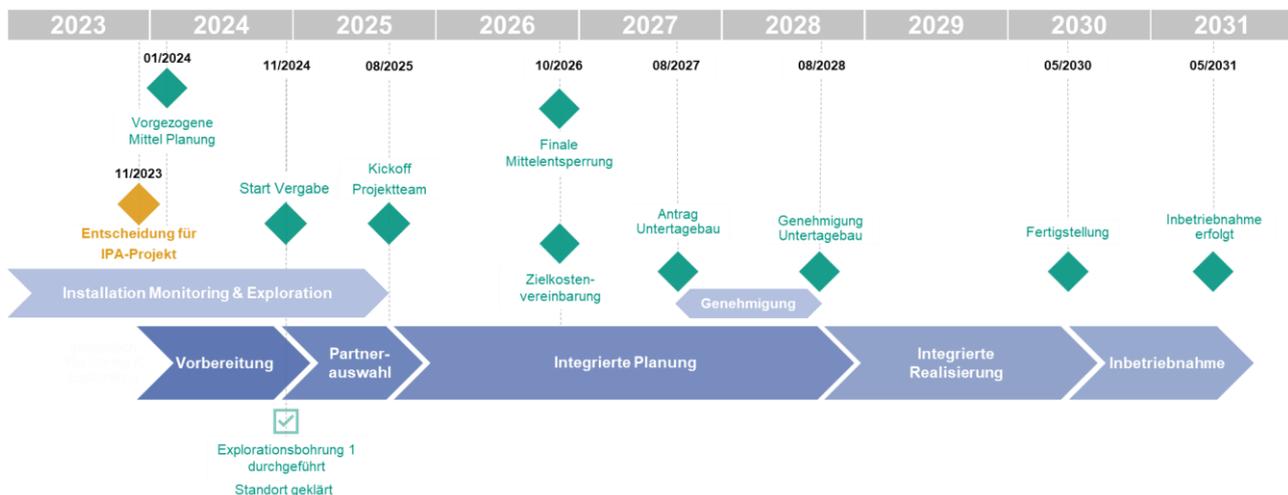


Abb. 2-1: Phasenmodell IPA-Projekt GeoLaB

## 2.3 Fahrplan Begleitforschung

Im Zuge des Arbeitspakets 3 des Strategiefondsanspruchs GeoLaBauinnovation werden der Prozess der gewählten Vorgehensmodelle sowie die gesammelten Erfahrungen kontinuierlich beschrieben, ausgewertet und aufbereitet. Weiterhin findet ein Wissenstransfer in die „Bauherrenorganisation“ KIT statt. Im Zuge dieses Arbeitspaketes wird insbesondere das IPA-Coaching mit Interviews, Umfragen und Workshops begleitet.

Die Begleitung besteht aus 3 Phasen:

- **Phase 1:** Vor der Beauftragung des IPA-Coaches
- **Phase 2:** Während der Stufe 1 („Vorbereitung und Partnerauswahl“) des IPA-Coachings
- **Phase 3:** Nach Abschluss der Stufe 1 des IPA-Coachings

Die Phase 1 der wissenschaftlichen Begleitung umfasst eine Literaturrecherche zur wissenschaftlichen Begleitung, vorbereitende Interviews innerhalb des bauherrenseitigen Projektteams sowie einen Workshop zu den Erwartungen an die wissenschaftliche Begleitung und das IPA-Coaching. Weiterhin wird in der Phase 1 ein konkretes Konzept für die Weiterführung der Begleitung in der Phase 2 erarbeitet.

In der Phase 2 wird das bauherrenseitige Projektteam während der Vorbereitung des IPA-Projekts begleitet. Es werden zyklisch Umfragen bzw. Interviews durchgeführt. Die genaue Planung der Phase 2 erfolgt auf Grundlage der Erkenntnisse vor Beginn der Phase 2.

Die Phase 3 umfasst die Rekapitulation der Phasen 1 und 2 sowie abschließende Interviews, Workshops oder Umfragen. Das konkrete Konzept wird im Laufe der Phasen 1 und 2 erarbeitet.

Vorerst wird die wissenschaftliche Begleitung insbesondere die Erfahrungen der Bauherrenorganisation im Zuge des IPA-Coachings fokussieren. Bei einer Bestätigung des Erfolges des Konzepts kann die wissenschaftliche Begleitung ebenfalls auf weitere Bereiche des IPA-Coachings erweitert werden.

## 3 Forschungsausblick

Durch die wissenschaftliche Begleitung des Projekts GeoLaB im Rahmen des Projekts GeoLaBauinnovation werden erste Hinweise zum Ablauf und den Herausforderungen im Zuge von Transformationsprozessen in öffentlichen Bauherrenorganisationen gesammelt. Hieraus soll im weiteren Verlauf untersucht werden, wie öffentliche Bauherrenorganisationen einschließlich ihrer Mitarbeiter bestmöglich während eines Transformationsprozesses begleitet und durch gezielte Coachingmaßnahmen unterstützt werden können. Dabei liegt der Fokus auf den organisatorischen und kulturellen Veränderungsprozessen, die mit der Umstellung von konventionellen Projektabwicklungsmodellen auf alternative Projektabwicklungsmodelle einhergehen.

## 4 Literaturverzeichnis

- [1] K. Calvin *u. a.*, „IPCC, 2023: Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, H. Lee and J. Romero (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland.“, Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), Juli 2023. doi: 10.59327/IPCC/AR6-9789291691647.
- [2] K. Schätzler *u. a.*, „GeoLaB – The Geoscientific Future Project for Germany“, *Min. Rep. Glückauf*, Bd. 156, Nr. 6, S. 528–532, 2020.
- [3] M. Frey, C. Bossennec, L. Seib, K. Bär, und I. Sass, „Interdisciplinary Fracture Network Characterization in the Crystalline Basement: A case study from the Southern Odenwald, SW Germany“. 26. Oktober 2021. doi: 10.5194/se-2021-118.
- [4] Prof. Dr. A. Boldt *u. a.*, „Integrierte Projektabwicklung (IPA) - Charakteristika und konstitutive Modellbestandteile“, IPA-Zentrum (Hrsg.), Karlsruhe, 2022.
- [5] S. Haghsheno, C. Baier, M. R.-D. Budau, A. Schilling Miguel, P. Talmon, und L. Frantz, „Strukturierungsansatz für das Modell der Integrierten Projektabwicklung (IPA)/Structuring approach for Integrated Project Delivery“, *Bauingenieur*, Bd. 97, Nr. 03, S. 63–76, 2022, doi: 10.37544/0005-6650-2022-03-47.
- [6] Dr. C. Schlabach und Prof. Dr. P. Racky, „Identifizierung von Eignungskriterien für den Einsatz der Projektabwicklungsform Alliancing bei Hochbauprojekten auf dem deutschen Baumarkt“, *Bauingenieur*, Bd. 88, Nr. 10, S. 442–451, Okt. 2013.
- [7] M. Allison, H. Ashcraft, R. Cheng, S. Klawans, J. Pease, und Dr. A. Boldt, *INTEGRIERTE PROJEKTABWICKLUNG: Ein Leitfaden für Führungskräfte*. Independently published, 2021.

# Anforderungen an die Kostenplanung und -steuerung in IPA-Projekten

Marc Weinmann<sup>1</sup> und Carolin Baier<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Institut für Technologie und Management im Baubetrieb, 76131 Karlsruhe, marc.weinmann@kit.edu*

<sup>2</sup> *Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Institut für Technologie und Management im Baubetrieb, 76131 Karlsruhe, carolin.baier@kit.edu*

## Kurzfassung

Die Baubranche ist durch eine Vielzahl von Herausforderungen gekennzeichnet, wie die mangelnde Prozessintegration der Projektbeteiligten, fehlende partnerschaftliche Zusammenarbeit und unzureichendes Risikomanagement. Die Integrierte Projektabwicklung (IPA) als innovativer Projektabwicklungsansatz verspricht die Kollaboration und Integration der Projektbeteiligten sowie eine erhöhte Effizienz und soll damit zur Einhaltung von Kosten-, Termin- und weiteren Projektzielen beitragen. Die damit verbundene Verschiebung von Verantwortlichkeiten, Leistungsinhalten und Entscheidungsprozessen führt dabei zu veränderten Anforderungen an die Kostenplanung und -steuerung.

In Anbetracht dieser Problematik ist Ziel dieser Forschungsarbeit, die Prozesse und Anforderungen der Kostenplanung und -steuerung in IPA-Projekten zu untersuchen. Um das Forschungsziel zu erreichen, wird der aktuelle Stand der Praxis zur Kostenplanung und -steuerung konventioneller Projekte mit IPA-Projekten gegenübergestellt. Aufbauend auf der Literaturanalyse werden Experteninterviews zur Anforderungsdefinition durchgeführt.

Es zeigt sich, dass die frühzeitige Integration der relevanten Projektbeteiligten, die veränderte Vergütungssystematik und die damit verbundene Umverteilung von Verantwortung, Entscheidungen und Risiken zu neuen Anforderungen an die Kostenplanung und -steuerung in IPA-Projekten führen. Die Ergebnisse zeigen, dass sich sowohl die Forschung als auch die Praxis hinsichtlich der Kostenplanung und -steuerung deutscher IPA-Projekte in einem frühen Stadium befinden. Folglich kann diese Forschungsarbeit, einschließlich der darin entwickelten Modelle, Anforderungen und Prototypen als Grundlage für zukünftige Forschungs- und Praxisarbeiten dienen und somit zur Weiterentwicklung beitragen.

*Schlagerwörter: Integrierte Projektabwicklung, Kostenplanung, Kostensteuerung*

## 1 Einleitung

Die konventionelle Abwicklung von Großprojekten ist gekennzeichnet durch eine mangelnde Prozessintegration der Projektbeteiligten, unzureichendes Risikomanagement, fehlende partnerschaftliche Zusammenarbeit und unzureichende Konfliktlösungsmechanismen [1, S. 2 f.].

Dies führt dazu, dass eine Vielzahl von Großprojekten, insbesondere aus der öffentlichen Hand, kaum innerhalb der gesetzten Kosten- und Terminziele vollendet werden [2, S. 1]. So wurden zwischen 2000 und 2015 bei mehr als 40 % der Hochbauprojekte des Bundes die Kosten und bei mehr als 35 % die Termine nicht eingehalten [3]. Dies spiegelt sich auch in der Produktivität der Branche wider. Während die Produktivität des verarbeitenden Gewerbes in Deutschland von 2006 bis 2016 um 27,1 % anstieg, konnte die Baubranche lediglich ein Wachstum von 4,1 % verzeichnen [4, S. 4].

Ein Blick in andere Länder, wie bspw. die USA, Australien, Großbritannien oder Finnland, zeigt auf, dass diese Großbauprojekte vergleichsweise erfolgreicher abwickeln. Der Schlüssel dafür liegt unter anderem in der Umsetzung der Projekte mit Ansätzen der partnerschaftlichen Projektabwicklung. [2, S. 1] Partnerschaftliche Ansätze wurden erstmals 1988 als Project Partnering und 1992 als Project Alliancing in den USA und Großbritannien angewandt [5, S. 76 f.]. Etablierte Ansätze sind heutzutage neben der Anfang der 2000er Jahre in den USA und Kanada entwickelten Integrated Project Delivery (IPD) das in Australien, Neuseeland und Finnland angewandte Project Alliancing sowie der Framework Alliance Contract und das PPC2000 in Großbritannien [6, S. 64 f.].

Die Integrierte Projektabwicklung (IPA) ist eine Form der partnerschaftlichen Projektabwicklung, die Projektteams zur Kollaboration und Integration von Menschen, Systemen, Strukturen und Prozessen befähigt und die Effizienz in allen Projektphasen steigert [7, S. 1]. IPA zielt darauf ab, die Zusammenarbeit der Projektbeteiligten bei komplexen Bauprojekten, die dabei eingesetzten Innovationen und die zu erbringende Wertschöpfung im Vergleich zu konventionellen Projektabwicklungsmethoden zu verbessern [8, S. 134]. Seit 2018 findet der IPA-Ansatz auch in Deutschland sowohl bei privaten als auch öffentlichen Bauherren Anwendung [6, S. 63 ff.].

Der Einsatz von IPA geht mit einer Verschiebung bzw. Veränderung konventioneller Projektphasen, Verantwortungen und Entscheidungsprozessen einher [9, S. 2]. Dies führt auch zu neuen Anforderungen hinsichtlich der Kostenplanung und -steuerung, da konventionelle Ansätze nicht mit den Prinzipien eines IPA-Projekts vereinbar sind [10, S. 1]. In der Forschung erfährt die Thematik der Kostenplanung und -steuerung von deutschen IPA-Projekten bis zum gegenwärtigen Zeitpunkt nur eine geringe Betrachtung. So wird bspw. die Definition von Anforderungen an die Kostenplanung und -steuerung nur wenig spezifisch behandelt [11, S. 279 f.]. Status quo ist, dass bisher weder im internationalen noch im deutschen Kontext ein robustes und effizientes Kostenmanagementsystem für die Abwicklung von IPA-Projekten identifiziert werden kann [12, S. 1].

## 2 Methodik

Der theoretische Grundlagenteil dieser Veröffentlichung basiert auf einer systematischen Literaturrecherche [13, S. 16]. Mit Hilfe der systematischen Suche werden relevante Literaturquellen zu den Themen konventionelle Projektabwicklung, Integrierte Projektabwicklung, Kostenplanung und

-steuerung in der Bauindustrie sowie zum Einsatz von Software für die Kostenplanung und -steuerung identifiziert.

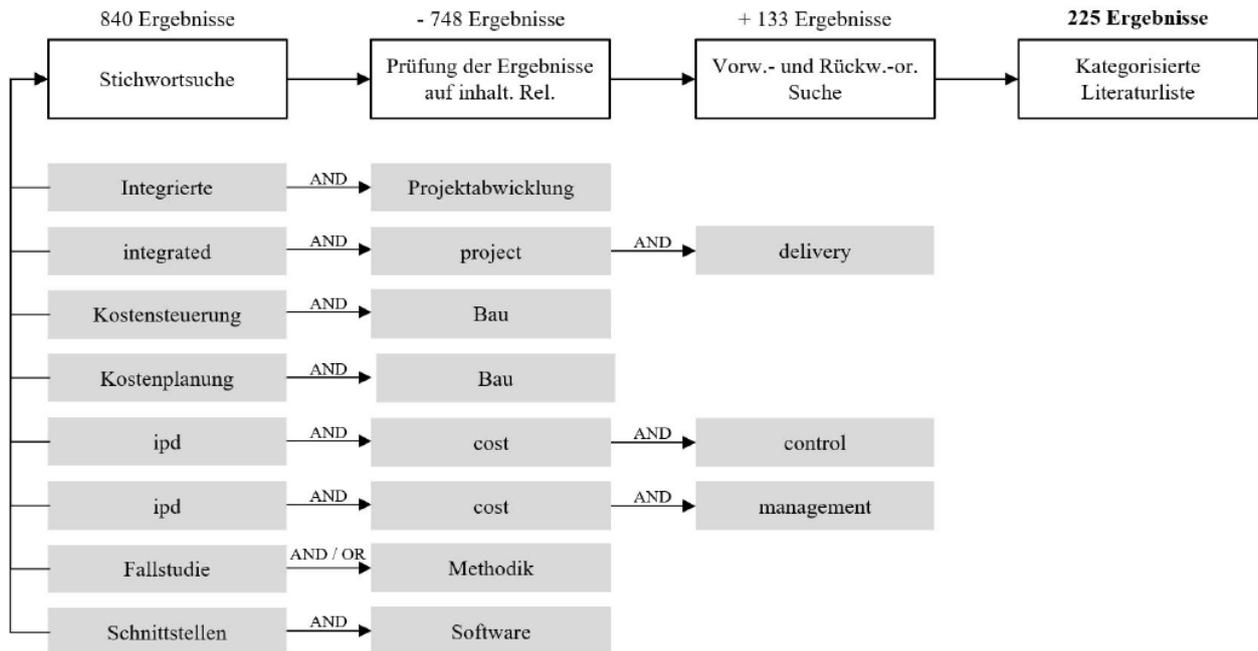


Abbildung 4: Methodik der Literaturrecherche (eigene Darstellung)

Um eine valide Datenbasis zu schaffen, die es erlaubt, Erfahrungen, Erkenntnisse und den Status quo der Kostenplanung und -steuerung deutscher IPA-Projekte zu erfassen, ist es erforderlich, aufbauend auf den Erkenntnissen aus der Literaturrecherche, systematische Experteninterviews anhand eines teilstrukturierten Leitfadens durchzuführen [14, S. 24 ff.]. Dazu wurden 13 Interviews mit IPA-Coaches, IPA-Projektmanagern, Bauherrenvertretern und Kostenexperten durchgeführt. Für die inhaltliche Auswertung der Interviews wurde die Methode der qualitativen Inhaltsanalyse mit dem Ziel der Informationsgewinnung angewendet [14, S. 72].

### 3 Status Quo der Kostenplanung und -steuerung in Bauprojekten

Im folgenden Abschnitt wird die standardisierte Vorgehensweise der Kostenplanung und -steuerung in konventionell abgewickelten Bauprojekten aus Sicht der verschiedenen Projektbeteiligten dargestellt. Projektmanager übernehmen Unterstützungsleistungen in Form von Projektmanagement und -steuerung für den Bauherrn. Diese Leistungen sind in der Leistungs- und Honorarordnung Projektmanagement des AHO definiert. Demnach gliedert sich ein Bauprojekt in die fünf Phasen Projektvorbereitung, Planung, Ausführungsvorbereitung, Ausführung und Projektabschluss. Im Handlungsbereich C - Kosten und Finanzierung wirkt der Projektmanager bei der Erstellung eines Kosten- und Nutzungskostenrahmens mit, richtet eine projektspezifische Kostenverfolgung ein, prüft und schlägt die Freigabe eingehender Rechnungen vor und befasst sich mit Investitions- und Fördermitteln. [15, S. 14 f.]

Aus Sicht des Planers besteht der Arbeitsprozess bei einer Einzelleistungsvergabe aus neun Leistungsphasen nach der HOAI. Für die Kostenplanung definiert die DIN 276

leistungsphasenübergreifend alle Maßnahmen der Kostenermittlung, -kontrolle und -steuerung während der Planung und Ausführung. Die Kostenermittlung beschreibt dabei die Berechnung der entstehenden Kosten bzw. die Feststellung der entstandenen Kosten. Die Kostenkontrolle vergleicht die Kostenermittlung mit einer früheren Kostenermittlung bzw. Kostenvorgabe. Die Kostensteuerung beschreibt das Eingreifen in die Kostenentwicklung bei in der Kostenkontrolle festgestellten Abweichungen. Übergeordnet lassen sich die Phasen der Kostenkontrolle nach Kochendörfer et al. [16] in die Kostenkontrolle der Planungsphase, der Vergabephase und der Ausführungsphase unterteilen. In den ersten drei Phasen der Kostenermittlung liegen den Planern noch keine Angebotspreise vor. Deshalb werden Schätzverfahren auf Basis von Kostenkennwerten und zugehörigen Kostengruppen nach DIN 276 angewendet. [16, S. ff.]

Der bauteilorientierten Kostenermittlung seitens des Planers steht die ausführungorientierte Sicht der bauausführenden Unternehmen gegenüber. Dies erfordert eine Kostentransformation von Kostengruppen bzw. Bauteilen in Leistungsbereiche. [16, S. 267] Ausführende Bauunternehmen kalkulieren ihre Kosten in der Regel auf Grundlage der Kosten- und Leistungsrechnung (KLR) Bau [17, S. 139 f.]. In der KLR Bau bezeichnet die Beauftragungsrechnung oder Kalkulation die Ermittlung von Kosten vor, während und nach der Leistungserstellung. Im Gegensatz zu den neun Leistungsphasen der Planer gliedert sich ein Bauprojekt für Bauunternehmen in die Kalkulationsstufen Auftragsbeschaffung, Auftragsvorbereitung, Arbeitsvorbereitung, Ausführung und Auswertung. [18, S. 33] Die Vorkalkulation beschreibt dabei die Kostenermittlung vor und während der Ausführung. Die Nachkalkulation erfasst entstandene Ist-Kosten und gleicht damit Soll- und Ist-Daten der Arbeitskalkulation ab, wodurch Abweichungen erkannt und Steuerungsmaßnahmen eingeleitet werden können. [19, S. 84] Der KLR Bau nach erfolgt die Ermittlung der Angebotssumme im Rahmen der Kalkulation über die Endsumme nach folgendem Ablaufschema. Zunächst werden die Einzelkosten der Teilleistungen ermittelt, wobei Eigen- und Fremdleistungen enthalten sind. Danach werden die Baustellengemeinkosten ermittelt und die allgemeinen Geschäftskosten sowie Wagnis und Gewinn hinzugerechnet, was zur Angebotsendsumme führt. Die nächsten Schritte sind die Berechnung der Zuschläge für die gewählten Zuschlagsbasen und die Ermittlung der Angebotspreise je Mengeneinheit (Einheitspreis) sowie je Position. [17, S. 280 f.]

#### **4 Abgeleitete Anforderungen an die Kostenplanung und -steuerung in IPA-Projekten aus der Literatur**

Im Folgenden werden die in der Literatur identifizierten Vorgehensweisen der Kostenplanung und -steuerung in IPA-Projekten beschrieben und Anforderungen an die Umsetzung aufgezeigt. Dabei zeigt sich, dass in der Praxis häufig unterschiedliche Begrifflichkeiten verwendet werden. Dies verdeutlicht zum einen die unterschiedliche Sichtweise auf Aspekte der Kostenplanung und -steuerung in IPA-Projekten, zum anderen das Fehlen einer standardisierten Fachterminologie.

Im Rahmen des *Vergabeverfahrens* erfolgt die *Angebotslegung* und *Ermittlung von Deckungs- und Risikobeiträgen* durch die Bewerber. Bei der Teamauswahl werden trotz der stärker gewichteten Qualitäts- und Teamkriterien auch Preiskriterien berücksichtigt. Die Angebote der Bieter müssen dem für das Projekt definierten Abrechnungs- und Vergütungsmodell entsprechen. [20, S. 55 ff.]

Unter *Finanzplanung und Controlling* verstehen Allison et al. [8] in IPA-Projekten die Festlegung und Kontrolle der Kosten. Dabei geht es z.B. um die Festlegung eines Open-Book-Vergütungssystems und eine unabhängige Prüfung der Kostenbestandteile der IPA-Partner durch einen Wirtschaftsprüfer. Voraussetzung ist dafür die Offenlegung der AGK-, Gewinn-, Stunden-, Zuschlags-, Risikosätze etc. Das *Zielkostenmanagement* befasst sich übergeordnet neben der Kostenermittlung und -kontrolle mit der gemeinsamen Steuerung von Planungsprozessen hinsichtlich ihrer Auswirkungen auf die Kosten. Grundlage des Zielkostenmanagements ist die frühzeitige, transparente und interdisziplinäre Ermittlung und regelmäßige Fortschreibung der Kosten des Bauvorhabens. [21, S. 699 ff.] Aus der Addition der Planungs- und Baukosten einschließlich der Gewinne und Risiken ergibt sich der Gesamtauftragswert bzw. der Zielpreis. Dieser wird in einem iterativen Prozess gemeinsam durch das IPA-Team immer weiter detailliert, auf Einsparungspotenziale hin untersucht und mündet entweder nach der Validierungsphase in einen Basiszielpreis oder zu Beginn der Bauphase in einen finalen Zielpreis. [8, S. 55 ff.]

Das *Target Value Design* dient dazu, während der Validierung detaillierte Kosten in Form von Zielkosten sowie Qualitätsvorgaben zu ermitteln. Dies erfordert eine intensive Zusammenarbeit zwischen Planern, Bauunternehmen und ggf. Nachunternehmern. Die Zielkosten werden projektspezifisch bspw. nach Bauteilen aufgeschlüsselt. Dabei gilt es, die Positionen mit dem größten Kostensteigerungspotenzial zu identifizieren und zu bearbeiten, um das Risiko entsprechend zu reduzieren. [8, S. 55 ff.]

Im Rahmen der *Zielkostenermittlung* wird somit die Summe der Herstellkosten für ein IPA-Projekt ermittelt. Mit dem Zielpreis, der Summe aus Herstellkosten und Deckungsbeiträgen, soll das bei Vertragsabschluss festgelegte Budget unterschritten werden. Dies geschieht, indem das IPA-Team gemeinsam ein konkretes Leistungsprogramm festlegt, auf dessen Basis und unter Berücksichtigung des Chancen- und Risikoprofils die Zielkosten kalkuliert werden. Dabei ist eine transparente Kalkulation und Abstimmung zur Optimierung der Zielkosten und des Chancen- und Risikoprofils erforderlich. Der von den IPA-Partnern ermittelte prozentuale Deckungsbeitrag wird am Ende der Integrierten Planung in monetäre Einheiten umgewandelt, festgeschrieben und kann nur bei Leistungsänderungen angepasst werden. Dieses Verfahren wird auch auf den Risikobeitrag der einzelnen Partner angewendet. Ein auf der Risikoverteilung basierender Verteilungsschlüssel bestimmt die Beteiligung der Partner bei Zielkostenunter bzw. -überschreitung. [20, S. 58 ff.]

Anforderungen ergeben sich somit unter anderem aus der Gliederung der Kostendaten nach einer ausführungsorientierten Kostenstruktur auf der Ebene der Gewerke bzw. der Vergabeeinheiten. Ein System zur Kostensteuerung muss die Kosten trotz unterschiedlicher Detaillierungsgrade nachvollziehbar darstellen. [11, S. 279 f.]

Das *Zielkostencontrolling* erfolgt bei IPA-Projekten kontinuierlich und projektbegleitend während der Planungs- und Ausführungsphase. [21, S. 701 ff.] Im Rahmen der Kostenkontrolle werden die Leistungen und Prognosen der IPA-Partner überwacht. Dazu muss das Risikoregister, die Produktivität, der aktuelle Auftragswert sowie die erwarteten prognostizierten Kosten für alle IPA-Partner verfolgt werden. Ein Abgleich mit den Auftragswerten gibt Aufschluss darüber, ob das Budget zum aktuellen Zeitpunkt über- oder unterschritten wird. Die Kostenkontrolle sollte dabei regelmäßig mindestens monatlich, in der Planungsphase auch wöchentlich, erfolgen. Die transparente Darstellung

des aktuellen Projektstatus und die sofortige Identifikation von Abweichungen sind für die Ableitung von Maßnahmen entscheidend für den Projekterfolg. [8, S. 55 ff.]

Die Prozesse der *Vergütung während der Planungs- und Ausführungsphase* sind mit denen der konventionellen Projektabwicklung vergleichbar. So stellen die IPA-Partner in einem festen Zyklus, in der Regel monatlich, Rechnungen, die auf dem aktuellen Leistungsstand basieren. Diese Rechnungen werden dann intern durch das IPA-Team oder extern geprüft und anschließend die tatsächlich angefallenen und geprüften Herstellkosten sowie die anteiligen Deckungsbeiträge erstattet. Risikobeiträge werden von den Deckungsbeiträgen entkoppelt und bspw. prozentual auf die einzelnen Leistungsumfänge bezogen. [20, S. 55 ff.]

Für das *Risikomanagement* wird anstelle von Risikorückstellungen bei IPA ein transparentes Risikoregister bzw. Risikoprotokoll angewendet, um Risiken kontinuierlich zu verfolgen und Verantwortlichkeiten zuzuweisen. Im Risikoregister werden sowohl Risiken als auch Chancen in Bezug auf das Budget, den Terminplan und andere messbare Ereignisse festgelegt. Dabei ist zu unterscheiden, ob es sich um ein Risiko des IPA-Teams oder des Auftraggebers handelt. Das Risikoregister und die zugehörigen Risikokategorien werden in einer frühen Phase entwickelt. Eine Kombination von Chancen und Risiken im Register kann auch zu Verbesserungspotenzialen führen. [8, S. 96 ff.] Zunächst werden die identifizierten Risiken im Risikoregister zusammengetragen. Nachfolgend werden Schadenshöhen und Eintrittswahrscheinlichkeiten zugeordnet. Im dritten Schritt werden Gegenmaßnahmen erarbeitet. Der letzte Schritt ist die fortlaufende Erfassung und Dokumentation der vorangegangenen Schritte in der Risikoliste. [11, S. 272]

*Projekt-Dashboards* dienen der Leistungsüberwachung von quantitativen und qualitativen Projektkennzahlen, die durch den Einsatz von Dashboards leicht zugänglich, lesbar und transparent gemacht werden. Zu überwachende Kennzahlen ergeben sich aus den Conditions of Satisfaction, den Projektzielen. Projekt-Dashboards werden über alle Phasen, von der Vorbereitung bis zur Realisierung eingesetzt, um den Projektfortschritt so zu verfolgen, dass Probleme und Entwicklungen frühzeitig erkannt werden und gesteuert werden können. [8]

In der Schlussphase eines IPA-Projekts erfolgt die *Ermittlung des Projektergebnisses und ggf. der Erfolgsbeteiligung*, indem die tatsächlichen Kosten bei Projektende bzw. die Abrechnungssumme ermittelt werden, welche die Grundlage für die Erfolgsbeteiligung der IPA-Partner bilden. Die genaue Aufteilung bzw. Vergütung richtet sich nach der im Mehrparteienvertrag vereinbarten Vergütungssystematik und kann von Projekt zu Projekt variieren. Es kann dabei ggf. auch eine Verknüpfung mit zusätzlichen Qualitätszielen mittels Key Performance Indicators (KPIs) erfolgen. [20, S. 63 ff.]

## **5 Abgeleitete Anforderungen an die Kostenplanung und Kostensteuerung in IPA-Projekten aus der Praxis**

In diesem Abschnitt wird das Ziel verfolgt, die im Rahmen der Literaturanalyse identifizierten Erkenntnisse zur Kostenplanung und -steuerung durch das Expertenwissen aus deutschen und internationalen IPA-Projekten zu validieren bzw. zu ergänzen, um fundiert die Anforderungen an die Kostenplanung und -steuerung in IPA-Projekten zu ermitteln. Auf Basis der qualitativen

Inhaltsanalyse der Experteninterviews werden insgesamt 680 identifizierte Extrakte strukturiert qualitativ ausgewertet und miteinander in Beziehung gesetzt.

### *Status quo in IPA-Projekten und Bedarf einer softwaregestützten Lösung*

Die Kostenplanung und -steuerung in IPA-Projekten weist im Grunde nur wenige wesentliche Unterschiede zur konventionellen Projektabwicklung auf. Dennoch gibt es relevante Unterschiede, die sich aus dem Mehrparteienvertrag und dem anreizbasierten Vergütungsmodell ergeben. Obgleich eine Vielzahl an Software-Einzellösungen existiert, ist keine davon in der Lage, durchgängig für IPA und die Sonderform des Open-Book-Verfahrens zu funktionieren. Excel stellt folglich oft die einzige Lösung dar, um die spezifischen Anforderungen zu erfüllen. Es besteht daher ein sehr hoher Bedarf an einer IPA-spezifischen Softwarelösung, um bspw. auch Risiken und Gewinne des Gesamtprojektes verfolgen zu können. Oft besteht keine exakte Übersicht über den aktuellen Projektstand. Ohne ein gemeinsames Verständnis dessen, was IPA durch den Mehrparteienvertrag in Form eines gemeinsamen wirtschaftlichen Interesses schafft, scheitert eine gemeinsame Kostenverfolgung. Zudem gibt es in Deutschland so gut wie keine Erfahrung mit Kostenplanung und -steuerung bei IPA-Projekten.

### *Übergeordnete Anforderungen an eine Softwarelösung*

Anforderungen lassen sich daraus ableiten, wie differenziert die Sichtweise sein soll, wie schnell ein Team reagieren können muss, in welchem Intervall Informationen erzeugt bzw. ein Frühwarnradar ausgelöst werden soll oder nach welchen Kriterien Ist-Verläufe generiert werden. Grundsätzlich muss das Kostencontrolling das IPA-Team in die Lage versetzen, auf Basis des aktuellen Projektstands Steuerungsmaßnahmen abzuleiten. Darüber hinaus ist für eine ganzheitliche Betrachtung auch die Perspektive des Bauherrn zu integrieren. Ein Monitoringtool muss für alle zugänglich sein und eine hohe Transparenz bzw. Detailtiefe ermöglichen. Aufgrund der unterschiedlichen Rahmenparameter in den MPV-Verträgen sowie der projektspezifischen Fortschreibung der Zielkosten und der Berechnung der Gewinn- und Verlustanteile ist eine hohe Flexibilität erforderlich. Die Kunst besteht darin, die Systeme so einfach wie möglich zu gestalten, dabei aber den Anspruch an die Aussagekraft nicht zu verlieren und bestehende Lösungen zu einer Gesamtlösung zu kombinieren.

### *Vorteile und Potenziale einer softwaregestützten Kostenplanung und -steuerung in IPA-Projekten*

Der Einsatz von Software kann dazu dienen, mühsame manuelle Übertragungsarbeiten zu reduzieren. Dies führt zu einer Beschleunigung und Verringerung der Fehleranfälligkeit, was wiederum die Sicherheit des Projektablaufs erhöht und die Projektabwicklung erleichtert. Durch die Verwendung eines einheitlichen Systems werden Schnittstellen reduziert.

Bei IPA werden im Gegensatz zum Einheitspreisvertrag die Kosten ohne Aufmaß erstattet, so dass Aufmäße zur Leistungskontrolle zunächst nicht erforderlich sind. Dies erleichtert die Kostenkontrolle und gestaltet diese offener und ehrlicher. Auf diese Weise werden Abweichungen bereits zu einem früheren Zeitpunkt und nicht erst durch Nachträge erkannt. Aufgrund des Selbstkostenerstattungsvertrags müssen die Kosten somit nicht mit einer Leistung korrelieren, wobei unabhängig davon grundsätzlich eine engere Verzahnung von Kosten- und Leistungskontrolle angestrebt wird.

Der Einsatz einer einheitlichen Softwarelösung gewährleistet als neutrale Instanz eine neutrale Betrachtung des Ist-Zustandes. Die erhöhte Transparenz beugt somit auch Misstrauen vor. Prozesse wie bspw. die Zielkostenermittlung werden so offengelegt und transparent gemacht. Ein Interviewpartner beschreibt bspw., dass die Vorteile und Potenziale dazu führen, dass er noch nie eine bessere Kostenverfolgung und -kontrolle erlebt hat als in seinem aktuellen IPA-Projekt.

### *Zielkostenmanagement*

Bei der Zielkostenermittlung als Teil des Zielkostenmanagements erstellen die IPA-Partner durch eine Verzahnung von Planern und Ausführenden auf Basis des aktuellen Planungsstandes eine Kalkulation bzw. Schätzung der Kosten, die für die Umsetzung des Bauherrenprogramms anfallen. Die Planungsbeteiligten übernehmen dabei die Planungscoordination, der Bauherrenvertreter bringt die Bauherrenanforderungen ein. Die Zielkostenermittlung ist ein Zyklus aus Planungsfortschritt und damit einer immer detaillierteren Kostenstruktur und Kostenschätzung. Dabei wird die Methode des Target Value Designs angewendet. Während die erste Kostenschätzung häufig auf der Basis von Kostenkennwerten erfolgt, werden die Daten der Organisationen schnell integriert und Nachunternehmer einbezogen. Je nach Mehrparteienvertrag kann zwischen Basiszielkosten und finalen Zielkosten unterschieden werden, die wiederum unter den Basiszielkosten liegen müssen. Nach der Zielkostenermittlung und Fixierung der Zielkosten können diese bis zur Schlussabrechnung fortgeschrieben werden, bspw. durch Nominalisierung, Änderung des Bausolls, Preisgleitmechanismen oder Baupreisindexierungen. Die letzte Fortschreibung der Zielkosten ist der Bezugspunkt für die Vergütung der Partner am Projektende.

Eine Herausforderung stellt die unterschiedliche Vorgehensweise bei IPA-Projekten im Vergleich zur konventionellen Projektabwicklung dar. Während Planer bisher die Kosten oft produktneutral auf Bauteilebene wie bspw. nach der DIN 276 und die Ausführenden auf Gewerkeebene schätzen, werden bei IPA die Kosten in nur einer gemeinsamen Logik ermittelt. Gleichzeitig liegt die Herausforderung in der Kostenermittlung zu einem frühen Zeitpunkt, zu dem noch viele Änderungen auftreten können, sowie in unterschiedlichen Detaillierungsgraden.

Eine Software muss die projektspezifische Kostenstruktur abbilden und in unterschiedlichen Detaillierungsgraden miteinander in Beziehung setzen können. Sie muss eine kollaborative Bearbeitung in Echtzeit als Schnittstelle zwischen Planern und Ausführenden ermöglichen. Dies fördert eine themenspezifische sowie gewerke- und partnerübergreifende Zusammenarbeit in der Co-Location. Die Software muss in der Lage sein, visuell zwischen festgeschriebenen und automatisch fortgeschriebenen Zielkosten unterscheiden zu können. Eine zentrale Anforderung ist zudem, dass in einem System die Kostenkalkulation und Risiken parallel betrachtet werden können. Dabei kann ein BIM-Modell bei der Ermittlung der Zielkosten durch die Eingabe von Mengeninformatoren und bei der automatischen Zuordnung von Kosten und Verantwortlichkeiten zu Modulen anhand eines 3D-Modells helfen. Um eine doppelte Kalkulation von Leistungen durch verschiedene MPV-Partner zu vermeiden, wäre zudem die Implementierung eines automatischen Abgleichs der Leistungen durch die Software von Vorteil.

Beim Einsatz einer Software ist es wichtig, diese so früh wie möglich zu implementieren. Ein transparenter Überblick ermöglicht die Ableitung, Einarbeitung und Umsetzung von Maßnahmen und dient als Anreizfunktion zur Zielerreichung hinsichtlich der Kostenermittlung.

### *Risiko- und Chancenmanagement*

Bei der Risikoermittlung werden Risiken identifiziert und mit den zu erwartenden tatsächlichen Kosten und einer Eintrittswahrscheinlichkeit bewertet. Sie werden transparent von den Planern und Ausführenden definiert und entsprechend kategorisiert. Im Rahmen der Zielkostenermittlung werden Risiken als separater Kostenblock betrachtet, der sich aus den kalkulierten Kosten sowie ggf. weiteren Komponenten zu den Zielkosten zusammenfügt. Im Rahmen der Risikoverfolgung werden Risiken in (quartalsweisen, monatlichen oder sogar wöchentlichen) Risiko- und Chancenmeetings verfolgt und nach der Eintrittswahrscheinlichkeit bewertet, neu aufgenommen oder von der Liste gestrichen. Bewertete Risiken gehen in die Zielkosten ein, eingetretene Risiken in die Ist-Kosten und nicht eingetretene Risiken werden aus der Liste entfernt. Die Risiken bzw. der Risikotopf muss über den gesamten Projektverlauf dynamisch anpassbar sein. Je nach Projekt werden äquivalent zu den Risiken auch Chancen identifiziert, bewertet und verfolgt.

### *Rechnungsmanagement*

Beim Rechnungsmanagement, also der Rechnungseinreichung und -prüfung werden die eingereichten Kosten im Rahmen der Kontrollpflicht stichprobenartig überprüft. Der Prüfprozess kann entweder dem Team oder einem geeigneten Kalkulator auf der Ausführungsseite, einer Person aus dem Bauherrenteam oder einem externen Projektsteuerer übertragen werden. Die Prüfung erfolgt sowohl inhaltlich als auch auf Plausibilität. Die Herausforderungen liegen grundsätzlich in der Schwierigkeit, die tatsächlichen Kosten auf Marktkonformität zu überprüfen. Der Prüfprozess und dessen Ergebnis müssen als Workflow in der Software abbildbar und kollaborativ durchführbar sein. Ein großes Potenzial wird in der Automatisierung der Prozesse gesehen. In Zukunft könnte auch eine KI-Software eingesetzt werden, die Leistungsfortschritte automatisch erkennt, Rechnungen erstellt und diese auf Plausibilität prüft. Eine zeitnahe Datenerfassung und Zahlungsabwicklung resultieren zudem in einer optimierten Liquidität der IPA-Partner.

### *Kostenverfolgung*

Bei der Kostenverfolgung werden die bereits angefallenen, erfassten, ggf. auch geprüften und abgerechneten Kosten von Leistungen oder eingetretenen Risiken der IPA-Partner verfolgt. Dafür werden verschiedene Datenquellen wie bspw. geprüfte Rechnungen von Subunternehmern oder Excel-Dateien ausgelesen. Der Status quo ist in vielen IPA-Projekten bislang ein manueller Prozess, in dem Daten manuell in die Ist-Kostenverfolgung übertragen werden. Die Auswertung erfolgt entweder durch das gesamte Team oder durch einen internen oder externen Beauftragten sowohl auf der Ausführenden- als auch auf der Bauherrenseite. Dabei gilt das Prinzip, dass die beste verfügbare Person diese Aufgabe übernehmen soll. Zudem muss entschieden werden, inwiefern auch die Kosten des Bauherrn, bspw. dessen Budget, mitverfolgt werden sollen.

Darüber hinaus muss ein Zusammenspiel zwischen Budget, Mittelabfluss und Ist-Kosten erfolgen. Ein System muss in der Lage sein, verschiedene Kostenwerte und Kostenbestandteile zu differenzieren. Ebenso muss eine Leistungszuordnung möglich sein. Eine zusätzliche Anforderung besteht in der Nachverfolgung der Mängelbeseitigungskosten, einerseits derer, die aus dem MPV-Budget erstattet werden (MPV-spezifisch bis zu welcher Höhe) und andererseits derer, die durch die Projektversicherung abgedeckt sind.

Bei konventionell durchgeführten Projekten können oft nicht die Ursachen, sondern nur die Auswirkungen von Problemen, bspw. Kostensteigerungen, erkannt werden. Durch eine frühzeitige gemeinschaftliche Auswertung der Daten kann der Fokus auf Ursachen, die Interpretation der Ergebnisse und die Ableitung von erforderlichen Maßnahmen gelegt werden. Potenziale liegen somit in der besseren Darstellung des finanziellen Projektstatus durch mehr Transparenz und Genauigkeit. Dies ermöglicht eine bessere Budgetkontrolle und schafft ein Bewusstsein dafür, was die anderen IPA-Partner leisten.

#### *Kostenprognose zum Projektende*

Die Kostenprognose zum Projektende gibt Auskunft über den weiteren Aufwand auf Basis des bisherigen Aufwands und ist somit eine Abschätzung der tatsächlichen Kosten der noch nicht erbrachten Leistungen. Dabei wird betrachtet, wo das Projekt aktuell stehen sollte, welche Leistungen bisher erbracht wurden, ob das Projekt im Zeitplan liegt und welche Risiken noch offen sind. Um die voraussichtlichen direkten Kosten am Ende des Projekts zu bestimmen, nimmt jeder IPA-Partner eine Schätzung der Kosten vor. Der grundlegende Prozess der Kostenprognose ist bei allen (IPA-) Projekten gleich. Die Prognose verändert die Zielkosten dabei nicht und stellt eine weitere Variable neben den Ist-Kosten dar.

#### *Prognose und Berechnung geteilter Gewinn- und Verlustanteile*

Die Prognose der geteilten Gewinn- und Verlustanteile der IPA-Partner ist eine Interpolation des potenziellen Ergebnisses jedes Partners auf der Grundlage des aktuellen Stands aller Inputfaktoren, d.h. die Aufteilung der potentiellen Gewinne für die verschiedenen Fälle, die bei Projektende eintreten können. Die prognostizierten Gewinn- und Verlustanteile hängen vom Vergütungsmodell ab, der Verteilungsschlüssel kann verschiedene Formen, bspw. eine degressive Verteilung, annehmen. Damit wird Transparenz über den voraussichtlichen Gewinn oder Verlust der Partner zu Projektende geschaffen, woraus wiederum Steuerungsmaßnahmen abgeleitet werden können. Je nach Projekt können Zwischengewinne ausgeschüttet werden, bspw. beim Erreichen von Meilensteinen wie der Einreichung des Bauantrags, wobei eine Ausschüttung immer unter Vorbehalt steht und nur bei positiver Prognose erfolgt. Die tatsächliche Vergütung am Ende ergibt sich aus der Schlussabrechnung. Anforderungen bestehen darin, den Partnern kontinuierlich einen visuell unterstützten Überblick zu geben, wie sich die mögliche Gewinnausschüttung unter der aktuellen Prognose darstellt. Dadurch erfolgt automatisch eine Sensibilisierung und Motivation der Partner.

#### *Dashboards*

Dashboards dienen der visuellen Darstellung von projektspezifischen Daten, wie bspw. über die Produktion, das Budget, (kumulierte) Ist-Kosten, Risiken, Nutzen, Prognosen, KPIs oder Fertigstellungswerte. Dashboards sind somit für alle Projektbeteiligten relevant. Derzeit werden in vielen Projekten keine interaktiven Grafiken verwendet, sondern statische Berichte gemeinsam diskutiert. Herausforderungen liegen darin, aus den im Dashboard dargestellten Daten Steuerungsmaßnahmen abzuleiten und die eindeutige, visuelle und transparente Darstellung von Daten. Dashboards benötigen unterschiedliche Berechtigungen und Visualisierungsmöglichkeiten, damit es für alle Adressaten zugänglich und nutzbar ist. Dargestellt werden sollen die Zielkosten, die Prognosen, Soll-Verläufe (bspw. Mittelabflussplan) und Ist-Verläufe. Darüber hinaus könnten auch

Meilensteine, KPIs, Teilgewinnausschüttungen, Analysen zu Fertigstellungswerten, Leistungs-Soll-Ist-Vergleiche, soziale Faktoren des Projekts, wie bspw. Informationen über Teamevents sowie Risiken und Chancen dargestellt werden.

### *Schlussabrechnung*

Für die Schlussabrechnung prüfen die IPA-Partner, ob alle Leistungen in Rechnung gestellt wurden. Es handelt sich also um eine Fortsetzung der Teilabrechnungen, so dass die kumulierten Ist-Kosten bildlich gesprochen die Linie der prognostizierten Ist-Kosten am Ende des Projekts treffen. Die Schlussabrechnung kann zu unterschiedlichen Zeitpunkten erfolgen. Wichtig ist dabei die Definition eines Stichtages, an dem das Projekt als abgeschlossen gilt. Die Gewährleistung kann unterschiedlich dargestellt werden, wobei es unterschiedliche Gewährleistungszeiträume gibt, die individuell zu definieren sind. Es ist jedoch anzumerken, dass in Deutschland kaum Erfahrungen mit dem Abschluss von IPA-Projekten vorliegen.

Die aus den Interviews abgeleiteten Anforderungen an die Vorgehensweise und Umsetzung einer Kostenplanung und -steuerung von IPA-Projekten dienen als Grundlage für die Anforderungsliste. Die Anforderungen werden dahingehend untersucht und selektiert, inwieweit sie sich konkret auf die Umsetzung der Kostenplanung und -steuerung mit Hilfe einer Softwarelösung beziehen. Daraus ergeben sich insgesamt 68 Anforderungen, die in Tabelle 1 aufgelistet sind.

*Tabelle 5: Anforderungen an eine softwaregestützte IPA Kostenplanung und -steuerung*

Nr.	Anforderung
<i>Kategorie 1 - Allgemein</i>	
1.1	Projektspezifische Definition von Begriffen
1.2	Einfache, schnelle und selbsterklärende Bedien- und Nutzbarkeit
1.3	Gemeinsame Bearbeitung von Daten/Informationen für das gesamte IPA-Team in Echtzeit
1.4	Ansatz zur Integration der Bauherrenperspektive (Kosten, Risiken etc.)
1.5	Gesamtheitliche Lösung für alle Anforderungen
1.6	Flexibles und transparentes System, auf spezifische Eigenschaften der Projekte anpassbar
1.7	Standardsoftware mit hoher Prozessautomation
1.8	Hoher Standardisierungsgrad
1.9	Nachvollziehbare Darstellung von Daten mit nutzerspezifischer Detaillierung und Filterung
1.10	Veränderliche und kontinuierlich fortschreibbare Datenbanken
1.11	Versionierung von Daten
1.12	Vordefinierte Berichtsformate
<i>Kategorie 2 - Zielkostenmanagement</i>	
2.1	Kalkulation der Zielkosten nach projektspezifischen Kosten-, Projekt- und Gebäudestrukturen
2.2	Kollaborative Ermittlung und Fortschreibung in Echtzeit
2.3	Projektspezifische Unterscheidungen in brutto/netto und Gewinne/AGKs von oben/unten
2.4	Prozentuale und pauschale Kalkulation
2.5	Integration verschiedener Kostenkennwerte
2.6	Automatisches Erkennen von gleichen Leistungen
2.7	Projektspezifische Fortschreibung der Zielkosten
2.8	Versionsverlauf mit Stichtagsbetrachtungen
2.9	Unterschiedliche Detaillierungs- und Filterebenen
2.10	Parallele Integration von Kalkulation und Risiken

---

*Kategorie 3 - Risikomanagement*

- 3.1 Darstellung von priorisierten Risiken, deren Auswirkungen, Eintrittswahrscheinlichkeiten und Verantwortlichkeiten
- 3.2 Kalkulation der Risiken nach projektspezifischen Kosten-, Projekt- und Gebäudestrukturen
- 3.3 Pauschale und prozentuale Kalkulation
- 3.4 Zuordnung zu Kategorien
- 3.5 Aktualisierung der Risiken kollaborativ im Team
- 3.6 Automatische Erkennung von Dopplungen
- 3.7 Automatische Nummerierung und Zuweisung der Risiken in definierte Kategorien
- 3.8 Mögliche Erweiterung um Chancen, deren Auswirkungen, Eintrittswahrscheinlichkeiten und einer Priorisierung

---

*Kategorie 4 - Rechnungsmanagement*

- 4.1 Digitaler, standardisierter und teilautomatisierter Rechnungseingang
- 4.2 Digitaler, standardisierter und teilautomatisierter Prüfprozess
- 4.3 Kollaborative Prüfung von Rechnungen
- 4.4 Automatische Auslösung des Bezahlvorgangs nach Freigabe
- 4.5 Visuelle Unterstützung bzgl. des Status
- 4.6 Definierte In- und Output-Schnittstellen
- 4.7 Zuweisung von Rollen im Prüfprozess

---

*Kategorie 5 - Ist-Kostenverfolgung*

- 5.1 Darstellung nach projektspezifischen Kosten-, Projekt- und Gebäudestrukturen
- 5.2 Automatisiertes Einlesen der Input-Informationen
- 5.3 Schnittstellen zu standardisierten In- und Outputdaten verschiedener Datenquellen
- 5.4 Darstellung verschiedener Werte, beispielsweise erfasste, geprüfte und bezahlte Ist-Kosten
- 5.5 Gegenüberstellung mit Budget, Mittelabfluss etc.
- 5.6 Transparente Darstellung, Filter- und Aggregationsmöglichkeiten
- 5.7 Splitten der Kosten in MPV-spezifische Bestandteile

---

*Kategorie 6 - Kostenprognose zum Projektende*

- 6.1 Darstellung nach projektspezifischen Kosten-, Projekt- und Gebäudestrukturen
- 6.2 Transparente Darstellung
- 6.3 Integration des Leistungsfortschritts

---

*Kategorie 7 - Geteilte Gewinn- und Verlustanteile*

- 7.1 Schnittstellen zu standardisierten In- und Outputdaten verschiedener Datenquellen
- 7.2 Automatisiertes Einlesen der Input-Informationen
- 7.3 Berechnung, Prognose und visuelle Darstellung der Vergütungsanteile anhand spezifischer Vereinbarungen
- 7.4 Möglichkeit zur Erweiterung der Vergütung durch Key Performance Indikatoren

---

*Kategorie 8 - Dashboard*

- 8.1 Geringe Komplexität bei Datenbeschaffung und -auswertung sowie standardisierte Schnittstellen
- 8.2 Darstellung von weichen Faktoren und Team-Informationen
- 8.3 Querverknüpfung von Daten wie Leistung, Kosten, BIM-Modell, Qualitäten, Sicherheit, KPIs etc.
- 8.4 Darstellungen nach projektspezifischen Kosten-, Projekt-, und Gebäudestrukturen
- 8.5 Darstellung zeitgleich mit dem Import von Input-Daten
- 8.6 Automatisiertes Erkennen und Warnen bei spezifischen Grenzwerten
- 8.7 Kollaborative Nutzung mit unterschiedlichen Freigaben
- 8.8 Einsatz von visuellen Methoden, wie Grafiken und farblichen Kennzeichnungen zur Hervorhebung von Informationen

- 8.9 Einfache Lesbarkeit, Verständlichkeit, Übersichtlichkeit und Transparenz
- 8.10 Einfache räumliche und technische Zugänglichkeit
- 8.11 Unterschiedliche Detaillierungsgrade und Filtermöglichkeiten
- 8.12 Darstellung von Kostendaten wie Ist-Kosten, Prognosen, Zielkosten, Mittelabfluss etc.
- 8.13 Darstellung von Risiken und deren Verlauf
- 8.14 Darstellung von Produktionsdaten bzw. Leistungs-Soll und -Ist
- 8.15 Darstellung von KPIs

Von den 68 in Tabelle 1 definierten Anforderungen an eine softwaregestützte Kostenplanung und -steuerung beziehen sich 19 Anforderungen explizit auf die Umsetzung eines IPA-Projekts. Dadurch wird deutlich, dass sich die Anforderungen an die Kostenplanung und -steuerung bei IPA-Projekten nur zu einem gewissen Anteil von denen der konventionellen Projektabwicklung unterscheiden.

## 6 Zusammenfassung und Ausblick

Der Integrierten Projektabwicklung wird ein hohes Potenzial zugeschrieben, Bauprojekte kollaborativ innerhalb der Kosten-, Termin- und Qualitätsziele abzuwickeln. Es zeigt sich, dass sich das Vorgehen bei der Kostenplanung und -steuerung durch die frühzeitige und gleichzeitige Einbindung von Planern und Ausführenden sowie durch das Vergütungssystem und die damit verbundene Aufteilung von Verantwortung, Risiken, Chancen etc. wesentlich verändert. Ziel dieser Veröffentlichung ist es, die Vorgehensweise der Kostenplanung und -steuerung in IPA-Projekten zu untersuchen und veränderte Anforderungen im Vergleich zu konventionellen Projektabwicklungsmodellen zu identifizieren. An dieser Stelle sei der Yukon Projects GmbH für ihre Unterstützung bei der Auswahl und Bereitstellung von Experten gedankt.

In einem weiteren Schritt wurden 18 Softwareprodukte identifiziert und auf die Erfüllung der definierten Anforderungen untersucht. Dabei zeigte sich, dass IPA-Projekte Anforderungen mit sich führen, die bestehende Bausoftwarelösungen ohne individuelle nicht einsetzbar machen. Aus diesem Grund wurde aufbauend auf den gewonnenen Erkenntnissen ein Modell bzw. Prototyp für die Kostenplanung und -steuerung auf Basis einer Business-Intelligence-Lösung entwickelt. Die Ergebnisse der Softwareuntersuchung und die Entwicklung der eigenen Lösung zur Kostenplanung und -steuerung werden im Rahmen weiterer wissenschaftlicher Veröffentlichungen dargestellt. Es lässt sich somit feststellen, dass sich sowohl die Praxis als auch die Forschung zum Thema Kostenplanung und -steuerung von deutschen IPA-Projekten noch in einem frühen Stadium befinden. Die aus der Literatur und Experteninterviews definierten Anforderungen stellen eine Momentaufnahme dar. In Kombination mit einem fehlenden standardisierten Vorgehen im Vergleich zur konventionellen Projektabwicklung besteht daher weiterer Forschungsbedarf in der Fortschreibung der definierten Anforderungen mit der Weiterentwicklung des Abwicklungsmodells.

Aufgrund des hohen Potenzials, das sich die Anwender von der Abwicklung von IPA-Projekten versprechen, wird auch die Forschung zur Kostenplanung und -steuerung weiter an Relevanz gewinnen.

## 7 Literaturverzeichnis

- [1] M. Gralla, „Integrierte Projektprozesse und Mehrparteienverträge: Was kommt auf die Projektsteuerung zu?“, 2019.
- [2] S. C. Becker und H. Roman-Müller, *Integrierte Projektabwicklung (IPA): Schnelleinstieg für Bauherren, Architekten und Ingenieure*. in essentials. Wiesbaden [Heidelberg]: Springer Vieweg, 2022.
- [3] „Reform Bundesbau - Bessere Kosten-, Termin- und Qualitätssicherheit bei Bundesbauten“, Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit, 2016.
- [4] K.-S. Schober, K. Nölling, und P. Hoff, *Die Digitalisierung der europäischen Bauwirtschaft*. 2016.
- [5] M. Budau, N. Schmitz, und S. Haghsheno, „Mehrparteienvereinbarungen auf Basis der Theorie relationaler Verträge – Ein Beitrag zur Lösung von Problemen konventioneller Projektabwicklungsformen bei komplexen Bauvorhaben?“, *Tagungsband zum 29. BBB-Assistententreffen - Fachkongress der wissenschaftlichen Mitarbeiter der Bereiche Bauwirtschaft*, Bd. Baubetrieb und Bauverfahrenstechnik: Beiträge zum 29. BBB-Assistententreffen vom 06. bis 08. Juni 2018 in Braunschweig, S. 75, Juni 2018, doi: 10.24355/DBBS.084-201805141047-0.
- [6] S. Haghsheno, C. Baier, M. R.-D. Budau, A. Schilling Miguel, P. Talmon, und L. Frantz, „Strukturierungsansatz für das Modell der Integrierten Projektabwicklung (IPA)/Structuring approach for Integrated Project Delivery“, *Bauingenieur*, Bd. 97, Nr. 03, S. 63–76, 2022, doi: 10.37544/0005-6650-2022-03-47.
- [7] „Integrated Project Delivery Frequently Asked Questions“, *AIA California Council*, 2006.
- [8] M. Allison, H. Ashcraft, R. Cheng, S. Klawans, und J. Pease, *Integrierte Projektabwicklung: Ein Leitfaden für Führungskräfte*. 2020.
- [9] „Integrated Project Delivery: A Guide“, The American Institute of Architects, 2007.
- [10] F. Elghaish und S. Abrishami, „A centralised cost management system: exploiting EVM and ABC within IPD“, *ECAM*, Bd. 28, Nr. 2, S. 549–569, Mai 2020, doi: 10.1108/ECAM-11-2019-0623.
- [11] J. Schütte, „Herausforderungen und Ansätze zur integrierten Risiko- und Kostensteuerung bei Bauprojekten. In S. Haghsheno, K. Lennerts & S. Gentes (Hrsg.), 30. BBB-Assistententreffen in Karlsruhe - Fachkongress der wissenschaftlichen Mitarbeiter Bauwirtschaft | Baubetrieb | Bauverfahrenstechnik: 10. - 12. Juli 2019“, *Institut für Technologie und Management im Baubetrieb (TMB), Karlsruher Institut für Technologie (KIT)*., 2019.
- [12] F. Elghaish, M. R. Hosseini, S. Talebi, S. Abrishami, I. Martek, und M. Kagioglou, „Factors Driving Success of Cost Management Practices in Integrated Project Delivery (IPD)“, *Sustainability*, Bd. 12, Nr. 22, S. 9539, Nov. 2020, doi: 10.3390/su12229539.
- [13] F. G. Becker, *Zitat und Manuskript: Erfolgreich recherchieren, richtig zitieren, formal korrekt gestalten; eine praktische Arbeitshilfe zur Erstellung von wirtschaftswissenschaftlichen*

- Arbeiten*. Stuttgart: Schäffer-Poeschel, 2007. [Online]. Verfügbar unter: [https://www.schaeffer-poeschel.de/download/zitat/zitat\\_und\\_manuskript.pdf](https://www.schaeffer-poeschel.de/download/zitat/zitat_und_manuskript.pdf)
- [14] A. Bogner, B. Littig, und W. Menz, *Interviews mit Experten: Eine praxisorientierte Einführung*. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden, 2014. doi: 10.1007/978-3-531-19416-5.
- [15] Ausschuss der Verbände und Kammern der Ingenieure und Architekten für die Honorarordnung, Hrsg., *Projektmanagement in der Bau- und Immobilienwirtschaft - Standards für Leistungen und Vergütung: Leistungsbild und Honorierung, 5.*, Vollständig überarbeitete und Erweiterte Auflage, Stand: März 2020. in AHO-Schriftenreihe, no. Nr. 9. Köln: Reguvis, Kooperationspartner des Bundesanzeiger Verlages, 2020.
- [16] B. Kochendörfer, J. H. Liebchen, und M. G. Viering, *Bau-Projekt-Management: Grundlagen und Vorgehensweisen*. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden, 2021. doi: 10.1007/978-3-658-34080-3.
- [17] G. Girmscheid und C. Motzko, *Kalkulation, Preisbildung und Controlling in der Bauwirtschaft: Produktionsprozessorientierte Kostenberechnung und Kostensteuerung*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2013. doi: 10.1007/978-3-642-36637-6.
- [18] Hauptverband der Deutschen Bauindustrie e.V., *KLR Bau: Kosten-, Leistungs- und Ergebnisrechnung der Bauunternehmen, 8.*, Überarbeitete und Aktualisierte Auflage. in Hoch- und Tiefbau. Köln: Verlagsgesellschaft Rudolf Müller GmbH & Co. KG, 2016.
- [19] C. J. Diederichs und A. Malkwitz, Hrsg., *Bauwirtschaft und Baubetrieb: Technik – Organisation – Wirtschaftlichkeit – Recht*. in Handbuch für Bauingenieure. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden, 2020. doi: 10.1007/978-3-658-27916-5.
- [20] M. Sundermeier, D. Flüthmann, F. Theuring, und S. Sommerfeld, „Herausforderungen und Potenziale der Integrierten Projektabwicklung: Beratende Ingenieure als Wertschöpfungspartner in IPA-Projekten Kooperationsprojekt des VBI und der TU Berlin“, 2022.
- [21] M. Sundermeier und P. Beidersandwich, „Zielkostenmanagement und Zielkostenverträge für komplexe Bauvorhaben“, in *Aktuelle Entwicklungen in Baubetrieb, Bauwirtschaft und Bauvertragsrecht*, C. Hofstadler, Hrsg., Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden, 2019, S. 695–727. doi: 10.1007/978-3-658-27431-3\_48.

# Zusätzliche Transparenz durch den Einsatz von digitalen Softwarelösungen für die Bauwirtschaft

*Carl Philipp Friedinger<sup>1</sup> und Simon Christian Becker<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> *Institut für Projektmanagement und Bauwirtschaft, Universität der Bundeswehr München, carl.friedinger@unibw.de*

<sup>2</sup> *Institut für Projektmanagement und Bauwirtschaft, Universität der Bundeswehr München, s.christian.becker@unibw.de*

## **Kurzfassung**

Die Digitalisierung und ein Wandel zur nachhaltigeren Projektabwicklung in der Bauwirtschaft gehen langsamer vonstatten als in anderen Branchen, sind aber existent. Sie manifestieren sich zum Beispiel in der Implementierung innovativer Projektabwicklungsmodelle, wie z.B. durch den Einsatz der Integrierten Projektabwicklung (IPA) im Rahmen erster Pilotprojekte oder dem Einsatz des Allianzmodells in Österreich. Die Transparenz von Informationen ist ein zentraler Bestandteil und die Grundlage für die erfolgreiche Umsetzung dieser Projekte. Sie ist essentiell für ein partnerschaftliches Miteinander. Transparenz lässt sich durch einheitliche Prozesse und Beteiligte mit einem identischen Wissens- sowie Informationsstand erreichen. Prozesse, die einer transparenten Darstellung bedürfen, sind beispielsweise Managementprozesse oder Ablaufprozesse, wie z.B. bei dem Early Contractor Involvement (ECI). Um gegenseitiges Verständnis und Vertrauen zu schaffen ist es daher notwendig, Prozesse so aufzubereiten und zugänglich zu machen, dass diese verständlich und anwendbar sind. Dieser Beitrag befasst sich zunächst mit den Themen Transparenz und Digitalisierung in Bezug auf die Bauwirtschaft. und analysiert den Markt im Hinblick auf geeignete Softwarelösungen zur transparenten Prozessveranschaulichung. Der Bedarf einer neuen Softwareapplikation wird mittels der Marktanalyse begründet und die Grundzüge der benötigten Funktionalitäten, anhand des Prozesses des ECI aufgezeigt. Außerdem wird das Vorgehen bei der Softwareentwicklung „DigiCon“ im Forschungsprojekte DigiPeC – Digital Performance Contracting Competence Center beschrieben.

*Schlagerwörter: Bauwirtschaft, Digitalisierung, Integrierte Projektabwicklung, Nachhaltigkeit, Prozesse, Transparenz*

# 1 Mangelnde Transparenz und Digitalisierung

Dass Bauprojekte intransparent hinsichtlich Informationen sind, wurde bereits in zahlreichen Publikationen behandelt. Der vom Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) 2018 veröffentlichte „Leitfaden für Großprojekte“ adressiert die Transparenz als ein Element für eine partnerschaftliche Zusammenarbeit. Das BMVI betrachtet Transparenz vor allem im Hinblick auf Kommunikation [1]. Die im selben Leitfaden aufgeführten und von Spang entwickelten Module der partnerschaftlichen Projektentwicklung beschreiben und fordern im Kern eine transparente Projektentwicklung [2][3]. Diese Transparenz reduziert die Auswirkungen der in der Bauwirtschaft akut auftretenden Informationsasymmetrie, und in der Folge auch Zielkonflikte. Beide, Informationsasymmetrie und Zielkonflikte, werden durch die Prinzipal-Agent Theorie beschrieben. Der Zielkonflikt rührt aus den grundsätzlich völlig unterschiedlichen Zielen des Auftragnehmers (Gewinnmaximierung) und des Auftraggebers (bestmögliches PreisLeistungsverhältnis) her [4]. Ein nicht geteilter Wissensvorsprung, stellt eine einseitige Intransparenz dar und ermöglicht eine einseitige Vorteilmahme. Demzufolge wird die Informationsasymmetrie zum eigenen Vorteil, entsprechend der eigenen Zielsetzung, genutzt [5, 6].

Eine Möglichkeit der Reduzierung von Intransparenz ist die Darstellung und Kommunikation von Managementabläufen und Prozessen [7]. Der verfolgte Ansatz beschränkt sich dabei nicht auf die Koordination mittels Work-Flows, die die Beteiligten zu gegebener Zeit über offene Verpflichtungen informieren. Es geht um die ganzheitliche Darstellung von Abläufen, deren offene Kommunikation und dem sich daraus ergebenden gegenseitigen Verständnis. Gleichzeitig bewirkt die transparente Kommunikation eine Reduktion der Informationsasymmetrie und der einseitigen Vorteilmahme. Die Digitalisierung im Allgemeinen stellt hierbei die Chance dar, genau diese Transparenz zu schaffen.

Primär wird unter Digitalisierung die Implementierung von Building Information Modeling verstanden (BIM), aktuelle Entwicklungen wie „Digitalen Zwillingen“ oder der Einsatz künstlicher Intelligenz gehen jedoch darüber hinaus [8]. Dabei umfasst Digitalisierung viel mehr. Bereits dass Pläne nicht mehr geplottet vorliegen, sondern nur noch auf einem Tablet abgerufen werden oder dass überhaupt Software zur Planung, Kalkulation und Bauabwicklung verwendet wird, ist der Digitalisierung zuzurechnen. Selbst einfache No-Code bzw. Low-Code Lösungen zählen schon zur Digitalisierung. Der Nutzen der Digitalisierung wird im Besonderen in der Steigerung der Produktivität oder Optimierung von Arbeitsabläufen gesehen [9]. Der Einsatz von innovativen Projektentwicklungsmodellen, wie der Integrierten Projektentwicklung (IPA) oder dem Allianz-Modell in Österreich, hilft dabei Kosten- und Terminziele bei Großprojekten einzuhalten [10]. Dies wird unter anderem durch den Fokus auf partnerschaftliche Prinzipien, einer projektübergreifenden „Best-for-Project-Mentalität“ [11] und Selbstkostenerstattungsverträgen erreicht [12]. Grundlage hierfür ist ein äußerst hohes Maß an Transparenz, welche mitunter durch ein umfassendes Prozessverständnis aller Managementprozesse der Beteiligten erreicht werden kann.

Auf Basis der zuvor dargestellten Überlegungen wurden die folgenden Forschungsfragen formuliert:

- Welche Softwareapplikationen zur Prozessdarstellung sind auf dem Markt verfügbar und welche Eigenschaften bzw. Funktionen besitzen diese?

- Wie muss eine Software entwickelt werden, damit sie das für innovative Projektabwicklungsmodelle nötige Maß an Transparenz für Managementprozesse widerspiegelt?

## 2 Methodisches Vorgehen

In der Bauwirtschaft wird der Mangel in der Digitalisierung, wie z.B. der Abbildung von Managementprozessen und eine grundlegende Intransparenz von Informationen immer wieder diskutiert [13].

Um den Status Quo hinsichtlich potenzieller Digitalisierung von Managementprozessen und deren Software-Lösungen zu identifizieren, wurde eine explorative Marktanalyse mittels verschiedener Suchmaschinen durchgeführt. Durch die Marktanalyse wird eine Momentaufnahme des Beschaffungsmarktes abgebildet, der zu einem bestimmten Zeitpunkt Anbieter, Produkte, Marktanteile etc. bestimmt [14, 15]. Für die Marktanalyse wurden die folgenden Suchmaschinen verwendet:

- Google.de
- Yahoo.com
- Bing.com
- AOL.de
- Ask.com

Aus sieben Begriffen wurden vier Suchstrings formuliert. Die Suchstrings für die Marktanalyse lauten:

- „Software Prozessmanagement Bau“
- „Digitale Prozessdarstellung Bauwesen“
- „Prozessdarstellung Bauwesen
- „Software Prozessmanagement Bauwesen webbasiert“

Die Software-Lösungen wurden bei der Marktanalyse objektiv hinsichtlich ihrer Funktionen betrachtet und unterschieden Um Fehler hinsichtlich der Analyse der Tools zu vermeiden, erfolgte die Bewertung unabhängig von zwei Personen. Die Ergebnisse wurden anschließend validiert.

Im Kapitel 3 wird das Ergebnis der Marktanalyse, die identifizierten Tools und deren Funktionen, dargestellt. Es wird die Marktlücke hinsichtlich der Fähigkeit der digitalen Abbildungen von Managementprozessen aufgezeigt.

Anschließend wird beschrieben, wie im Forschungsprojekt DigiPeC – Digital Performance Contracting Competence Center die entwickelte Software Lösung „Digital Consult“ (Digicon entwickelt wird. Es wird dargestellt, welche Anforderungen eine solche Software-Lösung erfüllen muss sowie wie der Entwicklungsprozess unter Verwendung der SCRUM-Methode abläuft. Des Weiteren wird auch auf das Framework bzw. die Programmiersprache eingegangen. Neben dem aktuellen Entwicklungsstand der Software wird abschließend Use-Case präsentiert.

Der Beitrag schließt mit einer kurzen Zusammenfassung und einem Ausblick hinsichtlich der weiteren Entwicklung der Software ab.

### 3 Marktanalyse zur Darstellung von digitalen Prozessen in der Bauwirtschaft

Die Trefferanzahl für die einzelnen Suchstrings und der unterschiedlichen Suchmaschinen sind in Tabelle 1 aufgeführt. Die Suchstrings wurden bereits in Kapitel 2 vorgestellt. Durch die sehr allgemein formulierten Suchbegriffe fällt die Trefferanzahl entsprechend hoch aus, wobei die wenigsten Treffer tatsächlich ein Softwaretool beinhalten. Auffällig ist die Reduktion der Trefferanzahl im String 4, der vermeintlich auf die Ergänzung des Begriffes „webbasiert“ zurückzuführen ist. Von größerer Bedeutung ist jedoch ein Vergleich des Strings 1 und 2, die sich vornehmlich durch den Begriff „Digitalisierung“ unterscheiden. Weniger Treffer bei String 2 lassen scheinbar auf eine weniger stark ausgeprägte Digitalisierung im Bauwesen schließen.

Tabelle 6: Ergebnisse der Suchstrings

Suchmaschine	Treffer Suchstring 1	Treffer Suchstring 2	Treffer Suchstring 3	Treffer Suchstring 4
Google.de	588.000	525.000	4.260.000	8.150
Yahoo.com	133.000	105.000	93.300	18.300
Bing.com	133.000	106.000	89.500	18.300
AOL.de	133.000	106.000	89.400	18.300
ask.com	74.400	1.090.000	3.500.000	5.670

Bei der vorliegenden Marktanalyse handelt es sich um eine explorative Untersuchung, die bei einer abschließenden Untersuchung durch zusätzliche Suchstrings bzw. Kombinationen der Begriffe noch ausgeweitet werden muss. Für die Identifikation der zuvor beschriebenen Forschungslücke ist diese Untersuchung jedoch als ausreichend zu betrachten.

Durch die Marktanalyse konnten 45 Softwareprodukte identifiziert werden. Diesen 45 Produkten konnten 21 Eigenschaften und Funktionen zugeordnet werden. Tabelle 7 zeigt die gefundenen Softwaretools auf, über welche Suchstrings die Applikationen identifiziert worden sind.

Die Trefferanzahl und auch die identifizierten Software-Lösungen lassen erst einmal auf eine zunehmende Digitalisierung in der Bauwirtschaft schließen. Festzustellen ist, dass die vorhandenen Software-Lösungen vor allem auf die Dokumentation, Prüfung und Überwachung von Bau-, Planungs- und Projektmanagementleistungen ausgerichtet sind. Außerdem gibt es einige Anbieter mit webbasierten Lösungen, die im Einzelfall mit Künstlicher Intelligenz (KI) werben.

Eine Software-Applikation, die Managementprozesse darstellt, Hintergrundinformationen liefert, einen Rahmen und Leitfaden zur Projektabwicklung darstellt und die für die Abwicklung von Projekten nötige Transparenz generiert, ist aus der Marktanalyse nicht zu identifizieren. Die zunächst vermutete Forschungslücke ist dementsprechend vorhanden.

Tabelle 7: In Marktanalyse erfasste Softwaretools

Tool Nr.	Tool	Suchstring 1	Suchstring 2	Suchstring 3	Suchstring 4	1. Zusammenarbeit ohne Anmeldung möglich	2. Automatisierte Protokolle	3. Prozesstransparenz	4. automatisierter Workflow	5. flexible Nutzung [fN] / Applikation [A] / beides [b] / App + Offlinefunktion [Ao] / App + Cloudfunktion [Ac]	6. Footfunktion [f] / Diktierfunktion [d] / beides [b]	7. Stakeholderzugriff auf E-chzeitänderungen	8. automatisierter Projektbericht	9. Automatisiertes Lesen, Pflegen, Prüfen und Ablegen von rechtlichen Verpflichtungen	10. Kommunikation im Tool via Chats	11. Anwender-Community	12. Integration anderer Programme (Teams, Excel, ...)	13. Arbeitszeiterfassungsfunktion	14. Künstliche Intelligenz	15. webbasiert Anwendung	16. Lifecycle-Tracking	17. SAP-Add-in	18. Kapazitätenerfassung	19. Vorschläge zur Effizienzsteigerung	20. Domänenübergreifende Nutzung beworben	21. Automatisierung von Wiederholungsprozessen	Quelle [Zuletzt aufgerufen am 30.052024]:
1	n.core	x				x	x	x	x																	<a href="https://ncore-build.de/">https://ncore-build.de/</a>	
2	BIC process design	x						x	x				x														<a href="https://www.gbtec.com/">https://www.gbtec.com/</a>
3	ToolTime	x	x							A	f		x													<a href="https://get.tooltime.app/">https://get.tooltime.app/</a>	
4	PlanRadar	x	x					x			f															<a href="https://www.planradar.com/">https://www.planradar.com/</a>	
5	OpenProject	x	x						x	fN		x	x													<a href="https://www.openproject.org/">https://www.openproject.org</a>	
6	capmo	x		x				x	x		f															<a href="https://www.capmo.com/">https://www.capmo.com/</a>	
7	Probis	x	x					x	x					x												<a href="https://www.probis.io/">https://www.probis.io/</a>	
8	Beekeeper	x	x			x		x							x											<a href="https://www.beekeeper.io/">https://www.beekeeper.io/</a>	
9	remberg	x		x						fN																<a href="https://remberg.de/">https://remberg.de/</a>	
10	plancraft	x	x										x	x												<a href="https://software.plancraft.de/">https://software.plancraft.de/</a>	
11	baumaster	x	x					x	x			x		x												<a href="https://bau-master.com/">https://bau-master.com/</a>	
12	Planfred	x		x				x	x	x	b				x											<a href="https://www.planfred.com/">https://www.planfred.com/</a>	
13	procore	x	x							A						x										<a href="https://www.procore.com/">https://www.procore.com/</a>	
14	zazoon	x						x				x														<a href="https://zazoon.com/">https://zazoon.com/</a>	
15	Asana	x						x	x		fN				x											<a href="https://asana.com/">https://asana.com/</a>	
16	InLoox	x	x						x	A				x												<a href="https://www.inloox.de/">https://www.inloox.de/</a>	
17	Craftnote	x						x	x	A	f	x	x	x	x	x	x	x								<a href="https://v2.craftnote.de/">https://v2.craftnote.de/</a>	
18	Flexxter	x	x					x	x	b	b		x	x					x							<a href="https://bauzeitenplan.flexxter.de/">https://bauzeitenplan.flexxter.de/</a>	
19	Kevox	x				x		x	x	A	f	x						x								<a href="https://www.kevox.de/">https://www.kevox.de/</a>	
20	Q.Wiki		x	x				x	x				x		x					x						<a href="https://www.modell-sachen.de/">https://www.modell-sachen.de/</a>	
21	movesmart	x	x						x			x	x	x	x											<a href="https://discover.tyrolit.com/">https://discover.tyrolit.com/</a>	
22	DTAD	x							x	b			x						x							<a href="https://www.dtad.com/">https://www.dtad.com/</a>	
23	setago		x					x		A	b	x					x	x								<a href="https://www.setago.io/">https://www.setago.io/</a>	
24	Bluebeam	x	x			x	x	x	b				x	x												<a href="https://www.bluebeam.com/">https://www.bluebeam.com/</a>	
25	reporheld		x					x		Ao	f															<a href="https://www.reporheld.com/">https://www.reporheld.com/</a>	
26	Timly	x	x			x		x	x	A										x	x					<a href="https://timly.com/">https://timly.com/</a>	
27	Gbtec			x				x	x	x		x		x	x	x		x			x					<a href="https://www.gbtec.com/">https://www.gbtec.com/</a>	
28	kobold			x				x	x			x		x	x											<a href="https://www.kbold.de/">https://www.kbold.de/</a>	
29	EAM				x					x																<a href="https://www.ultimo.com/">https://www.ultimo.com/</a>	
30	HERO Software				x			x	x	A			x		x	x		x								<a href="https://hero-software.de/">https://hero-software.de/</a>	
31	NEVARIS				x			x	x			x		x	x	x		x	x							<a href="https://www.nevaris.com/">https://www.nevaris.com/</a>	
32	Open Project				x	x							x							x		x				<a href="https://www.openproject.org/">https://www.openproject.org/</a>	
33	viFlow				x	x		x	x				x		x											<a href="https://www.viflow.de/">https://www.viflow.de/</a>	
34	xBuild				x					b		x	x					x	x		x	x				<a href="https://www.myxbuild.com/">https://www.myxbuild.com/</a>	
35	Pro-Bau/S				x	x		x				x	x													<a href="https://www.probau-s.de/">https://www.probau-s.de/</a>	
36	bpanda				x			x	x																	<a href="https://bpanda.com/">https://bpanda.com/</a>	
37	pds	x			x	x			x	Ac		x		x		x										<a href="https://pds.de/">https://pds.de/</a>	
38	Flinker				x	x			x		f	x	x	x	x						x	x				<a href="https://www.flinker.app/">https://www.flinker.app/</a>	
39	windream	x			x	x	x					x	x	x							x					<a href="https://www.windream.com/">https://www.windream.com/</a>	
40	alio				x	x		x										x	x	x		x				<a href="https://www.alio.de/">https://www.alio.de/</a>	
41	consense							x					x													<a href="https://www.consense-gmbh.de/">https://www.consense-gmbh.de/</a>	
42	scodi 4p				x			x	x	x	fN			x							x					<a href="https://www.scodi.ch/">https://www.scodi.ch/</a>	
43	mettenmeier				x	x	x	x	b		b	x		x	x	x					x	x				<a href="https://www.mettenmeier.de/">https://www.mettenmeier.de/</a>	
44	servicenow				x			x	x	x	f		x	x		x					x					<a href="https://www.servicenow.com/">https://www.servicenow.com/</a>	
45	revizto				x			x				x									x	x					<a href="https://revizto.com/">https://revizto.com/</a>

Nachfolgend wird in Kapitel 4 auf die Entwicklung der Software eingegangen und die einzelnen Anforderungen und die angewandten Methoden aufgezeigt.

## 4 Softwareentwicklung

Basierend auf der vorangegangenen Marktuntersuchung werden in diesem Kapitel im ersten Schritt die spezifischen Anforderungen an die Software aufgezeigt. Darauf aufbauend erfolgt die Vorstellung der grundlegenden Funktionalitäten und der SCRUM-Methode, die genutzt wird, um die Software zu entwickeln. Abschließend wird ein Use-Case erläutert. Der Grundgedanke des Tools ist, dass Transparenz dadurch geschaffen wird, das allen Beteiligten durch das Tool Zugang zu übersichtlichen, klar strukturierten Managementprozessen eines Projektes gewährt wird. So wird eine einheitliche Ausgangsbasis für alle Beteiligten geschaffen.

## 4.1 Anforderungen an die Softwarelösung

In Workshops wurde mit dem angedachten Hauptnutzern (öffentliche Auftraggeber) des Tools, sowie weiteren potenziellen Nutzern (private Auftraggeber und Auftragnehmer) die spezifischen Anforderungen an das zu entwickelnde Produkt ausgearbeitet. Eingesetzte Methoden waren: Brainstorming, Diskussionen, Fragebögen und ABC-Analysen. Auf die genaue Vorgehensweise wird an dieser Stelle verzichtet.

Die Anforderungen wurden in vier Kategorien unterteilt:

- Grafische Oberfläche – Graphical User Interface (GUI)
  - Das Tool soll der Corporate Identity (CI) des Nutzers anpassbar sein.
  - Die Oberfläche soll selbsterklärend und benutzerfreundlich (hohe Usability) sein.
- Anwender
  - Das Tool muss die Funktion besitzen für Nutzer angepasste Versionen erstellen zu können (Anpassung von individuellen Nutzerbedürfnissen durch den Admin).
  - Die Universität der Bundeswehr wird als Admin der Software auftreten, öffentliche Auftraggeber und alle anderen Anwender sind als Nutzer klassifiziert.
- Plattform
  - Um den größtmöglichen Nutzerkreis bzw. die Richtlinien für den Datenschutz zu erreichen, muss die Software eine Windowsapplikation (Desktopapplikation) sein.
  - Die Software muss portable sein, da potenzielle Nutzer oft über keinen Admin-Zugang zu den von ihnen genutzten Geräten verfügen
- Datenbanken / Speichern
  - Das Tool darf über keine zentrale Datenbank verfügen.
  - Eingabedaten des Nutzers müssen lokal abgespeichert werden.
  - Der Nutzer darf lediglich alleine über die Informationen verfügen.
  - Module und Prozesse sind separat speicherbar und damit portabel für weitere Applikationen.

Diese Aufzählung der Anforderungen ist nicht abschließend, sondern stellt lediglich das wesentliche Konstrukt der Softwarelösung dar.

## 4.2 Funktionsweise des Tools

Die Software verfügt über zwei Nutzergruppen, Nutzer und Administratoren. Den Administratoren stehen alle Funktionen zur Verfügung. Sie können Module sowie Prozesse erstellen und darüber hinaus DigiCon-Versionen kreieren, die an die CI eines spezifischen Nutzers angepasst sind.

Die Software besteht aus zwei Hauptelementen zur Prozessdarstellung: Prozesse und Module (vgl. Kapitel 4.5).

Module, welche in einem Prozess integriert werden und in eine Prozessdatei resultieren, werden von den Admins erstellt und bearbeitet. Sie bilden verschiedene Schwerpunkte und Abgrenzungen zu bestimmten Themenfeldern ab. Die genaue Ausgestaltung dieser Module erfolgt im Moduldesigner. Hier kann immer nur ein Modul erstellt oder bearbeitet werden und nur Administratoren können neue Module erstellen oder bestehende Module umgestalten. Ein einfaches Beispiel für ein Modul kann z.B.

sein, dass in diesem Risiken identifiziert und in einer Liste dargestellt werden. Module können einzeln als Moduldatei abgespeichert und ggf. transferiert werden.

Module können im Prozessdesigner zu einem Prozess zusammengeführt werden. Eine Prozessdatei besteht aus einem oder mehreren Modulen und Gruppen. Gruppen sind ein oder mehrere Module auf einer tieferen Ebene. Durch die Anordnung von Gruppen und Modulen kann ein vielschichtiger und hierarchisch geordneter Prozess abgebildet werden. Ein Prozess kann z.B. sein, dass im ersten Modul die Risiken identifiziert werden und im zweiten Modul diese bewertet werden. Daraus ergibt sich ein Prozess aus zwei Modulen.

Dadurch können auf den Nutzer abgestimmte Prozesse zur Verfügung gestellt werden. Durch Eingabe oder Datei-Uploads in einzelne Module wird der Prozess zum Projektleitfaden bzw. Projektabbild und lokalen Dateispeicher des Nutzers.

### 4.3 Softwareentwicklung mittels SCRUM-Methode

SCRUM ist eine Methode des agilen Projektmanagements, die erfunden wurde, um Projekte flexibel und anpassungsfähig zu halten. Es definiert ein dynamisches Rahmenwerk zur Erstellung iterativer Produkte beziehungsweise Projekte [16]. Bei einem SCRUM Projekt werden komplizierte und flexible Aufgabenstellungen durch das SCRUM Team dynamisch und mit Fokus bearbeitet, um am Ende ein innovatives Produkt mit optimalem Mehrwert für den Kunden zu liefern [17]. Die Eigenschaften des Produkts stellt und verantwortet der Product Owner. Der SCRUM Master ist das Pendant des Product Owner auf der Seite des Development Teams [18]. Im Wesentlichen werden die Arbeitsmethoden und Resultate innerhalb des Prozesses transparent und bestmöglich optimiert. Abbildung 5 stellt den SCRUM Prozess dar und benennt die Beteiligten sowie die Prozessschritte.

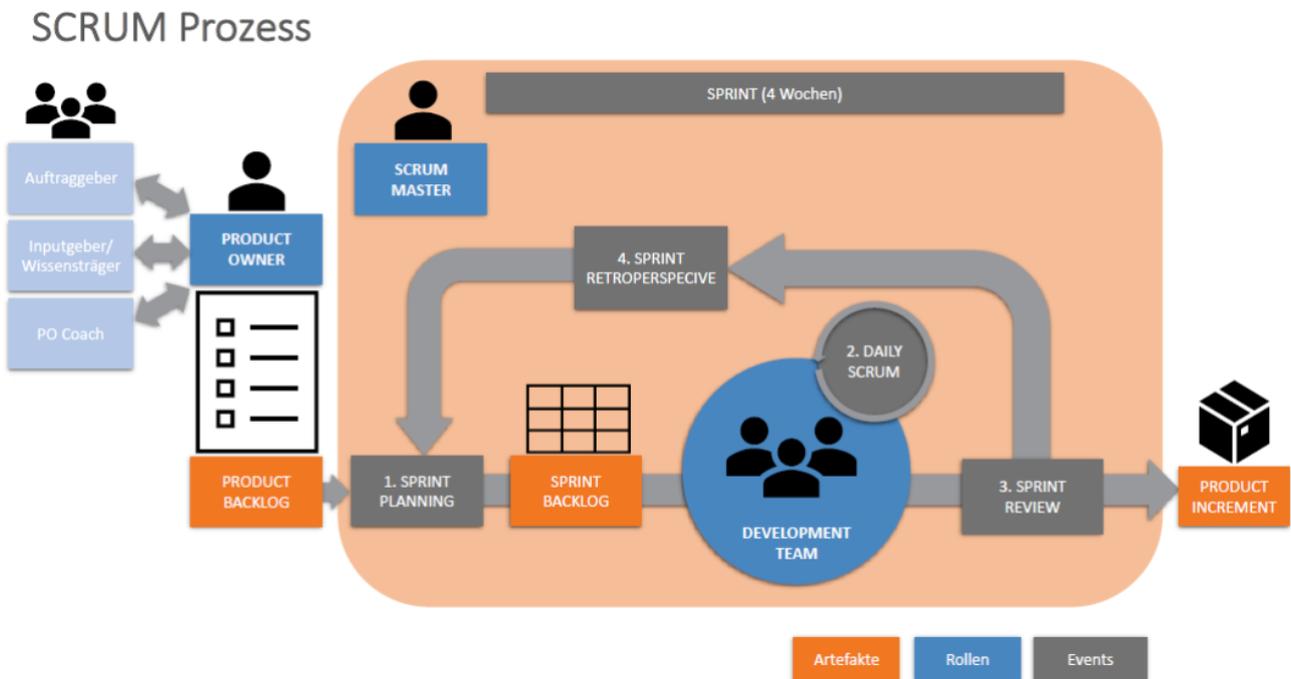


Abbildung 5: SCRUM Prozess – eigene Darstellung basierend auf [19]

In SCRUM werden Events in Form von regelmäßigen und klar strukturierten Meetings definiert, die befristet sind. Alle nicht definierten Abläufe werden in diesem Prozess strategisch ausgeschlossen. Ein Event gilt als abgeschlossen wenn das jeweilige Ziel erreicht ist (“Definition of Done”). Mit Hilfe der Events können die Arbeitsprozesse überprüft und die einzelnen Abläufe angepasst werden. Das SCRUM-Framework ist durch fünf Events gekennzeichnet. Dies sind der Sprint, das Sprint Planning, das Daily SCRUM, der Sprint Review und die Sprint Retrospektive. Ein Sprint ist ein bestimmter Zeitraum, in dem das SCRUM Team ein Produktinkrement erstellt. Dies kann beispielsweise ein großes Projekt, mehrere kleinere Projekte, eine Reihe von Berichten oder eine Version einer App sein. Jeder Sprint hat ein klar definiertes Ziel und dauert z.B. vier Wochen. In einem Sprint finden vier Events schrittweise statt. In den Events werden verschiedene Artefakte behandelt. Den am SCRUM-Prozess Beteiligten sind klare Rollen zugewiesen. Tabelle 8: SCRUM Beschreibung der Events, Artefakte und Rollen beschreibt die Events, Artefakte und Rollen.

Tabelle 8: SCRUM Beschreibung der Events, Artefakte und Rollen in eigener Darstellung nach [16–21]

<b>SCRUM Prozess</b>	<b>Sprint Planning</b>
	Die Sprint-Planung wird auch als Sprint Planning Workshop bezeichnet und beschreibt ein Meeting, in dem die während eines Sprints zu erledigende Arbeit festgelegt wird. Während dieses Meetings definiert das gesamte Team klar die Ergebnisse für den Sprint und weist die notwendigen Arbeiten zur Erreichung des Sprintziels zu. Dazu ist eine klare Priorisierung der einzelnen Elemente im Backlog essenziell. Die Priorisierung von Epics und User Stories wird durch den Product Owner vorgenommen. Hierbei werden alle wichtigen Informationen im sogenannten Product Backlog festgehalten. Im Sprint Planning Workshop sind alle Scrum Rollen anwesend und planen den Ablauf des ersten Scrum Sprint. Nach dem Sprint Planning Workshop geht das Entwicklerteam in die Umsetzung und arbeitet an allen Items, die im Sprint Planning in vom Product Backlog in den Sprint Backlog geschoben wurden. Im Planning Workshop wird eine erste Aufwandseinschätzung für die erste Arbeitsphase mit Hilfe von Planning Poker durchgeführt. Dabei schätzt das Team mit einem Punktesystem den voraussichtlichen Aufwand des kommenden Sprints ein. Jede User Story bzw. Anforderung wird geschätzt und mit entsprechenden Komplexitätspunkten bewertet. Dieser Wert wird dann in den Sprint Backlog übertragen. Im Nachgang wird gemessen, wie viel Zeit für die Umsetzung eines Punkts benötigt wurde. Im Laufe der Zeit bekommt man eine Vorstellung davon, wie viele Einheiten pro Scrum Sprint machbar sind (diese Metrik wird "Velocity" des Teams genannt). Auf der Basis dieser Erfahrungswerte wird der nächste Sprint geplant.
	<b>Daily SCRUM</b>
	Der Daily Scrum wird manchmal auch als Stand-Up oder Daily bezeichnet und beschreibt ein 15-minütiges Meeting, welches täglich stattfindet. Hierbei hat das Team die Möglichkeit, sich auszutauschen und das, was bis zum nächsten Weekly umgesetzt werden soll, zu definieren, als auch Ziel-Blocker zu identifizieren. Die Arbeit des Vortages wird analysiert, während Aktualisierungen für die an diesem Tag stattfindende Arbeit festgelegt werden. Der Scrum Master sollte bei diesen täglichen Treffen idealerweise dabei sein. Teilweise ist auch der Product Owner bei den Daily Scrums anwesend – allerdings ist dieser nicht aktiv am Meeting beteiligt. Er hört nur zu und entscheidet, ob irgendwelche Nachbesserungen im Backlog vorgenommen werden müssen. Das Ziel des Daily Scrum ist es, Klarheit über den aktuellen Fortschritt zu bekommen und zu sehen, ob jemand eventuell Hilfe braucht oder ob es gegebenenfalls irgendwelche Stolpersteine im Prozess gibt. Es dient der Feinjustierung und stellt die Frage ins Zentrum, wie die Zusammenarbeit sinnvoller gestaltet werden kann.
	<b>Sprint Review</b>
Der Sprint Review findet nach dem Ende eines Sprints statt. Während der Überprüfung der Ergebnisse erklärt der Product Owner, welche geplanten Arbeiten während des Sprints entweder durchgeführt wurden oder nicht. Das Team präsentiert die abgeschlossenen Arbeiten und tauscht sich darüber aus, was gut gelaufen ist und wie Probleme gelöst wurden. Es kann auch sein, dass die Stakeholder beim Sprint Review dabei sind. Der Product Owner gibt Feedback und entscheidet, ob die Aufgabe als erfolgreich abgeschlossen gilt (Definition of „Done“). Die Ergebnisse des Sprint Review werden im Backlog festgehalten.	
<b>Sprint Retrospective</b>	
Die Sprint Retrospective findet nach einem Sprint statt und bietet dem Team die Möglichkeit, die Arbeitsprozesse während des vorherigen Sprints zu reflektieren und bei Bedarf Optimierungen für zukünftige Sprints vorzunehmen. Der gesamte Prozess wird hierbei evaluiert. Moderiert wird dieses Meeting vom Scrum Master.	
<b>SCRUM Artefakte</b>	<b>Product Backlog</b>
	Der Product Backlog ist eine vollständige, geordnete Liste aller Produktanforderungen und dient als einzigartige Referenz für alle notwendigen Produktänderungen. Er beschreibt die Vision des fertigen Produktes oder Services. Der Product Owner überwacht den Product Backlog, einschließlich der Art und Weise, wie er dem Team zur Verfügung gestellt wird und gibt die Priorisierung der einzelnen Backlog-Items vor. Der Product Owner und der Rest des Teams arbeiten zusammen, um den Product Backlog zu überprüfen und bei Bedarf Anpassungen bzgl. Inhalt und Prioritäten vorzunehmen, wenn sich die Produktanforderungen ändern und weiterentwickeln. Der Product Backlog ist für DigiCon in Azure DevOps geführt und dient als wichtigste Informationsquelle während des Scrum Prozesses. Der Product Backlog ist der langfristige Plan, in dem alle Ziele, Anforderungen und User Stories festgehalten werden. In ihm ist auch der Sprint Backlog und das Produktinkrement enthalten.
	<b>Sprint Backlog</b>
	Der Sprint Backlog ist eine Liste aller Elemente aus dem Product Backlog, die während eines Sprints bearbeitet werden sollen. Er wird zusammengestellt, indem Elemente aus dem Product Backlog so lange priorisiert werden, bis das Team auf der Basis der Story Punkte pro Anforderung im Backlog sieht, dass es seine Kapazität für die nächste Sprintphase erreicht hat. Gemäß dem selbstorganisierenden Scrum Framework, basierend auf den Fähigkeiten und Prioritäten, werden die einzelnen Aufgaben im Sprint Backlog festgehalten. Der Product Owner gibt die Prioritäten vor und der Sprint Backlog wird im Sprint Planning Meeting für den nächsten Sprint gebildet.
<b>Product Increment</b>	
Das Product Increment ist die Summe der während eines Sprints geleisteten Produktarbeit, kombiniert mit allen in früheren Sprints geleisteten Arbeiten. Das Ziel eines Sprints ist es, ein "Shippable Product Increment" zu produzieren, wobei es dem Scrum-Team obliegt, sich darüber zu einigen, was den „Done“-Status eines Sprints definiert. Hierbei müssen sich alle Teammitglieder auf eine Definition einigen und sie nachvollziehen können (die "Definition of Done" einzelner Anforderungen / User Stories im Backlog müssen erfüllt sein). Bei der Definition of Done handelt es sich um ein gemeinsames Verständnis des Scrum Teams darüber, wann eine Arbeit als fertig bezeichnet wird. Sie enthält z.B. so etwas wie Qualitätskriterien. Das Product Increment, als der aktuelle Stand, dient gleichermaßen der Motivation, sowie der Überprüfung des Ergebnisses.	
<b>SCRUM Rollen</b>	<b>Product Owner</b>
	Der Product Owner ist eine wesentliche Schlüsselrolle im Scrum Prozess. Er oder sie trägt die Verantwortung dafür, die richtigen Anforderungen an das Produkt zu stellen und sorgt dafür, dass die Anforderungen der Stakeholder optimal erfüllt werden. Diese Rolle ist für die Kommunikation zwischen den einzelnen Parteien verantwortlich, also mit Interessenten, Anwendern, Kunden, dem Management und dem Development Team. Der Product Owner ist immer eine einzelne Person und kein Komitee. Obwohl die Rolle bei Entscheidungen auf die Empfehlungen der anderen Teammitglieder zurückgreifen kann, fällt der Product Owner die endgültigen Entscheidungen selbst.
	<b>Development Team</b>
Das Development Team besteht aus einer Gruppe von Experten, die selbstorganisiert und durch die Scrum Methode geführt zusammenarbeiten, um die gewünschten Produkte zu liefern beziehungsweise Anforderungen zu erfüllen. Development Teams sind von der Organisation so strukturiert und befähigt, dass sie ihre eigene Arbeit selbst organisieren und managen. Die daraus resultierende Synergie optimiert die Gesamteffizienz und -Effektivität des Development Teams. Product Owner und Scrum Master zählen nicht zu dieser Zahl dazu, sofern sie nicht ebenso die Arbeit aus dem Sprint Backlog erledigen.	
<b>SCRUM Master</b>	
Der Scrum Master ist der Moderator des Teams und dafür verantwortlich, dass alle Teammitglieder den Theorien, Regeln und Praktiken von Scrum folgen. Diese Rolle sorgt dafür, dass das Scrum Team alles hat, was es braucht, um seine Arbeit abzuschließen. Der Scrum Master kümmert sich darum, dass die Prozesse einwandfrei ablaufen und arbeitet daran, alle Hindernisse aus dem Weg zu räumen, die den Scrum Prozess behindern oder die Produktentwicklung gefährden könnten. Er sorgt dafür, dass alle Teammitglieder die Scrum Rollen leben und die Scrum Prozesse eingehalten werden. Der Scrum Master sorgt dafür, dass alle Meetings und Termine stattfinden und findet heraus, welche Probleme es gibt und was verbessert werden kann. Das Scrum-Framework wird durch drei Kernrollen definiert: das Development Team, den Scrum Master und den Product Owner.	

#### 4.4 Programmiersprache und Framework

Um einem breiten Nutzerspektrum den Zugang zur Software zu ermöglichen, und auch unabhängig vom Forschungsprojekt eine Weiterentwicklung der Software in Betracht ziehen können, muss das passende Framework für die Entwicklung gewählt werden. Es ergibt sich aus den zuvor (vgl. Kapitel 4.1) festgelegten Anforderungen.

Das .NET-Framework ist eine Weiterentwicklung der Win32-API, die Zugang zu allen Funktionen des WINDOWS-Betriebssystems bietet. .NET-Anwendungen greifen auf die Klassenbibliotheken des .NET-Framework zu (Dateiverwaltung, Grafikausgabe, Datenverarbeitung, usw.). Außerdem können alle gängigen Programmiersprachen von Microsoft (C#, Visual Basic, C++ und F#) auf das .NET-Framework zugreifen [22] (vgl. Abbildung 6). Um einen sprachunabhängigen Code zu erzeugen, wird die Common Language Specification (CLS) verwendet. In diesem Code sind verschiedene Sprachen gleichberechtigt und liefern das gleiche Ergebnis. Als offener Standard ermöglicht die CLS die Portierung anderer Sprachen auf .NET [23] (ebenfalls in Abbildung 6 dargestellt). Außerdem laufen .NET-Anwendungen unabhängig auf Windows-Systemen [24], das einen großen Mehrwert für die Benutzerfreundlichkeit mit sich bringt [25].

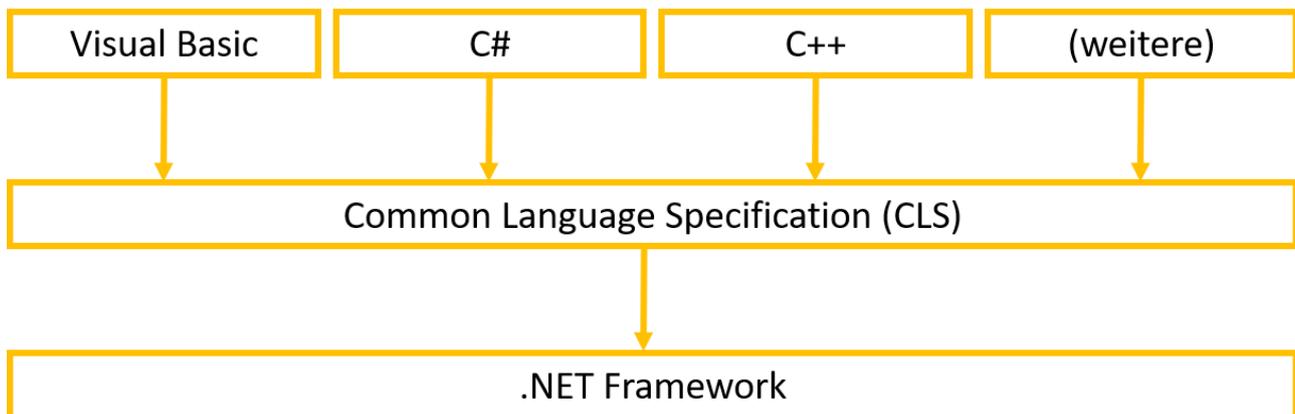


Abbildung 6: Unabhängige Programmiersprachen [22]

#### 4.5 Status Quo der Software-Entwicklung

In Anlehnung an das Forschungsprojekt DigiPeC wurde der Name DigiCon für die Softwareapplikation gewählt.

Wie in traditionellen Windows-Applikationen üblich, besitzt das Tool einen zentralen Startbildschirm, von dem aus auf alle Funktionen, abgespeicherten Daten und Optionen zugegriffen werden kann (vgl. Abbildung 7). Über das Logo-Icon oben links lässt sich immer sofort zum Startbildschirm zurückkehren. Darüber hinaus ist ein Menü Band angelegt. Für die Sprachausgabe lässt sich aktuell Englisch und Deutsch auswählen. Weiter Sprachen können nach Bedarf ergänzt werden. Abbildung 8 stellt die Profilerstellung dar. Einem Nutzerprofil kann die Administratoren-Funktion zugewiesen werden, die den Zugang zum Modul- und Prozessdesigner ermöglicht. Die Implementierung der CI-Anpassung ist noch offen. Profil- bzw. Nutzereinstellungen können bereits exportiert bzw. importiert werden. So wird die Kontinuität und Gleichartigkeit von Nutzerversionen sichergestellt.



Abbildung 7: DigiCon Screenshot: Startbildschirm

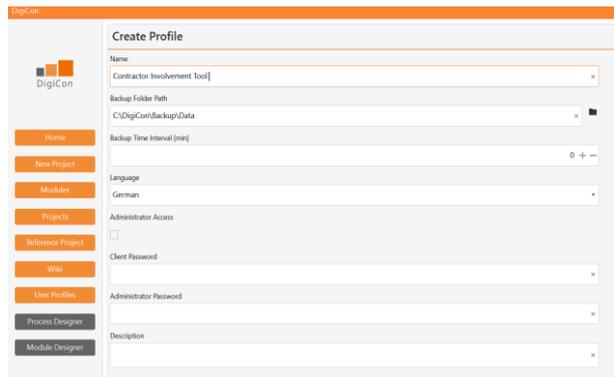


Abbildung 8: DigiCon Screenshot: Profilerstellung

Der Moduldesigner (vgl. Abbildung 9) gibt ein Raster vor, in welches Schaltflächen und Widgets, sogenannte Bausteine, via „Drag and Drop“ implementiert werden können (vgl. Kapitel 4.2). Ebenfalls via „Drag and Drop“ können bestehende Bausteine anderer Module eingefügt werden. Über die Eigenschaften lassen sich die Bausteine modifizieren. Das zu Grunde liegende Raster gibt die Größe des Moduls vor und ist beliebig veränderbar. Auch die Funktion, dem Modul Metadaten wie Stichworte, ein eigenes Icon oder eine kurze Beschreibung hinzuzufügen, ist über das „i“-Icon oben in der Mitte gegeben.

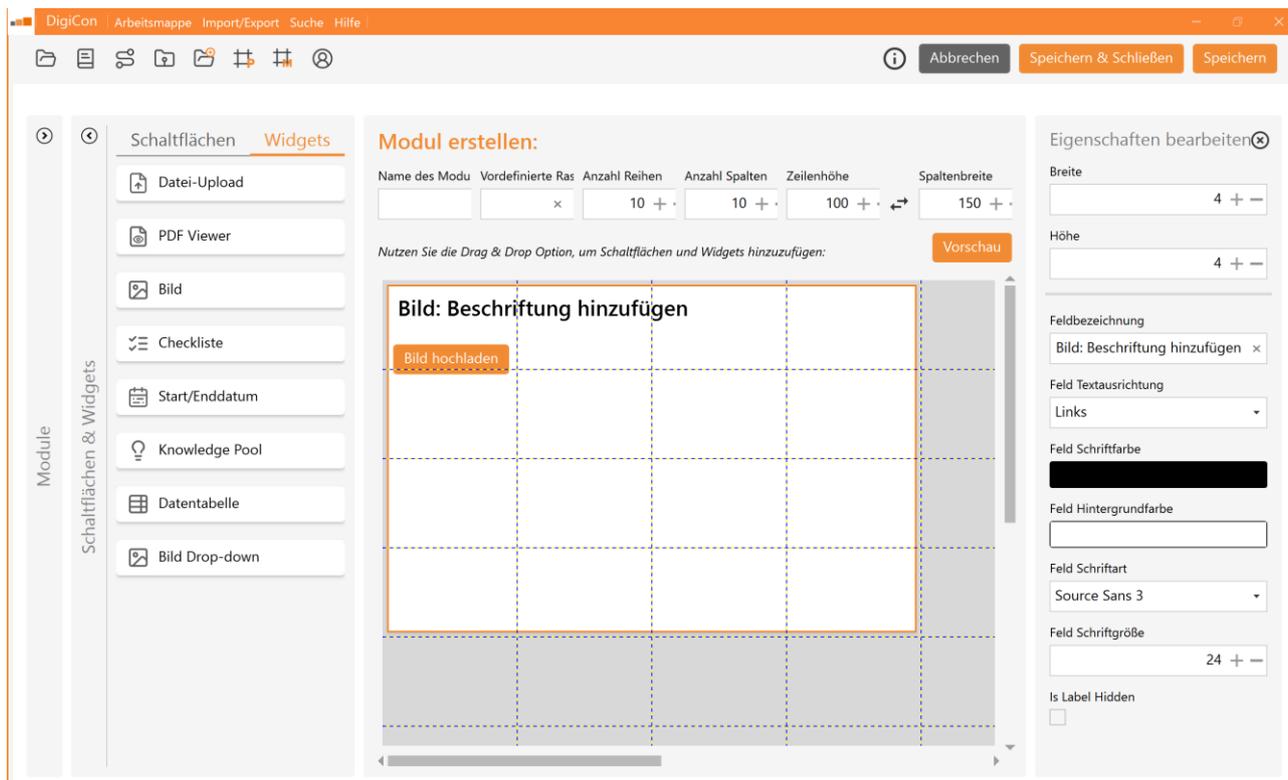


Abbildung 9: DigiCon Screenshot: Modulerstellung / Moduldesigner

## 5 Use Case: Early Contractor Involvement

Als Use Case (Fallbeispiel) und zum Test der Funktionsfähigkeit des Tools wurde das Early Contractor Involvements (ECI) gewählt. ECI beschreibt die Einbeziehung von Auftragnehmer-Knowhow in die frühen Planungsphasen eines Projektes [26]. Der ECI-Prozess ist für jedes Projekt individuell zu gestalten [27]. Für jede Variante des ECI kann ein Prozess erstellt werden. Ein Teil der Prozessübersicht aller ECI-Prozesse aus der Administratoransicht heraus ist in Abbildung 10 abgebildet. Nutzern stehen nur die für sie relevanten Prozesse zur Verfügung. Hinter jedem Prozess stehen mehrere Module. Jedes Modul beschreibt einen Prozessschritt. Die einzelnen Schritte enthalten Erklärungen, Checklisten, weiterführende Informationen, Verlinkungen, sowie Zeitschienen und können gleichzeitig Daten und Informationen der Nutzer abspeichern. Da für jedes Projekt der jeweils passende Prozess erstellt wird, wird jeder Prozess zum projektspezifischen Prozesszwilling bzw. Projektabbild [28].



The screenshot shows the 'Processes' section of the DigiCon application. It features a sidebar with navigation options like Home, New Project, Modules, Projects, Reference Project, Wiki, User Profiles, Process Designer, and Module Designer. The main area displays a table of processes with columns for Name and Number. Each row includes icons for edit, search, and delete.

Name	Number
ECI - Level 1	1
ECI - Level 3	2
ECI - Level 3	3
ECI - Level 4	4
ECI General Process	5
Variation 1 - Alliance competitive	6
Variation 2 - Alliance pure	7
Variation 3 - Allowing variant solutions...	8
Variation 4 - Announcing with alternative tech.	9
Variation 5 - "Bauteam"	10
Variation 6 - Construction Management	11
Variant 7 - CMR	12
Variation 8 - Competitive dialog (CD) procedure	13
Variation 9 - Consultation	14

Abbildung 10: DigiCon Screenshot: Varianten des ECI

## 6 Zusammenfassung und Ausblick

Aufbauend auf dem in der Bauwirtschaft vorherrschenden Verständnis von Digitalisierung, wurde eine Hypothese der mangelhaften transparenten Prozessdarstellung für innovative Abwicklungsmodelle von Projekten vermutet. Durch eine Marktanalyse konnte diese Lücke bestätigt werden. Eine portable, lokal abspeichernde Software die Prozesse transparent darstellt und deren Ausführung anleitet und unterstützt konnte durch die Marktanalyse nicht aufgefunden werden. Dadurch konnte die erste Forschungsfrage hinsichtlich der verfügbaren Eigenschaften und Funktionen von Software-Lösungen beantwortet werden.

Eine Neuentwicklung ist daher notwendig. In Workshops mit öffentlichen Auftraggebern wurden Anforderungen formuliert, die im Rahmen einer Entwicklung, welche auf die SCRUM-Methode zurückgreift, umgesetzt werden. Der aktuelle Entwicklungsstand wurde präsentiert, zusätzlich dazu der Nutzen und Einsatz der Software durch einen Use Case aufgezeigt.

Module bzw. Prozessbestandteile können bereits entworfen und abgebildet werden. Vor einem Praxistest muss jedoch die Entwicklung des Tools abgeschlossen werden. Ist die Entwicklung abgeschlossen, beginnt die Testphase. In dieser werden weitere Prozesse zuerst generisch abgebildet

und dann projektspezifisch angepasst. Die Validierung mit der Praxis erfolgt im Anschluss bzw. ggf. parallel zur Testphase. Damit ist zweite Forschungsfrage teilweise beantwortet und wird mit dem Abschluss des Forschungsprojektes vollständig beantwortet werden können.

Ziel der Software ist es Managementprozesse transparent abzubilden und allen Projektbeteiligten in gleichem Maße zugänglich zu machen. Inwieweit das Tool diesen Anforderungen gerecht wird, wird durch den praktischen Einsatz validiert werden.

## 7 Acknowledgement

Die Autoren des Forschungsprojektes DigiPeC bedanken sich für Förderung bei dtec.bw – Zentrum für Digitalisierung und Technologieforschung der Bundeswehr. Dtec.bw wird von der Europäischen Union – NextGeneration finanziert.

## 8 Literaturverzeichnis

- [1] Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur, Hg., "Leitfaden Großprojekte," Berlin, 2018. Zugriff am: 24. August 2023. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.bundesregierung.de/breg-de/service/publikationen/leitfaden-grossprojekte-855468>
- [2] S. G. Faber, "Partnerschaftliche Zusammenarbeit zwischen Auftraggeber und Auftragnehmer," in *Projektmanagement von Verkehrsinfrastrukturprojekten*, K. Spang, Hg., Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2016, S. 749–793.
- [3] K. Spang, "Ein Partnering Konzept für Infrastrukturprojekte in Deutschland," in *Werden unsere Bauprojekte von Kampf oder Kooperation dominiert?: Beiträge aus Theorie und Praxis ; ICC-2011 ; [Tagungsband International Consulting and Construction]* (Series Bauwirtschaft und Projektmanagement 20), W. Purrer, Hg., 1. Aufl. Innsbruck: innsbruck univ. press, 2011, S. 57–69.
- [4] S. Faber, *Entwicklung eines Partnering-Modells für Infrastrukturprojekte: Ein Beitrag zur Optimierung der Abwicklung von Bauprojekten im öffentlich finanzierten Infrastruktursektor in Deutschland* (Zugl.: Kassel, Univ., Diss., 2013) (Schriftenreihe Projektmanagement 17). Kassel: Kassel Univ. Press, 2014.
- [5] O. Nister, *Die baubetrieblichen und bauökonomischen Aspekte des Vertragswesens der Projektentwicklung aus der Sicht „Unvollständiger Verträge“* (Zugl.: Dortmund, Univ., Diss., 2005). Dortmund, 2005.
- [6] S. C. Becker und P. Sander, "Development of a Project Objective and Requirement System (PORS) for major infrastructure projects to align the interests of all the stakeholders," in *Expanding Underground - Knowledge and Passion to Make a Positive Impact on the World*, G. Anagnostou, A. Benardos und V. P. Marinos, Hg., London: CRC PRESS, 2023, S. 3369–3376.

- [7] L. T. Lenz und S. C. Becker, "Digitale Geschäftsprozesse und neue Geschäftsmodelle im Baubetrieb," in *Agile Digitalisierung im Baubetrieb*, C. Hofstadler und C. Motzko, Hg., Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden, 2023, S. 531–557.
- [8] C. P. Schimanski, M. Sandau, T. Zinke und R. Schumann, "Digitale Zwillinge und Datenvernetzung als Grundlage für KI-Anwendungen im Bauwesen," in *Künstliche Intelligenz im Bauwesen*, S. Haghsheno, G. Satzger, S. Lauble und M. Vössing, Hg., Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden, 2024, S. 41–61.
- [9] C. Hofstadler und C. Motzko, *Agile Digitalisierung im Baubetrieb*. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden, 2021.
- [10] C. P. Friedinger, S. C. Becker und P. Sander, "Untersuchung der Projektabwicklungsmodelle am Gemeinschaftskraftwerk Inn für die Bauzeit," *Geomechanics and Tunnelling*, Jg. 17, Nr. 3, 2024, doi: 10.1002/geot.202400008.
- [11] S. C. Becker und H. Roman-Müller, *Integrierte Projektabwicklung (IPA): Schnelleinstieg für Bauherren, Architekten und Ingenieure (essentials)*. Wiesbaden: Springer Vieweg, 2022.
- [12] P. Sander, S. C. Becker, C. P. Friedinger, S. Riemann, M. Ditandy und M. Spiegl, "Risikomanagement bei Großprojekten im Tunnelbau: Teil 3: Gestaltung von Anreizmechanismen für die Integrierte Projektabwicklung," *tunnel*, Jg. 2022, Nr. 04, S. 12–23, 2022. [Online]. Verfügbar unter: [https://www.tunnel-online.info/de/artikel/tunnel\\_Gestaltung\\_von\\_Anreizmechanismen\\_fuer\\_die\\_Integrierte\\_Projektabwicklung\\_3816274.html](https://www.tunnel-online.info/de/artikel/tunnel_Gestaltung_von_Anreizmechanismen_fuer_die_Integrierte_Projektabwicklung_3816274.html)
- [13] PWC. "https://www.pwc.de/de/digitale-transformation/digitalisierung-der-deutschen-bauindustrie-2019.pdf." Zugriff am: 30. Mai 2024. [Online.] Verfügbar: <https://www.pwc.de/de/digitale-transformation/digitalisierung-der-deutschen-bauindustrie-2019.pdf>
- [14] H. Arnolds, F. Heege, C. Röh und W. Tussing, "Beschaffungsmarktforschung," in *Materialwirtschaft und Einkauf: Grundlagen - Spezialthemen - Übungen* (Lehrbuch), H. Arnolds, F. Heege, C. Röh und W. Tussing, Hg., 14. Aufl. Wiesbaden, Heidelberg: Springer Gabler, 2022, S. 47–81.
- [15] H. Beckmann, "Beschaffungsmarktforschung," in *Grundkurs Beschaffungsmanagement* (Lehrbuch), H. Beckmann, Hg., Wiesbaden, Heidelberg: Springer Vieweg, 2023, S. 151–172.
- [16] K. Schwaber und J. Sutherland, *Software in 30 Tagen: Wie Manager mit Scrum Wettbewerbsvorteile für ihr Unternehmen schaffen*, 1. Aufl. Heidelberg: dpunkt.verlag, 2014. [Online]. Verfügbar unter: <http://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:bsz:31-epflicht-1302372>
- [17] R. Pichler, *Scrum: Agiles Projektmanagement erfolgreich einsetzen*, 1. Aufl. Heidelberg: dpunkt.verlag, 2013. [Online]. Verfügbar unter: <https://ebookcentral.proquest.com/lib/kxp/detail.action?docID=7240491>
- [18] K. Schwaber und J. Sutherland. "The Scrum Guide: Der gültige Leitfaden für Scrum: Die Spielregeln." Zugriff am: 28. Mai 2024. [Online.] Verfügbar: <https://scrumguides.org/docs/scrumguide/v2017/2017-Scrum-Guide-German.pdf>
- [19] M. Ellmann, "Effektive Kommunikation in Scrum und der agilen Softwareentwicklung," *Informatik Spektrum*, Jg. 45, Nr. 3, S. 171–182, 2022, doi: 10.1007/s00287-022-01458-z.

- 
- [20] E. A. Nyamsi, *Projektmanagement mit Scrum*. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden, 2019.
- [21] ScrumAlliance. "Scrum: a description." Zugriff am: 28. Mai 2024. [Online.] Verfügbar: <https://web.archive.org/web/20140612011253/http://agileatlas.org/images/uploads/corescrum.pdf>
- [22] M. Kofler, *Visual Basic 2008*, 1. Aufl. (Programmer's choice). München: Addison-Wesley, 2008.
- [23] M. Kofler und R. Nebelo, *Excel 2007 programmieren: Anwendungen entwickeln und Abläufe automatisieren mit VBA ; [sofort einsetzbares Add-in zur Nachbildung der klassischen Menüleiste*, 7. Aufl. (Programmer's choice). München: Addison Wesley in Pearson Education Deutschland, 2008.
- [24] P. Sander, *Probabilistische Risiko-Analyse für Bauprojekte: Entwicklung eines branchenorientierten softwaregestützten Risiko-Analyse-Systems* (Zugl.: Innsbruck, Univ., Diss., 2012), 1. Aufl. Innsbruck: innsbruck univ. press, 2012.
- [25] C. P. Friedinger und P. Sander, "Development of an early contractor involvement selection tool for public owners," in *TUNNELLING FOR A BETTER LIFE: Proceedings of the ITA-AITES World Tunnel Congress 2024 (WTC 2024)*, Shenzhen, China, 2024, S. 3600–3607, doi: 10.1201/9781003495505-477.
- [26] S. C. Becker und C. P. Friedinger, "Analyse potenzieller Vergütungsmodelle und Anreizsysteme für die Integrierte Projektabwicklung (IPA)," 2023, doi: 10.17185/duublico/79139.
- [27] C. P. Friedinger und S. C. Becker, "Early Contractor Involvement für öffentliche Auftraggeber – Chancen für eine effizientere Projektabwicklung," 2023, doi: 10.17185/duublico/79115.
- [28] P. Sander, S. C. Becker, C. P. Friedinger und M. Spiegl, "Integral Consideration of Cost, Schedule, and Risks," *tunnel*, Nr. 2, S. 24–29, 2024.

# Adaptionen der Integrierten Projektabwicklung (IPA) für kleine und mittlere Projekte

*Simon Christian Becker<sup>1</sup> und Carl Philipp Friedinger<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> *Institut für Projektmanagement und Bauwirtschaft, Universität der Bundeswehr München, s.christian.becker@unibw.de, carl.friedinger@unibw.de*

## **Kurzfassung**

Die Integrierte Projektabwicklung (IPA) findet in der deutschen Bauwirtschaft immer mehr Anwendung bei großen respektive komplexen Projekten. Da die Herausforderungen bei mittleren und kleineren Projekten dennoch oft vergleichbar mit denen von Großprojekten sind, scheitern auch diese Projekte häufig aufgrund von Konflikten oder einem aggressiven Nachtragsmanagement. Um diese Herausforderungen auch bei kleineren und mittleren Projekten zu reduzieren, werden mittels eines deduktiven Ansatzes und den Grundzügen der als in Deutschland verstandenen IPA weitere Adaptionen entwickelt, welche für den Markt bzw. die Größe des Projektes geeignet sind. Dabei werden zunächst die Charakteristika der IPA aufgezeigt, danach die Projektkategorien (klein, mittel und groß) gebildet, die Bauprojektarten identifiziert (Infrastrukturbau und Hochbau) und schließlich eine Korrelationsprüfung zwischen den einzelnen Charakteristika durchgeführt. Diese Prüfung erfolgt einmal einerseits unter der Betrachtung der vertraglichen Struktur und andererseits aus dem Blickwinkel der partnerschaftlichen Zusammenarbeit. Dadurch kann ein erster Ansatz abgeleitet werden, wie die IPA weiterentwickelt werden kann, um kleine und mittlere Projekte im partnerschaftlichen Sinne zu realisieren. Es werden drei Adaptionen gebildet: IPA- Light, Infra. und Hoch.

*Schlagerwörter: Allianzen, Integrierte Projektabwicklung, IPA, Partnerschaftliche Projektabwicklung, Projektabwicklungsform*

# 1 Grundzüge der Partnerschaftlichen Projektabwicklung

Die Reformkommission stellt in ihrem Endbericht fest, dass Großprojekte häufig von Misstrauen und Streit geprägt sind. Es findet keine wirkliche Kooperation und kein partnerschaftlicher Umgang zwischen den Beteiligten statt [1]. Daher wird darauf plädiert, dass alle Projektbeteiligten sich auf eine Leistungsebene zu Projektbeginn und zu einer partnerschaftlichen Projektabwicklung verständigen bzw. verpflichten (z.B. mittels einer Projekt-Charta). Es soll eine Kooperationskultur entwickelt und auf Augenhöhe miteinander gearbeitet werden [1]. Als weitere Elemente der partnerschaftlichen Projektabwicklung gibt es auch noch: eine gemeinschaftliche Bausolldefinition und Zielkostenplanung, Kompetenz- statt Preiswettbewerb, Gleichrichtung der Projektziel, gemeinschaftliches Kosten- und Risikomanagement und eine erfolgsabhängige Vergütung [2]. Dabei sollen Anreizmechanismen eingesetzt werden, die auf eine effektive, partnerschaftliche Zusammenarbeit setzen. Außerdem soll eine Bonus-Malus-Regelung eingeführt werden, die zur Zielangleichung dient [1]. Es ist anzumerken, dass es keine einheitliche Definition für die partnerschaftliche Projektabwicklung gibt.

Ein Parameter, der wichtig ist für die partnerschaftliche Zusammenarbeit, wird durch das Risikoprofil eines Projektes abgebildet. Bei einer ungleichmäßigen Risikoverteilung lässt sich eine partnerschaftliche Zusammenarbeit nur schwer umsetzen. Dies liegt häufig bei traditionellen Vertragsmodellen vor. Dabei werden die Auftragnehmer häufig mittels Pauschalen dazu verpflichtet, das komplette Risiko zu übernehmen. Durch diese Risikoverlagerung kommt es vermehrt zu Konflikten und Nachtragsforderungen. Ein Mittel für eine partnerschaftliche Zusammenarbeit ist also eine ausgeglichene Risikoverteilung. Abbildung 1 stellt eine Verteilungskurve z.B. für die Risikokosten in einem Projekt dar.

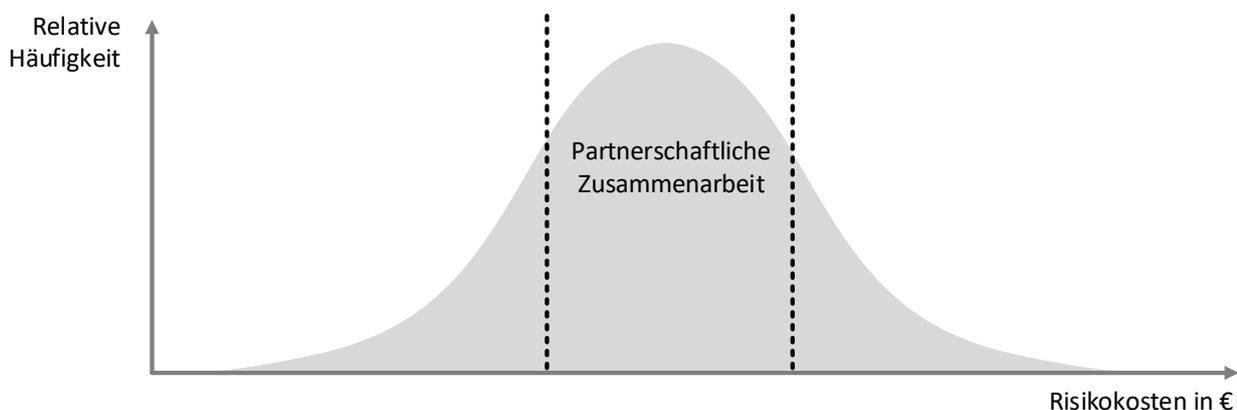


Abbildung 11: Verteilungsfunktion der partnerschaftlichen Zusammenarbeit bezogen auf die Risikoverteilung [Eigene Darstellung]

Dabei findet eine partnerschaftliche Zusammenarbeit in der Mitte der Verteilung (mit einer entsprechenden Bandbreite) bzw. bei einer ausgeglichen Risikoverteilung zwischen Auftraggeber (AG) und Auftragnehmer (AN) statt. Eine ausgeglichene Risikoverteilung kann z.B. mit einem Selbstkostenerstattungsvertrag erbracht werden [3]. Bei diesem Vergütungsmodell liegt im Verhältnis zu traditionellen Vertragsmodellen eine gleichmäßige Risikoverteilung vor. Um Großprojekte in Deutschland zukünftig erfolgreicher abzuwickeln, wird in Deutschland seit ca. 2018 die Integrierte

Projektentwicklung (IPA) eingesetzt, um eine partnerschaftliche Zusammenarbeit zu fördern. Die Anforderung an eine partnerschaftliche Zusammenarbeit existiert jedoch nicht nur für Großprojekte, sondern auch für mittlere und kleinere Projekte. Im Weiteren sollen zunächst die Grundzüge der IPA vorgestellt sowie eine Abgrenzung zwischen Groß-, Mittleren-, und Kleinprojekten vorgenommen werden. Danach wird eine weitere Differenzierung zwischen Infrastrukturbau und Hochbau vollzogen. Dies ist deswegen notwendig, da sich die Bauprojekte von ihrer Art her unterscheiden und auch der Markt in der Bauwirtschaft divergent ist. Anschließend werden die Charakteristika der IPA auf eine mögliche Korrelation (vertraglich und unter der partnerschaftlichen Arbeit) geprüft und im Weiteren für mittlere und kleine Projekte entsprechende IPA-Adaptionen gebildet. Der Zugang erfolgt dabei rein deduktiv und ist nicht abschließend.

## 2 Charakteristika der Integrierten Projektentwicklung (IPA)

Für die IPA existiert keine einheitliche Definition. Daher gibt es aus den verschiedenen Ländern, in denen sie bereits angewendet wird, entsprechende Bezeichnungen und Detailunterschiede. Als Definition für die IPA in Deutschland wird auf die Definition von James Pease zurückgegriffen. Er definiert sinngemäß: Die IPA ist ein Modell für die Durchführung von Bauprojekten, bei dem ein einziger Vertrag für Planung und Bau mit einem geteilten Risiko-Ertrags-Modell, garantierter Kostenerstattung, Haftungsverzicht zwischen den Teammitgliedern, einem auf Lean-Prinzipien basierenden operativen Ansatz und einer Kultur der Zusammenarbeit Anwendung findet. [4] Um die IPA weiter zu strukturieren, hat das IPA-Zentrum im Jahr 2020 acht Charakteristika identifiziert. Diese Charakteristika wurden dabei in Kombination als maßgeblich für das Gelingen von IPA-Projekten identifiziert [5]. Nachfolgend werden die acht Charakteristika der IPA aufgeführt und anschließend in Kapitel 2.1 kurz beschrieben [5]:

- Etablierung eines Mehrparteienvertrags,
- frühzeitige Einbindung der Schlüsselbeteiligten mittels Kompetenzwettbewerb,
- gemeinsames Risikomanagement,
- Anreizsystem im Rahmen eines Vergütungsmodells,
- Einsatz kollaborativer Arbeitsmethoden,
- gemeinsame Entscheidungen,
- lösungsorientierte Konfliktbearbeitung und
- kooperative Haltung der Beteiligten.

Neben diesen acht Charakteristika, wurden auch noch weitere 21 Modellbestandteile mittels einer systematischen Literaturanalyse identifiziert [6]. Diese Bestandteile sollen in diesem Beitrag nicht weiter aufgezeigt und diskutiert werden.

### 2.1 Kurzbeschreibung der Bestandteile

Der Mehrparteienvertrag verbindet alle Schlüsselbeteiligten aus Planung und Ausführung. Sie tragen die gemeinsame Verantwortung für die Erreichung der Projektziele [7]. Dabei können auch noch weitere Auftragnehmer in einen Mehrparteienvertrag aufgenommen werden.

Eine frühzeitige Einbindung der Schlüsselbeteiligten erfolgt mittels Kompetenzwettbewerb, das heißt, die Bewerber werden anhand ihrer Kompetenzen ausgewählt und nicht aufgrund des von ihnen

angebotenen Preises. Es werden diejenigen Bewerber ausgewählt, welche am besten für das Projekt geeignet sind. Zusätzlich werden die Bewerber zu einem früheren Zeitpunkt in das Projekt eingebunden als bei der traditionellen Projektabwicklung. Durch die frühe Einbindung aller Projektbeteiligten kann ihr Fachwissen und Innovationspotenzial optimal und im Sinne des Projekts genutzt werden. Die gemeinsame Planung und Ausführung schafft Kosten- und Terminalsicherheit. [7, 8]

Das Risikomanagement wird von allen Beteiligten gemeinsam und kooperativ durchgeführt sowie fortlaufend während des Projekts die Chancen und Risiken regelmäßig validiert. Risiken werden gemeinsam identifiziert und falls möglich versichert. Ansonsten sorgt derjenige für die Risiken, der am besten dafür geeignet ist. [9]

Im Rahmen des Vergütungsmodells ist ein Selbstkostenerstattungsvertrag mit Anreizsystem implementiert, der ein gemeinschaftliches Tragen des Risikos regelt und weitere Bonuszahlungen bei der Erreichung der Projekteziele in Aussicht stellt. Durch den Anreizmechanismus im IPA-Vertrag, zum Beispiel über eine Bonuszahlung bei Unterschreitung der geplanten Zielkosten, geraten Einzelinteressen in den Hintergrund und es entsteht ein gemeinsames Zielverständnis [10].

Daneben werden zur Verbesserung der Arbeit kollaborative Arbeitsmethoden eingesetzt, welche zu einem transparenten Informationsaustausch führen. Diese können z.B. Building Information Modelling sein oder Lean Construction. Die IPA sieht eine integrierte Aufbauorganisation vor. Entscheidungen werden gemeinsam und einstimmig im Sinne „best for project“-Prinzips getroffen. Konflikte werden in der Regel auf den verschiedenen Managementebenen im Projekt bearbeitet und gelöst, ggf. auch durch eine nachrangige außergerichtliche Streitbeilegung. [7]

Von den Beteiligten wird erwartet, dass sie sich bei einer Anwendung der IPA kooperativ verhalten, keine Schuld zuweisen und ein kontinuierliches Lernen stattfindet. [5][7]

## 2.2 Herausforderungen bei der IPA

Bei Auftraggebern (AG), die niedrige Jahresumsätze erwirtschaften und bei innovativen Methoden eher zurückhaltend sind oder Bedenken gegen den Abschluss eines Mehrparteienvertrags haben, wird auf traditionelle Projektabwicklungsform zurückgegriffen und somit die IPA ausgeschlossen.

Generell lassen sich als wesentliche Herausforderungen bei der IPA folgende drei Faktoren identifizieren [4]:

1. Zu einem frühen Zeitpunkt sind bereits alle Beteiligten in das Projekt eingebunden. Daher entstehen schon zu Beginn des Projekts hohe Transaktionskosten.
2. Das Auswahlverfahren für die geeigneten Projektbeteiligten dauert deutlich länger, daher können auch zu einem frühen Zeitpunkt höhere Kosten entstehen, welche bei der konventionellen Vergabe nicht auftreten.
3. Während der Planungsphase können ggf. nicht die Zielkosten erreicht und vereinbart werden, die sich der Auftraggeber vorstellt. In der Konsequenz muss der Mehrparteienvertrag aufgehoben und die Planungs- und Bauleistungen konventionell neu ausgeschrieben werden.

Zusätzlich kommt dazu, dass auf dem deutschen Markt noch wenig Erfahrung mit dieser Projektabwicklungsform vorliegt und dadurch noch wenige Standards für Verträge und

Projektunterlagen geschaffen wurden. Außerdem ist die Marktdurchdringung noch nicht so hoch, dass alle sich an dieser Projektabwicklungsform beteiligen können. Es gibt auch Auftragnehmer, die aufgrund der bis vor kurzem guten konjunkturellen Lage mit ihrer traditionellen Projektabwicklung erfolgreich waren bzw. sind. Des Weiteren sind auch gerade bei kleineren und mittelständischen Unternehmen nicht immer die finanziellen Mittel vorhanden, um weiter Geld zu investieren bzw. ihre Mitarbeiter in dieser Methodik ausreichend zu schulen.

Um den partnerschaftlichen Ansatz auch bei kleineren und mittleren AG, Planern (P) und Bauunternehmen (BU) zu implementieren, soll zunächst eine Abgrenzung für die einzelnen Projektklassen erfolgen.

### 3 Projektklassen: klein, mittel und groß

Der Begriff „Projekt“ und dessen Eigenschaften werden als bekannt vorausgesetzt, ansonsten kann eine Definition in der DIN 69901 entnommen werden. Der Begriff des „Großprojektes“ ist nicht einheitlich definiert. Auch bei einer weiteren Betrachtung hinsichtlich der Definition bzw. Klassifizierung von Projekten in „Mittlere Projekte“ oder „Kleinere Projekte“ gibt es teilweise keine bzw. wenig Definitionen. Aufgrund der Inhomogenitäten der Begrifflichkeit und der Eigenschaften der unterschiedlichen Projektarten soll nachfolgend eine definitorische Abgrenzung der Begrifflichkeit erfolgen. Dabei werden die unterschiedlichen Definitionen des Begriffs untersucht, deren Charakteristika identifiziert und anschließend bewertet. Dies erfolgt unter Zuhilfenahme einer Literaturanalyse. [11-14]

In der Tabelle 9 sind die wesentlichen Charakteristika für Großprojekte aus der explorativen Literaturanalyse dargestellt.

*Tabelle 9 Charakteristika von Großprojekten [11-14]*

Eigenschaften von Großprojekten

Kosten

Risiken

Innovationsgrad

Projektmanagement

Komplexität

Dauer

Beschäftigten Anzahl

Neuartigkeit

Aus Tabelle 10 lässt sich bereits eine erste Abgrenzung zwischen den unterschiedlichen Projekten ableiten. Dabei wurde eine Abgrenzung von drei Projektklassen vorgenommen. Diese unterscheiden sich in klein, mittel und groß. Als quantitatives Kriterium konnten die Kosten identifiziert werden.

Kleinprojekte haben dabei Kosten unter 1,5 Mio. Euro bis 10 Mio. Euro und Großprojekte größer als 100 Mio. Euro. Die Dauer ist bei Kleinprojekten geringer als ein Jahr bis drei Jahre und bei Großprojekten länger als 7 Jahre [15–17]. Die Abgrenzung zu einem Mittleren Projekt erfolgt dabei subjektiv und es wurden die Zwischenwerte zwischen Klein- und Großprojekten angesetzt.

*Tabelle 10 Abgrenzung der Projekte quantitativ und qualitativ*

	Klein	Mittel	Groß	
Kosten	< 1,5 Mio. EUR	>1,5 – 10 Mio. EUR	10 – 100 Mio. EUR	> 100 Mio. EUR
Dauer	<1 Jahr	>1 – 3 Jahre	3-7 Jahre	> 7 Jahre
Komplexität	Gering	Gering	Mittel	Hoch
Risiken	Gering	Gering	Mittel	Hoch
Innovationsgrad	Gering	Gering	Mittel	Hoch
Beschäftigten Anzahl	Gering	Gering	Mittel	Hoch
Projektmanagement	Gering	Gering	Mittel	Hoch
Neuartigkeit	Gering	Gering	Mittel	Hoch

Wenn es sich also um Mittlere Projekte oder Kleinprojekte handelt, ist zu prüfen, unter welchen Parametern eine Adaption der IPA möglich ist, um den partnerschaftlichen Gedanken weiterzuführen und auch bei diesen Projektenarten zu ermöglichen. Im Weiteren soll noch eine Differenzierung zwischen dem Hoch- und Infrastrukturbau erfolgen da diese Projektarten unterschiedliche Voraussetzungen mit sich bringen und dadurch auch die Projektabwicklungsformen bzw. die IPA-Adaptionen anders strukturiert werden müssen.

## 4 Unterschiede zwischen Hoch- und Infrastrukturbau

Die Bauwirtschaft in Deutschland macht ca. 12% des Bruttoinlandsprodukts aus. Das Bauhauptgewerbe hat im Jahr 2023 einen Umsatz von 163 Mrd. Euro Umsatz erwirtschaftet. Dabei ist besonders hervorzuheben, dass ein Drittel des Umsatzes die großen Unternehmen erwirtschaften [18]. Aufgrund der starken Fragmentierung der Bauwirtschaft und den unterschiedlichen Arten von Bauwerken wird im Weiteren eine Abgrenzung zwischen Hoch- und Infrastrukturbau vorgenommen. Dies ist erforderlich, da die Bauwirtschaft für den Hoch- als für den Infrastrukturbau sehr verschiedenartig ist. Des Weiteren kommt hinzu, dass auch die Bauwerke an sich unterschiedliche Eigenschaften aufweisen, welche zu weiteren Unterschieden bei der Abwicklung der Projekte führt.

### 4.1 Infrastrukturbau

Im Jahr 2023 wurden 16,4 Mrd. Euro für den öffentlichen Straßenbau investiert. Insgesamt hat sich der baugewerbliche Umsatz im Tiefbau auf 52,6 Mrd. Euro belaufen [19]. Projekte der Infrastruktur weisen gegenüber anderen Bauprojekten einen hohen Anspruch an die Planung, Vorbereitung und

Umsetzung. Besonders hervorzuheben ist bei Infrastrukturprojekten der starke Einfluss auf die Öffentlichkeit und die Umwelt. Dies kommt auch daher, dass es sich um ein Linienbauwerk handelt, welche z.B. im Straßenbau nicht zwangsläufig so viele Gewerke aufweisen wie im Hochbau. Im Infrastrukturbau findet zudem ein hoher Maschineneinsatz statt. Infrastrukturprojekte sind nicht nur von erheblichen finanziellen Ausmaßen, sondern auch von erheblichem Ausmaß bezogen auf die betroffene Fläche und haben ein hohes Ausmaß auf beteiligte Personen und Organisationen. Linienbauwerke erstrecken sich häufig über mehrere 100 km. Dazu kommen auch große Eingriffe in die Natur, natürliche Baustoffe wie Boden und Fels sowie die Witterung führen zu einer Vielzahl von Störungen, die Projekte stehen stark unter Beobachtung der Öffentlichkeit zusätzlich sind Infrastrukturprojekte nur bedingt planbar, was häufig zu einer Vielzahl von Änderungen und möglichen Nachträgen führt. [20] Dabei sind Infrastrukturprojekte fast immer von öffentlichen Auftraggebern veranlasst und haben dadurch eine besonders lange Planungsphase, da zusätzlich auch Planfeststellungsverfahren nötig sind und öffentliche AG an Verordnungen wie die Sektoren Verordnung (SektVO) oder die Vergabeverordnung (VgV) gebunden sind. Der Ausgang ist dabei meistens ungewiss und kann zusätzlich zu vielen Änderungen führen. [21–23]

## 4.2 Hochbau

Im Jahr 2022 erwirtschaftete der wirtschaftliche Hochbau einen Umsatz in Höhe von ca. 25,8 Milliarden Euro [24]. Im Vergleich zum Infrastrukturbau haben Hochbauprojekte eine vertikale Ausdehnung. Der Hochbau kann noch weiter unterteilt werden in den Wohnungsbau, Büroimmobilien uvm. Im Vergleich zur Infrastruktur, weist der Hochbau eine Vielzahl von unterschiedlichen Gewerken auf wie z.B. Rohbau, Fassade, technische Gebäudeausrüstung, Innenausbau etc. Im Regelfall sind für einen Hochbau 30 bis 40 Unternehmen für die unterschiedlichen Gewerke im Einsatz. Dies sind im Vergleich zum Infrastrukturbau wesentlich mehr Beteiligte. [25] Dadurch entstehen z.B. mehr Schnittstellen. Außerdem ist der Maschineneinsatz im Vergleich zum Tiefbau bzw. Infrastrukturbau im Hochbau geringer. Der Faktor Mensch ist dort wesentlich höher anzusehen. Auch die logistischen Anforderungen sind andere als im Infrastrukturbau. Die Zulieferung kann auf verhältnismäßig kurzen Wegen erfolgen. Bei Hochbauprojekten kann die Projektdauer, Organisation und Abhängigkeit von Genehmigungsverfahren in weiten Grenzen schwanken. Dies hängt auch maßgeblich davon ab, ob es sich um einen öffentlichen oder privaten Auftraggeber handelt. [26]

Um nun die IPA-Adaptionen zu entwickeln, wird eine ergänzende Betrachtung von den IPA-Charakteristika durchgeführt und die Charakteristika und deren Abhängigkeiten geprüft sowie die neuen Ansätze gebildet.

## 5 Adaptionen der IPA

Im Ausland gibt es Ausprägungen von IPA, die durchaus andere Vertragsstrukturen zulassen als die bisher in Deutschland angewendeten Vertragsformen. Diese werden nachfolgend in Kapitel 5.1 betrachtet. Anschließend erfolgt eine Prüfung der Charakteristika auf deren Korrelation zueinander. Danach wird die IPA um die weiteren Vertragsstrukturen erweitert und anschließend die Adaptionen gebildet.

## 5.1 Ergänzende Betrachtung der Charakteristika

Die IPA ist dadurch gekennzeichnet, dass die Verträge immer auf einer oberen Vertragsebene zwischen dem AG, mind. einem Planungsbüro (P) und einem Bauunternehmen (BU) geschlossen werden. Diese Gruppe der Beteiligten kann je nach Bauvorhaben entsprechend ergänzt werden [27].

In Deutschland wird von Vereinen wie dem IPA-Zentrum e.V. [28] herausgestellt, dass es sich nur um eine „echte“ IPA handelt, wenn alle zuvor beschriebenen Charakteristika kumulativ erfüllt sind. Auch in dem Bericht der TU-Berlin in Kooperation mit der Deutschen Bahn AG [2] wird der Mehrparteienvertrag als zwingendes Charakteristikum verwendet.

Bei einer internationalen Betrachtung ist jedoch auffällig, dass z.B. Projektabwicklungsformen wie die Integrated Project Delivery (IPD) [29] und die Project Alliance [30] weitere vertragliche Basisstrukturen aufweisen, die nachfolgend, für die IPA Adaptionen ,aufgeführt sind:

1. Standardverträge mit allgemeinen Vertragsbedingungen für IPA
2. Bildung einer Arbeitsgemeinschaft (ARGE)
3. Gründung einer Projektgesellschaft
4. Mehrparteienverträge

Das Aufzeigen, dieser zusätzlichen Strukturen zeigt, dass auch weitere Formen der IPA möglich sind. Diese einzelnen Strukturen werden kurz beschrieben, wobei auf die Beschreibung des Mehrparteienvertrag verzichtet wird (siehe hierzu Kapitel 2.1).

Bei der ersten Variante, den „Standardverträgen mit allgemeinen Vertragsbedingungen für IPA“, wird auf eine klassische, bilaterale vertragliche Bindung zwischen den Beteiligten gesetzt. Dabei würde ein Auftraggeber einen Vertrag mit einem Generalplaner und einen weiteren Vertrag mit einem Generalunternehmer schließen. Dies ähnelt der traditionellen Projektabwicklung in Deutschland. Ergänzend dazu werden jedoch noch allgemeine Vertragsbedingungen für die IPA eingeführt. Ein Beispiel dafür ist z.B. das Standardvertragsmuster nach AIA-A295. [31]

Eine weitere Möglichkeit ist die Gründung einer Projektgesellschaft. Die Form der Gesellschaft kann dabei variieren von einer virtuellen gesellschaftsrechtlichen Lösung (Partizipationsmodell) bis hin zu Gesellschaftsverträgen zwischen den Beteiligten AG, P und BU. Die Projektgesellschaft kann als Rechtsträgersubjekt (Träger aller Rechte und Pflichten des Projektes handeln) oder aber auch um eine Baumanagementgesellschaft (diese wiederum handelt im Namen und für Rechnung eines hinter ihr stehenden Auftraggeberunternehmens).

Natürlich werden die einzelnen Projektbeteiligten auch noch weitere Beteiligte in das Projekt involvieren. Der Planer wird sich je nach Konstellation bzw. fachlichen Kenntnissen weitere Sub-Planer für Fachplanungen bilateral binden. Das Bauunternehmen wird auf weitere Nachunternehmer zurückgreifen und der Auftraggeber wird sich noch beratende Leistungen bzw. je nach vertraglicher Beziehung und eigenen Kompetenzen einen Projektmanager oder Projektsteuerer involvieren.

An dieser Stelle sei bereits erwähnt, dass es im deutschen Rechtsraum noch keinen bilateralen Vertrag gibt, der IPA-Standardvertragsbedingungen beinhaltet. Diese müssten erst noch erstellt werden und im Laufe von Projekten weiter validiert werden.



Kooperative Haltung der U U U U U U U  
Beteiligten

Aus Tabelle 11 ist ersichtlich, dass viele Charakteristika unabhängig voneinander sind. Abhängigkeiten bestehen lediglich im Kontext gemeinsamer Entscheidungen. Jedoch nur unter der Voraussetzung, dass man die Randbedingung so setzt, dass gemeinsame Entscheidungen von AG, P und BU vertraglich fixiert werden. Außerdem kann ein gemeinsames Risikomanagement nur dann erfolgen, wenn ein Mehrparteienvertrag zum Einsatz kommt. Daraus lässt sich schlussfolgern, dass für die Entwicklung und Adaption weiterer Formen der IPA, die Bestandteile nicht zwangsläufig voneinander abhängig und diese beliebig gewählt bzw. zusammengesetzt werden können.

*Tabelle 12 Korrelationsprüfung der einzelnen IPA-Charakteristika hat Einfluss auf die partnerschaftliche Zusammenarbeit (E=Einfluss, TW=teilweise Einfluss, KE= Kein Einfluss)*

	Mehrparteienvertrag	Early Contractor Involvement	Gemeinsames Risikomanagement	Vergütungsmodell und Anreizsystem	Kollaborative Arbeitsmethode	Gemeinsame Entscheidung	Lösungsorientierte Konfliktbearbeitung	Kooperative Haltung der Beteiligten
Mehrparteienvertrag	E	E	E	E	E	E	E	E
Early Contractor Involvement	E	E	TW	E	KE	KE	KE	KE
Gemeinsames Risikomanagement	E	E	E	TW	TW	TW	TW	TW
Vergütungsmodell und Anreizsystem	E	TW	E	TW	E	E	TW	TW
Kollaborative Arbeitsmethode	E	E	TW	TW	TW	TW	U	U
Gemeinsame Entscheidungen	E	KE	TW	E	TW	TW	TW	TW
Lösungsorientierte Konfliktbearbeitung	E	KE	TW	E	TW	TW	TW	TW
Kooperative Haltung der Beteiligten	E	KE	TW	TW	U	TW	TW	TW

Tabelle 12 zeigt im Vergleich zu Tabelle 11 die einzelnen Charakteristika eine Auswirkung aufeinander haben. Dabei wurde eine Unterscheidung zwischen „E= Einfluss“ TW=“Teilweise Einfluss“ und „KE= Kein Einfluss“ vorgenommen.

Im Vergleich zu der rechtlichen Betrachtung ist der Tabelle 12 zu entnehmen, dass die einzelnen Bestandteile bei einer deduktiven Betrachtung einen Einfluss zueinander haben. Inwiefern die Charakteristika zueinander korrelieren, müsste quantitativ erfasst werden. Auch im Weiteren müsste eine zusätzliche Detailbetrachtung vorgenommen werden, die ermittelt welche Charakteristika wie auf das andere wirkt.

Es ist jedenfalls zu erkennen, dass der Mehrparteienvertrag Einfluss auf alle Charakteristika hat. Dies lässt sich damit begründen, da alle Beteiligten in einem Vertrag sind. Bei dem Early Contractor Involvement (ECI) ist zu erkennen, dass dieses z.B. keine Einwirkung auf die gemeinsamen Entscheidungen, die Konfliktbearbeitung und die kooperative Haltung hat, da ein ECI auch mittels eines bilateralen Vertrags geschlossen werden kann.

Das gemeinsame Risikomanagement hat einen Einfluss auf den Vertrag, das ECI und auf das Vergütungsmodelle, da an dieser Stelle auch die Risiken auch in die Kosten mit einfließen und dies maßgeblich zu validen Zielkosten beiträgt. Auf die anderen Charakteristika hat es nur einen partiellen Einfluss. Das liegt daran, dass auch ein gemeinsames Risikomanagement und das Bewusstsein für Risiken eine kollaborative Arbeitsmethode ist und ebenso die Zusammenarbeit beeinflusst.

Das Vergütungsmodell und Anreizsystem hat direkten Einfluss auf den Mehrparteienvertrag, das gemeinsame Risikomanagement und auf die Entscheidungen und Konfliktbearbeitung. Dies sind alles monetäre Treiber, wo das Vergütungsmodell seinen Einfluss wirken lassen kann. Auf kollaborative Arbeitsmethoden hat es höchstens Einfluss, wenn eine Methode wie z.B. das Target Value Design angewendet wird. Auch die kooperative Haltung wird nur insofern beeinflusst, dass gemeinsam gearbeitet wird, um die Zielkosten nicht zu überschreiten.

Die weiteren Charakteristika „Kollaborative Arbeitsmethoden, gemeinsame Entscheidungen, Lösungsorientierte Konfliktbearbeitung und kooperative Haltung der Beteiligten werden an dieser Stelle nicht abschließend diskutiert.

Aus der Betrachtung des rechtlichen Charakters und dem Einfluss der partnerschaftlichen Zusammenarbeit der Charakteristika, lässt sich ableiten:

- Aus der rechtlichen Perspektive müssen nicht alle Bestandteile kumulativ vereinbart werden.
- Es ergeben sich für die Umsetzung der IPA-Charakteristika eine Vielzahl von möglichen Kombinationen.
- Aus der Perspektive der partnerschaftlichen Zusammenarbeit haben alle Charakteristika Einfluss auf einen Mehrparteienvertrag.
- Die Abhängigkeiten bzw. der Korrelationsgrad zwischen den einzelnen Charakteristika muss weiter geprüft werden.

Damit lässt sich im nächsten Schritt schlussfolgern, dass bei einer Erweiterung der unterschiedlichen Vertragsstrukturen folgende Möglichkeiten der IPA auftreten (vgl. Tabelle 13).

Tabelle 13 Mögliche Erweiterung der IPA mit zusätzlichen Vertragsstrukturen

	Mehrparteivertrag	Standardvertrag mit IPA-Vertrags- bedingungen	ARGE	Projektgesellschaft
Early Contractor Involvement	X	X	(X)	X
Gemeinsames Risikomanagement	X	(X)	(X)	X
Vergütungsmodell und Anreizsystem	X	X	X	X
Kollaborative Arbeitsmethode	X	X	X	X
Gemeinsame Entscheidungen	X	(X)	(X)	X
Lösungsorientierte Konfliktbearbeitung	X	X	X	X
Kooperative Haltung der Beteiligten	X	(X)	X	X

Tabelle 4 ist zu entnehmen, dass auch mit anderen Vertragsstrukturen die Charakteristika der IPA erfüllt werden können. Lediglich bei den Standardverträgen und der ARGE gibt es eine Herausforderung bei der Bildung der gemeinsamen Entscheidung. Bei den bilateralen Verträgen werden jeweils zwischen dem AG und z.B. dem P Entscheidungen getroffen, was jedoch unabhängig, aufgrund der fehlenden vertraglichen Bindung zwischen BU und P, erfolgt. Bei der ARGE besteht die Herausforderung darin, dass eine Entscheidung zunächst innerhalb der ARGE ohne den AG getroffen wird und anschließend mit dem AG getroffen bzw. abgestimmt werden muss. Es kann also vorkommen, dass es zu keiner Entscheidung innerhalb der ARGE kommt und somit auch zu keiner Entscheidung hin zum AG.

Daraus lässt sich ableiten, dass grundsätzlich auch weitere IPA-Adaptionen mit anderen Vertragsstrukturen möglich sind. Der einzige wesentliche Unterschied ist die Vertragsstruktur und damit die Möglichkeit gemeinsam Entscheidungen zu treffen. Was nicht vernachlässigt werden darf ist, dass natürlich der Bauherr bei einer starken Fragmentierung innerhalb des Projektes ein höheres Risikopotential hat wie z.B. Schnittstellen – und Koordinationsrisiko. Dies gilt es dann im weiteren Projekt entsprechend zu bewältigen. Bei einer Projektgesellschaft würde dieses jedoch auch nicht anfallen.

## 6 Entwicklung der einzelnen IPA-Adaptionen

Auf Grundlage der Ergebnisse aus Kapitel 2 und Kapitel 5 werden im Weiteren die Adaptionen der IPA gebildet.

Dafür werden drei Adaptionen gebildet:

- IPA-Light,
- IPA-Infra. und
- IPA-Hoch.

Die IPA-Light stellt eine um einige Charakteristika reduzierte Projektabwicklungsform im Vergleich zur „klassischen“ IPA dar und ist Markt unabhängig. Die IPA-Infra. (Infrastruktur) ist so konzipiert, dass diese auf den Markt der Infrastruktur eingeordnet werden kann. Die IPA-Hoch. (Hochbau) ist so aufgebaut, dass diese Anwendung im Hochbau finden kann.

### 6.1 IPA Light

Die IPA-Light bildet die „kleinste“ Form der IPA. Hierbei werden Standardverträge mit IPA-Vertragsbedingungen vereinbart. Für die Projektorganisation kommen hier lediglich BU zum Einsatz. Die Planer werden traditionell durch den AG beauftragt. Der Zeitpunkt liegt in der Lph. 5. Dabei kann ein Pauschalvertrag mit Bonuszahlung eingesetzt werden. Das Risikomanagement wird auf der Seite des AG implementiert, um realistische Kosten für das Projekt zu kalkulieren. Je nach Größe und Knowhow des Marktes können Methoden wie Lean Construction und BIM implementiert werden. Die Entscheidungen werden getrennt getroffen und die Konfliktbearbeitung wird vorher vertraglich festgehalten. Eine kooperative Haltung lässt sich nur schwer vertraglich implementieren. Aus diesem Grund wird dies nicht weiter diskutiert.

### 6.2 IPA-Infra.

Aufgrund der Marktstruktur und der langen Laufzeit von Infrastrukturprojekten eignet sich für die IPA-Infrastruktur (IPA-Infra.) wegen ihrer Vertragsstruktur besonders für Arbeitsgemeinschaften oder Projektgesellschaften aus Sicht der Vertragsstruktur. Diese wurden auch bereits häufig in Deutschland umgesetzt. Als Organisationsform kommen entsprechend des Zeitpunktes der Einbindung der Beteiligten ein Generalplaner und ein Generalunternehmer bzw. Totalunternehmer in Frage. Es besteht also die Möglichkeit einer Einbindung in der Lph. 3 und der Lph.5. Aufgrund der langen Planungszeiten von Infrastrukturprojekten ist eine Einbindung ab der Lph. 5 durchaus sinnvoll, um die Kosten für die gemeinsame Entwicklung geringer zu halten. Dadurch ist jedoch auch die Möglichkeit das Knowhow des BU einzubringen geringer.

Somit wäre auch ein ECI noch gewährleistet. Besonders im Infrastrukturbereich, durch die geologischen Risiken ist die Implementierung eines Risikomanagements sehr zu empfehlen. Um die Risiken dann auch partnerschaftlich zu teilen, wird ein Selbstkostenerstattungsvertrag mit Bonuszahlungen eingesetzt. Die Methoden wie Lean Construction und BIM können optional eingesetzt werden. Es ist darauf zu achten, ob am Markt ausreichend Kompetenz verfügbar ist. Durch die vertragliche Bindung muss der AG eine gemeinsame Entscheidung mit der ARGE treffen. Der Entscheidungsprozess in der ARGE ist dabei zuerst intern zu klären, bevor eine entsprechende

Entscheidung gegenüber dem AG erfolgt. Die kooperative Haltung ist wie auch bereits bei den vorherigen IPA-Adaptionen eher als „philosophisch“ zu betrachten.

### **6.3 IPA-Hoch.**

Der Hochbau setzt sich aus mehreren einzelnen Teilnehmern zusammen und hat im Vergleich zum Infrastrukturbau eine kürzere Planungsphase. Aus diesem Grund können für die IPA-Hochbau (IPA-Hoch.) hier auch durch die Vielzahl von Gewerken entweder Standardverträge mit IPA-Vertragsbedingungen verwendet werden oder eine ARGE geschlossen werden. Es kann ein Totalunternehmer eingesetzt werden oder zunächst eine Integration mit Generalunternehmer und Generalplaner bis zur Lph. 5. Für den Beginn des IPA-Hoch eignet sich die Lph. 2, Lph. 3, oder Lph. 5. In einer frühen Phase wäre immer noch der Einsatz eines ECI möglich. Das Risikomanagement kann entsprechend durch beide Parteien durchgeführt werden und ist auch aufgrund des Vertrages zu empfehlen, da die Risiken auch in die Kosten für einen partnerschaftlichen Ansatz einkalkuliert sein sollten. Die Methoden sind je nach Marktlage siehe Kapitel 5.2 zu berücksichtigen bzw. auf ihre Sinnhaftigkeit zu prüfen. Die Entscheidungen werden je nach vertraglicher Struktur gemeinsam oder getrennt entschieden. Ähnliches gilt auch für die Konfliktbearbeitung. Die kooperative Haltung wird nicht weiter betrachtet.

## **7 Übersicht der IPA-Adaptionen**

Die Ergebnisse aus den vorherigen Kapiteln können Tabelle 14 entnommen werden. Diese wurden dabei nicht weiter unterteilt in kleine oder mittlere Projekte. Dies muss zusätzlich bzw. individuell geprüft werden, welche Bestandteile in einem wirtschaftlichen Verhältnis für das Projekt stehen. Die IPA-Light kann generell für Kleinprojekte eingesetzt werden. Wohingegen die IPA-Infra. und die IPA-Hoch. für mittlere Projekte ihre Anwendung finden soll.

Tabelle 14 IPA-Adaptionen

Name	IPA-Light	IPA-Infra.	IPA-Hoch.
Vertragsstruktur	Standardverträge mit IPA-Vertragsbedingungen	ARGE oder Projektgesellschaft	Standardverträge mit IPA-Vertragsbedingungen oder ARGE
Organisationsform	Einzelunternehmer	Totalunternehmer oder Generalunternehmer mit Generalplaner	Totalunternehmer oder Generalunternehmer optional mit Generalplaner
Zeitpunkt der Einbindung (Lph.)	Lph. 5	Lph. 3 und Lph. 5	Lph. 2, Lph. 3 und Lph. 5
ECI	JA	JA	JA
Risikomanagement	Optional	Zu empfehlen	Zu empfehlen
Vergütungsmo- dell und Anreizsystem	Pauschalvertrag mit Bonuszahlung	Selbstkostenerstattungs- vertrag mit Bonuszahlung	Selbstkostenerstattungs- vertrag mit Bonuszahlung oder Pauschalvertrag mit Bonuszahlung
Kollaborative Arbeitsmethod- en	Optional: Lean Construction oder BIM	Optional: Lean Construction oder BIM	Optional: Lean Construction oder BIM
Entscheidunge- n	getrennt	getrennt oder gemeinsam	getrennt oder gemeinsam
Konflikt- bearbeitung	Individuell zu vereinbaren	Individuell zu vereinbaren	Individuell zu vereinbaren
Kooperative Haltung	Kein rechtlicher Charakter	Kein rechtlicher Charakter	Kein rechtlicher Charakter
Vorteile	Einfache Anwendung	Einfache Anwendung	Es liegt noch kein Standard vor
Nachteile	Es liegen noch keine Standardvertragsbeding- ungen vor	Erhöhter Aufwand aufgrund des Selbstkostenerstattungsve- rtrags	Der Markt ist schwierig zu beurteilen bzw. es kann ähnlich wie bei einer traditionellen Abwicklung ablaufen.

## 8 Schlussbetrachtung

Bei allen Überlegungen hinsichtlich der Projektabwicklungsform sollte zunächst der Markt genauer untersucht werden. Hierfür ist eine umfassende Marktanalyse notwendig und auch die aktuelle Lage der Bauwirtschaft zu berücksichtigen. Bei einer hohen Nachfrage und einer entsprechenden Deckung der Preise, werden die AN nicht so ein starkes Interesse daran haben, sich auf neue Projektabwicklungsformen einzulassen. Eine Projektabwicklungsform einzusetzen, die keine Nachfrage aufgrund unsicherer Auftragnehmer erfährt, ist für den Auftraggeber nicht zielführend.

Die Betrachtung ist nicht abschließend und muss weiter präzisiert werden, um einen vollständigen Überblick über die Möglichkeiten zur partnerschaftlichen Projektabwicklung zu schaffen. Dafür müssten weitere Divergenzen zwischen dem Hochbausektor und dem Infrastruktursektor ausgearbeitet werden. Außerdem müsste eine weitere Marktanalyse stattfinden um die potentiellen Bieter für diese Projekte weiter zu identifizieren. Für eine weitere fundierte Aussage hinsichtlich der Korrelation müsste ein induktiver Zugang gewählt werden. Dieser konnte jedoch aufgrund der fehlenden Datenlage nicht erzeugt werden. Der Beitrag bietet jedoch einen ersten Überblick über mögliche Adaptionen der IPA für kleinere und mittlere Bauprojekte bzw. Projekte, die auch partnerschaftlich arbeiten wollen, denen jedoch die Transaktionskosten vor dem Mehrparteienvertrag zu hoch sind. Um eine höhere Akzeptanz zu schaffen, müsste der Markt entsprechend weiter sensibilisiert werden, wie es auch z.B. die Deutsche Bahn InfraGo AG bereits mit Marktdialogen macht. Diese Art der Informationsverteilung müsste auch für kleinere Marktteilnehmer erfolgen und entsprechend weiter durch Interessensverbänden unterstützt werden.

## 9 Acknowledgement

Die Autoren des Forschungsprojektes DigiPeC bedanken sich für Förderung bei dtec.bw – Zentrum für Digitalisierung und Technologieforschung der Bundeswehr. Dtec.bw wird von der Europäischen Union – NextGeneration finanziert.

## 10 Literaturverzeichnis

- [1] BMVI, "Reformkommission Bau von Großprojekten. Komplexität beherrschen – kostengerecht, termintreu und effizient", Berlin, 2015.
- [2] Sundermeier, Matthias, Beidersandwisch, Philipp, Kleinwächter, Henriette und T. Rehfeld, "Kurzbericht - Partnerschaftliche Projektabwicklung für die Schienenverkehrsinfrastruktur", Berlin, 2019.
- [3] S. C. Becker, "Identifizierung von Anreizen in Verträgen nach der VOB/A-EU unter Einbezug von der VOB/B" in *Tagungsband zum 31. BBB-Assistent:innentreffen Innsbruck 2022: Fachkongress der Wissenschaftlichen Mitarbeiter:innen Bauwirtschaft, Baubetrieb, Baumanagement, Tunnelbau : Beiträge zum 31. BBB Assistent:innentreffen vom 12. bis 14. Juli 2022 in Innsbruck*, Arbeitsbereich Baumanagement, Baubetrieb und Tunnelbau, Hg., Innsbruck: Studia Verlag, 2022, S. 17–29.

- [4] J. Pease, *What Is Integrated Project Delivery: The Contract (Part 1 of 3)*. [Online]. Verfügbar unter: <https://leanipd.com/blog/what-is-integrated-project-delivery-the-contract/>.
- [5] S. Haghsheno, C. Baier, A. Schilling Miguel, P. Talmon und M. R.-D. Budau, "Integrated Project Delivery (IPD): Ein neues Projektabwicklungsmodell für komplexe Bauvorhaben", *Bauwirtschaft*, Nr. 5, S. 80–93, 2020.
- [6] S. Haghsheno, C. Baier, M. R.-D. Budau, A. Schilling Miguel, P. Talmon und L. Frantz, "Strukturierungsansatz für das Modell der Integrierten Projektabwicklung (IPA)/Structuring approach for Integrated Project Delivery", *Bauingenieur*, Jg. 97, Nr. 03, S. 63–76, 2022, doi: 10.37544/0005-6650-2022-03-47.
- [7] S. C. Becker und H. Roman-Müller, *Integrierte Projektabwicklung (IPA)*. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden, 2022.
- [8] C. P. Friedinger und S. C. Becker, "Early Contractor Involvement für öffentliche Auftraggeber – Chancen für eine effizientere Projektabwicklung" in *Tagungsband zum 32. BBB-Assistent:innentreffen 2023: 04.10.2023 - 06.10.2023*, Universität Duisburg-Essen, Institut für Baubetrieb und Baumanagement, Hg., Duisburg-Essen Publications online, University of Duisburg-Essen, Germany, 2023, doi: 10.17185/duepublico/79115.
- [9] P. Sander, "Gemeinsames Risikomanagement bei Großprojekten mit der integrierten Projektabwicklung (IPA)", Berlin, 2023.
- [10] S. C. Becker und C. P. Friedinger, "Analyse potenzieller Vergütungsmodelle und Anreizsysteme für die Integrierte Projektabwicklung (IPA)" in *Tagungsband zum 32. BBB-Assistent:innentreffen 2023: 04.10.2023 - 06.10.2023*, Universität Duisburg-Essen, Institut für Baubetrieb und Baumanagement, Hg., Duisburg-Essen Publications online, University of Duisburg-Essen, Germany, 2023, doi: 10.17185/duepublico/79139.
- [11] B. Flyvbjerg, N. Bruzelius und W. Rothengatter, *Megaprojects and Risk*. Cambridge University Press, 2014.
- [12] V. A. Greiman, *Megaproject Management*. Wiley, 2013.
- [13] Mauricio Nunes Rodrigues, "Impact/Legacy Measurement and Evaluation in Mega Event Projects with Focus on Intangible Assets", 2016.
- [14] B. Flyvbjerg, "What you Should Know about Megaprojects and Why: An Overview", *Project Management Journal*, Jg. 45, Nr. 2, S. 6–19, 2014, doi: 10.1002/pmj.21409.
- [15] M. L. J. Wolf, *Projektarbeit bei kleinen und mittleren Vorhaben: Strukturiertes Vorgehen und überlegtes Handeln als Schlüssel zum Erfolg*, 4. Aufl. Renningen: expert verlag, 2017.
- [16] G. Angermeier, *Projektmanagement-Lexikon*, 1. Aufl. München: Projekt Magazin, 2005.
- [17] H. Kerzner, *Projektmanagement: Ein systemorientierter Ansatz zur Planung und Steuerung*, 2. Aufl. Heidelberg: mitp, 2008.
- [18] Hauptverband der Deutschen Bauindustrie e.V., *Bauwirtschaft in Zahlen*. [Online]. Verfügbar unter:



# Lean Project Management und Lean Project Delivery – Einordnung und Differenzierung übergeordneter Lean-Konzepte im Kontext des Bauwesens

Paul Christian John<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Karlsruher Institut für Technologie (KIT)*, christian.john@kit.edu

## Kurzfassung

Im deutschen Bauwesen nimmt die Anwendung des Lean-Ansatzes, inspiriert durch seine Erfolge in anderen Industrien, seit einigen Jahren eine wichtige Rolle ein. Der vorliegende Beitrag beschäftigt sich diesbezüglich mit den übergeordneten Lean-Konzepten *Lean Project Management* und *Lean Project Delivery* im Kontext des Bauwesens. Basierend auf einer umfassenden Literaturanalyse werden die unterschiedlichen Bedeutungen dieser Konzepte beleuchtet und differenziert. Der Unterschied liegt primär in ihrer Perspektive: *Lean Project Delivery* bezieht sich auf das Projekt als Ganzes bzw. auf das System und beschreibt hierbei die generelle Art und Weise, wie das Projekt durchgeführt bzw. abgewickelt wird. *Lean Project Management* hingegen bezieht sich auf die übergeordnete Managementtätigkeit des Bauherrn und beschreibt, wie dieser innerhalb seiner Funktion im (gesamten) Projekt die entsprechenden Tätigkeiten durchführt, welche Haltung er dabei einnimmt und welche Prinzipien er seinen Entscheidungen zugrunde legt. Trotz ihrer unterschiedlichen Schwerpunkte sind beide Konzepte darauf ausgerichtet, die Projektdurchführung in ihrer Gesamtheit zu verbessern und Verschwendung über den kompletten Lebenszyklus des Bauvorhabens zu reduzieren.

*Schlagwörter: Lean Project Management, Lean Project Delivery, Lean Construction, Bauwesen*

# 1 Lean im deutschen Bauwesen

Bauprojekte sind immer „Mittel zum Zweck“ [1, S. 2]. Jeder Bauherr, der ein Bauprojekt initiiert, strebt durch das fertiggestellte Bauwerk stets einen konkreten Nutzen mit einer positiven Veränderung an – das trifft sowohl auf Bauherren der öffentlichen Hand<sup>3</sup> wie auch auf Bauherren aus der Privatwirtschaft<sup>4</sup> zu. Damit der angestrebte Nutzen nicht bereits in der Entstehungsphase des Bauwerks gefährdet wird, sollte ein Bauprojekt auch entsprechend erfolgreich abgewickelt werden. Doch gerade diesbezüglich ist (u. a. in Deutschland) nach wie vor häufig zu beobachten, dass viele Bauprojekte die Kosten-, Termin- und/oder Qualitätsvorgaben nicht erfüllen, die zu Beginn des Vorhabens durch den Bauherrn definiert und vorgegeben wurden (u. a. [3], [4]). Dieses Phänomen der Baubranche kann allgemein auf drei Ursachen zurückgeführt werden:

1. Die definierten Vorgaben bzw. Ziele des Projekts waren mangelhaft.<sup>5</sup>
2. Unvorhersehbare Ereignisse aus dem Projektumfeld haben maßgeblich negativ auf das Projekt eingewirkt.<sup>6</sup>
3. Aspekte in der Projektabwicklung waren mangelhaft.

Letzteres wird mehrheitlich als die grundlegende Problematik in der Branche betrachtet. Dies kann direkte Konsequenzen für den Bauherrn<sup>7</sup> aber auch für weitere Projektbeteiligte<sup>8</sup> und teilweise auch für Teile der Gesellschaft<sup>9</sup> haben. Aus diesem Grund ist die Betrachtung der Projektabwicklung seit vielen Jahren zentraler Gegenstand von Verbesserungsbemühungen in Praxis und Wissenschaft. Das gemeinsame Ziel dabei ist, die Erfolgsquote von Bauprojekten zu erhöhen.

---

<sup>3</sup> Bspw. durch den Ausbau von Infrastruktur (siehe Bahnprojekt Stuttgart-Ulm [2]) – dieses Bauvorhaben sorgt für stark verkürzte Reisezeiten zwischen Stuttgart, Ulm und München. Dadurch werden die Einzugsgebiete und somit auch die jeweiligen Wirtschaftsräume vergrößert. Diese Standorte werden für Unternehmen entsprechend attraktiver und fördern in Folge auch die Konjunktur in den umliegenden Regionen.

<sup>4</sup> Bspw. durch den Neubau eines Firmenhauptsitzes – hierdurch könnte das entsprechende Unternehmen sich z. B. eine bessere geografische Lage hinsichtlich Anbindung, öffentlicher Wahrnehmung und Kundennähe sichern. Damit könnte z. B. angestrebt werden, den Geschäftsbetrieb anzukurbeln, Büroflächen zu erweitern, um mehr und schnelleres Mitarbeiterwachstum zu ermöglichen oder auch um den Hauptsitz im Corporate Design zu gestalten, was zu stärkerer Mitarbeiterbindung und besserem Marketing bei (potenziellen) Kunden führen kann.

<sup>5</sup> Bei unrealistischen Vorgaben (z. B. durch bewusst falsche Angaben i. S. v. „politischen“ Preisen, aufgrund fehlender Kompetenz oder durch den sog. *Optimism Bias*) und durch unklare/unsichere Vorgaben, die auf einem unvollständigen oder unzureichenden Kenntnis- bzw. Planungsstand beruhten, sodass nachträglich Anpassungen an der Planungs- und/oder Bauaufgabe ausgelöst wurden (z. B. durch schlechte oder nicht vorhandene Bedarfsermittlung, durch zu späte Einbeziehung von Nutzern oder Vertretern aus der Bauphase oder der Genehmigungsbehörden, durch den sog. *Scope Creep* oder durch sonstige externe Entwicklungen, deren Risiko nicht erfasst wurde, z. B. in Politik, Gesellschaft oder Wirtschaft).

<sup>6</sup> Bspw. durch den Tod zentraler Personen im Projekt, Umweltkatastrophen mit dramatischem Ausmaß, Pandemien, (unvorhersehbare) Kriege etc.

<sup>7</sup> Neben der Beeinträchtigung oder Verfehlung von dem eigentlich angestrebten Nutzen des Bauwerks können weitere Aspekte hinzukommen: Wirtschaftliche Schäden durch den Verlust von Geschäftsmöglichkeiten, Vertragsstrafen oder Nachtragskosten, Reputationsschäden und Vertrauensverlust bei Stakeholdern, schlechte Stimmung in der Bauhermorganisation, gesundheitliche Probleme von involvierten Mitarbeitern (z. B. durch starken Stress) etc.

<sup>8</sup> Bspw. wirtschaftliche Schäden bis hin zur Insolvenz, Verlust von (Folge-)Aufträgen, verzögerte oder ausbleibende Zahlungen, Beeinträchtigung von körperlicher und mentaler Gesundheit, Reputationsschäden, Konflikte mit langjährigen, ressourcenbindenden und kostspieligen Gerichtsverfahren etc.

<sup>9</sup> Bspw. Einschränkungen hinsichtlich Mobilität oder Versorgung, aber auch kurz- und langfristige Auswirkungen auf das regionale und (in Summe) auch auf das globale Klima, Imageschädigung eines Ortes (z. B. durch Bauruinen oder negative Schlagzeilen), Rückgang der Marktattraktivität und damit auch der Konjunktur etc.

Der *Lean-Ansatz*<sup>10</sup> zieht in diesem Zusammenhang seit vielen Jahren global zunehmend mehr Aufmerksamkeit auf sich. Ursprünglich in der Automobilbranche von Toyota im Kontext der eigenen Produktion entwickelt, ist Lean inzwischen in zahlreichen Branchen erfolgreich integriert und angewendet worden (u. a. in Luft- und Raumfahrt, Gesundheitswesen, Logistik und generell in vielen Bereichen der Fertigung). Auch die Baubranche beschäftigt sich seit über 30 Jahren mit der Anwendung von Lean und hat sich diesen Ansatz unter dem Begriff *Lean Construction* zu eigen gemacht.<sup>11</sup> Auch in Deutschland hat sich insbesondere über die letzten zehn Jahre hinweg eine nach wie vor wachsende Lean-Community begründet. Einen maßgeblichen Beitrag für die Verbreitung von Lean Construction im deutschen Bauwesen leistet die Verbandsarbeit des 2014 gegründeten German Lean Construction Institute (GLCI) – u. a. durch Publikationen aus Fachgruppenarbeit zur Anwendung von Lean Construction, durch große Konferenzen sowie Regionalgruppenangebote zur Förderung des Erfahrungsaustauschs und durch ein eigenes Schulungsangebot für Praktiker.

Ein Blick in die deutsche ‚Lean Construction‘-Praxis zeigt, dass seit einigen Jahren die Anzahl von Beratungsunternehmen, die sich vollständig auf diesen Ansatz spezialisieren oder die Dienstleistungen in diesem Bereich anbieten, zunimmt. Auch die Anzahl von Planungs- und Bauunternehmen mit eigenen Lean-Abteilungen wächst.<sup>12</sup> Hinsichtlich der branchenweiten Anwendung von *Lean Construction* in Deutschland zeigt sich jedoch auch, dass dieser Ansatz das Bauwesen noch nicht großflächig durchdrungen hat. Lediglich ein überschaubarer Teil der Unternehmen im Bauwesen nutzt den Lean-Ansatz für die eigenen Geschäftsprozesse – und dann oftmals auch nur für ausgewählte Projekte bzw. bei einzelnen Aufträgen. Der Großteil der betreuten Bauvorhaben dieser Unternehmen wird jedoch in der Regel weiterhin konventionell abgewickelt.<sup>13</sup> Der Umfang der praktischen Einbindung von Lean Construction in Projekten variiert dabei zwischen einer reinen Nutzung einzelner Methoden (dies scheint überwiegend der Fall zu sein) und einer vollumfänglicheren Einbeziehung der Lean-Prinzipien bzw. der Lean-Philosophie in den gesamten Geschäftsbetrieb der Unternehmen. Die Anwender von Lean Construction sind derzeit überwiegend Bauunternehmen, die Lean-Methoden, wie bspw. das ‚Last Planner System‘ oder ‚Taktplanung und Taktsteuerung‘ nutzen. Inzwischen nimmt der Lean-Ansatz auch zunehmend Einzug in die Planungsphase – hierbei wird zur Abgrenzung von Lean in der Bauphase teilweise der Begriff *Lean Design* genutzt.

---

<sup>10</sup> Mit dem Lean-Ansatz ist in der Regel das Lean Management gemeint. Es stellt einen Management-Ansatz dar – manche sagen auch eine Management-Philosophie. Dieser Ansatz ist zunächst die verallgemeinerte (amerikanische) Interpretation des Toyota-Produktionssystems [5]. Im Kern zeichnet sich das Lean Management dadurch aus, dass alle Geschäftstätigkeiten stark auf den Kunden konzentriert werden und darauf, diesem den größtmöglichen Wert zu liefern. Hierfür soll der gesamte Wertschöpfungsprozess dahingehend optimiert werden, dass darin keinerlei Verschwendung mehr auftritt und der Kunde somit in kürzest möglicher Zeit sein Produkt bzw. seine Dienstleistung erhält. Um diesen Beitrag leisten zu können, bindet der Lean-Ansatz übergeordnet ein kontinuierliches Streben nach Perfektion und ein Fokus auf das Lernen ein sowie den besonderen Respekt für den Menschen als Zentrum des eigenen Wertschöpfungsprozesses. *Lean* wird in der Praxis oftmals auch als „gesunder Menschenverstand“ bezeichnet – und das ist nicht falsch. Dennoch zeichnet sich dieser Ansatz durch das verstärkte bzw. konzentrierte Bewusstsein für den Kundenwert, die Verschwendungssensibilität im Prozess, das kontinuierliche Lernen und Streben nach Perfektion sowie durch die Wertschätzung und den Respekt des Menschen aus und bietet hierdurch (sowie durch viele „Best Practice“-Methoden, die diese grundlegenden Vorstellungen systematisch umsetzen) ein großes Wertschöpfungspotenzial [6].

<sup>11</sup> Der erste Aufruf für die Implementierung des Lean-Ansatzes im Bauwesen kam durch einen Forschungsbericht der Stanford University von Professor Lauri KOSKELA im Jahre 1992 [7].

<sup>12</sup> Eine exemplarische Übersicht von Unternehmen mit Lean-Bezug findet sich in der GLCI-Mitgliederdatenbank auf: <https://glci.de/institut/mitglieder/>

<sup>13</sup> Hierzu führen wir am Karlsruher Institut für Technologie (KIT) derzeit ein erstes Forschungsvorhaben durch – mit dem Ziel, die Nutzung sowie die Ausbreitung von Lean Construction in Deutschland besser zu verstehen.

Doch auch auf einer (phasen-)übergeordneten Ebene finden Lean-Konzepte, zumindest in der Wissenschaft, vermehrt Einzug in die Diskurse.<sup>14</sup> Hierbei lassen sich vor allem zwei große Strömungen feststellen:

1. Lean Organisation (d. h. die Implementierung des Lean-Ansatzes im gesamten Unternehmen, zumindest in einem kompletten Unternehmensbereich)
2. Lean Project (d. h. die Implementierung des Lean-Ansatzes im gesamten Bauprojekt)<sup>15</sup>

Während eine *Lean Organisation* (1.) aufgrund des eingegrenzten Verantwortungs- und Einflussbereichs innerhalb des entsprechenden Unternehmens zunächst der „greifbarere“ Schritt zu sein scheint (siehe *Lean-Journey* nach BALLARD et al. [9, S. 136]), kann diese Idee jedoch auch tendenziell zu einem der ursprünglichen Probleme führen, die durch den Lean-Ansatz eigentlich gelöst werden sollen: eine klassische Einzelfallbetrachtung bzw. -optimierung. Man spricht im Lean-Kontext diesbezüglich auch von „Silos“ bzw. von einer „Silooptimierung“, die aufgrund der dann nicht berücksichtigten (obwohl zahlreich vorhandenen) Abhängigkeiten der einzelnen Bereiche zueinander zu einer Verschlechterung des Gesamtsystems führen kann [19, S. 6]. Zwar mag das die (Preis-)Leistung der jeweiligen (Lean-)Organisation zu einem gewissen Grad verbessern und sich durch eine bessere Zusammenarbeit mit anderen Projektbeteiligten im Optimalfall ohne negative Konsequenzen auch insgesamt positiv auf das Projektergebnis auswirken, dennoch bleibt hierdurch vergleichsweise viel Potenzial des Lean-Ansatzes ungenutzt.

Die Idee eines *Lean Project* (2.) hingegen scheint dem tatsächlichen Lean-Ansatz durch seine Ganzheitlichkeit wesentlich mehr zu entsprechen. Ein Projekt wird in der Literatur dann als „lean“ bezeichnet, wenn das gesamte Vorhaben so strukturiert ist, dass das Bauwerk erfolgreich im Sinne des tatsächlichen Kundenbedürfnisses erstellt und dabei über den gesamten Abwicklungsprozess der zugrundeliegende Kundenwert maximiert und die im Prozess entstehende *Verschwendung*<sup>16</sup> minimiert wird<sup>17</sup>. BALLARD et al. [9, S. 140-150] zeigen diesbezüglich auf, welchen Einfluss die unterschiedlichen Beteiligten im Projekt haben, um Lean möglichst ganzheitlich in ein Projekt zu integrieren – es liegt hierbei auf der Hand, dass sowohl der Bauherr als auch der Bauherrnvertreter Lean „am besten“ ganzheitlich in ein Projekt integrieren können. Daher hat der Bauherr im Hinblick auf Lean Construction auch eine besondere Rolle im Bauwesen – die bislang in der Praxis jedoch noch kaum wahrgenommen wird. Nur etwa 4 % der professionellen Bauherrnvertreter/der bauherrnseitigen Projektmanagement-Dienstleister in Deutschland haben Lean-Management in ihrem Leistungsportfolio. Und selbst von diesen Unternehmen wird Lean meist nicht auf übergeordneter Ebene in das Projekt eingebracht, sondern eher für einzelne Phasen (z. B. die Einführung der Last-

---

<sup>14</sup> HEIDEMANN [8, S. 20] konstatiert in ihrer Dissertation aus dem Jahr 2010, dass für einen Einsatz übergeordneter, ganzheitlicher Lean-Konzepte die vergaberechtlichen Rahmenbedingungen ein Hindernis darstellen und daher in der Praxis bis zu diesem Zeitpunkt nicht realisiert worden sind. An diesem Zustand hat sich bislang kaum etwas verändert.

<sup>15</sup> Man könnte durchaus argumentieren, dass für eine optimale Ausnutzung aller Vorteile des Lean-Ansatzes beide Ideen zusammen umgesetzt werden müssten: Jede Organisation, die an einem Projekt mitwirkt, das vollständig nach dem Lean-Ansatz durchgeführt wird, muss selbst vollständig nach dem Lean-Ansatz organisiert sein – „die Utopie einer *Lean Construction Industry*“.

<sup>16</sup> Verschwendung ist in diesem Kontext eine Bezeichnung für alle Tätigkeiten, die ausgeführt werden, für die der Kunde aber nicht bezahlt bzw. die für die Herstellung des entsprechenden Produkts eigentlich nicht notwendig sind [5, S. 53].

<sup>17</sup> Detailliertere Beschreibungen eines Lean-Projekts wurden in der deutsch- und englischsprachigen Literatur nicht gefunden.

Planner-Methode in der Bauausführung) [11, S. 46]. Zumeist beziehen sich, ähnlich wie auch im Verständnis vieler Praktiker, die Lean-Ansätze in der deutschsprachigen Literatur lediglich auf die „gesamte“ Bauausführungsphase<sup>18</sup>.

In der internationalen Literatur werden diese übergeordneten und ganzheitlichen, also das gesamte Projekt einbeziehende, Lean-Konzepte jedoch seit vielen Jahren diskutiert – namentlich u. a. unter den Bezeichnungen *Lean Project Management* und *Lean Project Delivery*. Diese Konzepte versprechen, das Potenzial des Lean-Ansatzes vollumfänglich für das gesamte Projekt zu aktivieren. Es zeigt sich hierbei jedoch auch, dass diese Begriffe sehr undifferenziert genutzt werden – oftmals werden sie auch synonym für *Lean Construction (Management)* oder *Integrated Project Delivery* genutzt. Das kann einerseits zu Verwirrung führen, andererseits hemmt eine solche sprachliche Verwässerung der Konzepte aber vor allem auch einen zielführenden Erfahrungsaustausch. So entstehen Hemmschwellen, die in der Folge dazu führen können, dass sich Praktiker diesen Ansätzen gar nicht erst annähern.

Basierend auf den Ergebnissen einer Analyse einschlägiger Publikationen im Bereich übergeordneter Lean-Konzepte wurden diese in dem vorliegenden Beitrag zunächst auf Basis des initialen Begriffsverständnisses definiert, in den allgemeinen Kontext von *Lean Construction* eingeordnet und voneinander abgegrenzt. Die vorliegende Literaturstudie liefert somit durch den Beitrag zur klaren Begriffsdifferenzierung einen Nutzen für die Forschung in diesem Bereich und erleichtert ebenfalls eine potenzielle Anwendung dieser Konzepte in der Praxis. Generell soll durch diese Publikation ein zielführender Austausch zu diesen Konzepten ermöglicht und gefördert werden.

Nachfolgend werden daher die genannten Begrifflichkeiten in Kapitel 2 definiert und beschrieben. In Kapitel 3 werden die beiden Konzepte in den Kontext von *Lean Construction* eingeordnet und die Zusammenhänge sowie die wesentlichen Unterschiede aufgezeigt. Abschließend wird dieser Beitrag in Kapitel 4 mit einer Diskussion der Erkenntnisse und einem Ausblick auf weitere notwendige Forschungstätigkeiten in diesem Bereich abgerundet.

## 2 Darstellung übergeordneter Lean-Konzepte

### 2.1 Lean Project Delivery

*Lean Project Delivery* ist die Bezeichnung für eine Projektabwicklung (engl. *project delivery*), die gemäß dem Lean-Ansatz durchgeführt wird. In der Literatur findet sich dieses Thema deutlich häufiger als das *Lean Project Management*, weshalb dieses Konzept hier auch zuerst beschrieben werden soll. Zur verständlicheren Darstellung wird nachfolgend kurz auf die einzelnen Begriffskomponenten *Projekt* und *Projektabwicklung* eingegangen.

---

<sup>18</sup> HOFACKER et al. [10] haben 2008 ein *Rapid Lean Construction-Quality Rating Model (LCR)* entwickelt, mit dessen Hilfe sich der Grad der Lean-Einbindung eines Projekts bereits mit einem einstündigen Baustellenbesuch bewerten ließe. Zur Evaluation soll ein Fragebogen mit 30 Fragen genutzt werden. Die Befragung soll zumindest mit zwei Personen eines Bauunternehmens vor Ort durchgeführt werden – bewertet wird hierbei jedoch nicht das gesamte Projekt (wie die Beschreibungen zunächst vermuten lassen), sondern lediglich der Einsatz von Lean in der Tätigkeit des ausgewählten Bauunternehmens (in der Bauausführung) und auch nur bezogen auf das jeweilige Projekt.

Ein *Projekt* ist entgegen dem geläufigen Verständnis nicht einfach eine Bezeichnung für ein beliebiges Vorhaben<sup>19</sup>, sondern eine Bezeichnung für ein (typischerweise risikobehaftetes und komplexes) Vorhaben, dem eine hierauf angepasste (die DIN 69901-5 [13, S. 11] sagt: „projektspezifische“<sup>20</sup>) Organisation bewusst zugrunde gelegt wurde.

Darüber hinaus wird in der Literatur zur Spezifizierung des Begriffs *Vorhaben* u. a. das Eigenständigkeitskriterium genannt [12, S. 188]. Demnach soll sich ein Projekt trotz seiner Eingliederung in einen übergeordneten Zusammenhang für sich „isoliert“ durchgeführt werden können – somit ist es nicht unmittelbar von anderen (temporären) Vorhaben abhängig. Aus diesem Grund muss für die weitere Einordnung der projektbezogenen Lean-Konzepte zunächst die sehr häufig vorzufindende undifferenzierte Verwendung des Projektbegriffs aufgelöst werden: Es wird diesbezüglich von mehreren Autoren empfohlen, zwischen *Auftrag*<sup>21</sup> und *Projekt* zu unterscheiden (z. B. von ERNE [14, S. 13]). Demnach ist das gesamte Bauvorhaben das *Projekt* (da es entsprechend organisiert wird), während z. B. die Durchführung des Rohbaus einen Auftrag darstellt. Auch wenn die gesamte Bauausführung bspw. an einen Generalunternehmer vergeben wird, ist dies ein Auftrag, da diese Aufgabe eben nicht eigenständig durchgeführt wird, sondern im Kontext und in direkter Abhängigkeit des Bauprojekts. Entsprechend gibt es in einem Projekt theoretisch nur eine Projektleitung bzw. ein Projektmanagement – in der Praxis werden diese Bezeichnung bisweilen jedoch inflationär verwendet, was dazu führt, dass in einem Projekt zahlreiche Projektleiter und Projektmanager aus unterschiedlichen Unternehmen zu finden sind (siehe hierzu auch HAGHSHENO und JOHN [11, S. 26-28]).

Der Begriff *Projektentwicklung* wird in der Literatur ebenfalls uneinheitlich genutzt und je nach Perspektive der Autoren mit unterschiedlichen Nuancen versehen (siehe Begriffsanalyse von BUDAU [15, S. 45-47]). Es lässt sich jedoch feststellen, dass diese Bezeichnung meist genutzt wird, um die generelle Art und Weise, wie ein Projekt in seiner Gesamtheit von Anfang bis Ende durchgeführt wird, zu beschreiben. In der Literatur finden sich hierzu verschiedene Strukturierungsansätze, die zur näheren Beschreibung und Differenzierung unterschiedlicher Projektentwicklungsvarianten genutzt werden. Ein häufig zitierter Ansatz sind die drei Projektentwicklungsdomänen von DARRINGTON et al. [16, S. 9-46]. Sie teilen die Projektentwicklung in drei charakteristische und miteinander in Verbindung stehende Aspekte auf:

1. *Organisation des Projekts* (Welche Beteiligten werden in welchen Konstellationen und Beziehungen zueinander, zu welchen Zeitpunkten und mit welchen Aufgabenstellungen in das Projekt eingebunden?)

---

<sup>19</sup> In der Literatur wird diese Neigung „jedes – wie auch immer geartetes – Vorhaben als Projekt zu bezeichnen, als „Projektitis“ kritisiert [12, S. 187].

<sup>20</sup> Wenn ein Projekt jedoch darüber definiert wird, dass es ein Vorhaben mit projektspezifischer Organisation ist, dann liegt hier eine zirkuläre Erklärung vor. Das schafft keine Begriffsklarheit und ist daher nicht sinnvoll für eine Definition.

<sup>21</sup> Eine Vermutung für die Ursache der oftmals synonymen Begriffsverwendung von Auftrag und Projekt begründet sich darin, dass auch bei einem Auftrag (z. B. einer GU-Leistung) Kosten, Termine und Qualität gemanagt werden müssen – aber eben lediglich für den eigenen Auftrag und nicht für das gesamte Bauprojekt. Hierzu werden dann üblicherweise auch Managementmethoden genutzt, die oftmals dem (übergeordneten) Projektmanagement zugeordnet werden.

2. *Vertragsbeziehungen bzw. -bedingungen der Projektbeteiligten* (In welchen Vertragsverhältnissen stehen die Projektbeteiligten zueinander und welche vertraglichen Bedingungen wurden vereinbart?)
3. *Operatives System des Projekts* (Wie und wonach wird das Projekt gemanagt und wie wird das Zusammenarbeiten der Projektbeteiligten und das Wirken im Projekt gestaltet?)

Aufgrund der Vielschichtigkeit der Aspekte, die beschreiben, wie ein Projekt abgewickelt wird, nutzen viele Autoren hierzu auch den Begriff des *Projektentwicklungssystems*.

Eine *lean* Projektentwicklung zeichnet sich entsprechend dadurch aus, dass der Lean-Ansatz in den beschriebenen Domänen bzw. im gesamten Projektentwicklungssystem eingebunden wird. Nun tut sich die Lean-Community jedoch nach wie vor schwer, eine kompakte Definition zu formulieren, was Lean im Bauwesen eigentlich konkret in der Anwendung ausmacht<sup>22</sup> – dennoch lässt sich hierfür nach KOSKELA et al. [18, S. 217] ein übergeordnetes Kriterium festlegen: Alle Projektentwicklungssysteme, die ganzheitlich gemäß dem TFV-Modell<sup>23</sup> agieren, können bereits als *lean* bezeichnet werden, wobei der Grad der Lean-Einbindung stark variieren kann. Das bedeutet, dass ein Projektentwicklungssystem dann *lean* ist, wenn es nicht nur darauf ausgerichtet ist, das Bauwerk zu erstellen, sondern auch während der gesamten Projektdurchführung (systemisch) daran arbeitet, den Kundenwert zu maximieren und die Verschwendung in den Arbeitsabläufen zu minimieren.

Zur genaueren Beschreibung der einzelnen Domänen der Projektentwicklung kann darüber hinaus eine Untersuchung von MESA et al. [21, S. 399-402] herangezogen werden. Sie haben auf Basis einer Literaturanalyse die Konzepte *Lean Project Delivery* (LPD) und *Integrated Project Delivery* (IPD) miteinander verglichen<sup>24</sup>. Die Ergebnisse gehen über die Aussage von KOSKELA et al. [18] hinaus und zeigen auf, dass einem *Lean Project Delivery System* in der Literatur feste Charakteristika zugeschrieben werden können (siehe Tab. 1)<sup>25</sup>. Sie schlussfolgern, dass durch die Anwendung des Lean-Ansatzes (im Vergleich zur konventionellen Abwicklung) die Projekte insgesamt kollaborativer

<sup>22</sup> Für eine Diskussion zahlreicher Definitionen von Lean bzw. Lean Construction siehe [17].

<sup>23</sup> Das TFV-Modell von KOSKELA [19, S. 89–91] beschreibt drei Perspektiven auf die Produktion bzw. auf Projekte – KOSKELA folgt dabei grundsätzlich der Ansicht, dass Projekte als temporäre Produktionssysteme betrachtet werden sollten: „T“ steht für die Transformations-Perspektive, die die Produktion als eine Transformation von Input in Output betrachtet und sich dabei stark auf die Effizienz der Aktivitäten konzentriert, „F“ steht für die Fluss-Perspektive, die die Produktion als einen Fluss von Materialien und Informationen betrachtet und dabei stark auf die Organisation des Arbeitsablaufs und die Vermeidung von Verschwendung ausgerichtet ist und das „V“ steht für die Wertschöpfungs-Perspektive (engl. value generation), die die Produktion als einen Prozess betrachtet, der durch die Erfüllung der Kundenanforderungen einen Wert generiert – diese Perspektive konzentriert sich dabei vor allem auf die Eliminierung von Wertverlust – siehe hierzu auch GEHBAUER und KIRSCH [20, S. 504–506].

<sup>24</sup> Die Analyse zeigt die hohe Ähnlichkeit beider Konzepte auf. Hinsichtlich der *Organisation des Projekts* (1.) fördern beide Konzepte die Integration des Projektteams sowie die frühe Einbindung zentraler Beteiligter im Projekt. Auch im Hinblick auf die *Vertragsbeziehungen und -bedingungen* (2.) sind sich beide Konzepte auf grundsätzlicher Ebene sehr ähnlich (beide nutzen bzw. empfehlen relationale Verträge), wobei sich die typischen Vertragswerke und -modalitäten voneinander unterscheiden (können). Der größte Unterschied liegt im *operativen System* (3.): Während sich LPD hier durch einen Lean-Ansatz charakterisiert, macht IPD keine hierbei spezifischen Vorgaben. Werden Lean-Methoden im operativen System der IPD genutzt, wird dafür teilweise die Bezeichnung *Lean Integrated Project Delivery* gewählt.

<sup>25</sup> Wobei sie in ihrer Diskussion auch darlegen, dass es Autoren gibt, die hier abweichende Meinungen vertreten. BALLARD [22] zum Beispiel beschreibt *Lean Project Delivery* über den Aspekt der Kollaboration in der Organisation und der Lean-Anwendung im operativen System des Projekts, nimmt jedoch explizit keine speziellen Verweise in Bezug auf die Vertragsgestaltung mit auf. BALLARD und HOWELL [23] führen allerdings auch auf, dass traditionelle Vertragsformen die Anwendung von Lean zumindest nicht fördern oder begünstigen. Hierfür wurde daher ein relationales Vertragswerk entwickelt: *Integrated Form of Agreement* (IFOA) – hierin wird die Einbindung der Lean-Prinzipien und die Nutzung von Lean-Methoden im Projekt direkt eingefordert.

durchgeführt werden und der Kunde stärker in das Projekt und die einzelnen Prozesse einbezogen wird [21, S. 396].

<i>Domänen der Projekt- abwicklung</i>	<i>Lean Project Delivery System</i>
Organisation des Projekts	<ul style="list-style-type: none"> <li>- integrierte Governance</li> <li>- integriertes Projektteam</li> <li>- frühzeitige Einbindung zentraler Projektbeteiligter</li> </ul>
Vertragsbeziehungen bzw. -bedingungen der Projektbeteiligten	<ul style="list-style-type: none"> <li>- relationale Verträge, die folgende Punkte umfassen<sup>26</sup>:               <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Kollaboration über den gesamten Projektablauf</li> <li>2. Förderung der Beziehungen zwischen den Projektbeteiligten</li> <li>3. Projekte werden als <i>Netzwerk von Zusagen</i><sup>27</sup> betrachtet</li> <li>4. Verbesserung soll auf Projektebene und nicht isoliert auf Tätigkeitsebene stattfinden</li> <li>5. Das Prinzip des Lernens wird an alle Tätigkeiten geknüpft</li> </ol> </li> <li>- Darüber hinaus sollen auch die Lean-Prinzipien und Lean-Verhaltensweisen vertraglich verankert werden.</li> </ul>
Operatives System des Projekts	<ul style="list-style-type: none"> <li>- flussbasierter Ansatz</li> <li>- zuverlässiger und zügiger Arbeitsablauf</li> <li>- Verbesserung soll auf Projektebene und nicht isoliert auf Tätigkeitsebene stattfinden</li> <li>- Darüber hinaus sollen Lean-Methoden, wie das <i>Target Value Design</i>, das <i>Last Planner System</i> oder das <i>Set-Based Design</i> Anwendung finden.</li> </ul>

Tab. 15: Charakterisierung des *Lean Project Delivery System* (nach [21, S. 402])

BALLARD publizierte im Jahr 2000 [22] und im Jahr 2008 [28] mit seinem *Lean Project Delivery System* einen konkreteren Vorschlag zur ganzheitlichen Einbindung des Lean-Ansatzes in die Projektabwicklung. Im Zentrum seines Vorschlags steht ein Modell mit integrierter Phasenlogik (dargestellt durch die überlappenden Dreiecke in Abb. 1, die den vier Phasen *Projektdefinition*, *Planung*, *Bereitstellung* und *Fertigung* zugeordnet werden). Das Projektmanagement (oder wie BALLARD es im Hinblick auf sein Verständnis, dass Projekte als temporäre Produktionssysteme betrachtet werden sollten, nennt: das Produktionsmanagement) besteht vor allem aus der Steuerung

<sup>26</sup> Diese Aspekte werden als die „fünf großen Ideen“ bezeichnet [24]. Erstmals wurden diese im Zuge der Pionier-Projekte für Sutter Health eingeführt.

<sup>27</sup> Das Konzept des *Netzwerks von Zusagen* im Projekt ist eine Kernkomponente der „neuen“ Art und Weise, wie die Arbeit bzw. der Arbeitsfluss nach dem Ansatz von Lean Construction gesteuert wird. In konventionellen Projekten wird diesbezüglich meist von zentraler Stelle im Projekt ein (wie auch immer erstellter) Terminplan vorgegeben, der dann vom Projektmanagement genutzt wird, um die Ressourcen entsprechend dieser Vorgaben einzuteilen und die Arbeiten zu koordinieren. Der Fortschritt wird dokumentiert und erst bei Abweichung werden korrigierende Maßnahmen initiiert. HOWELL und KOSKELA [25, S. 2] kritisieren hierbei, dass der Umfang der Arbeit und die jeweiligen Übergaben an den Schnittstellen dabei nicht ausreichend greifbar und vorhersagbar sind, da die meisten Tätigkeiten in wechselseitiger Abhängigkeit zueinanderstehen und deshalb nicht sequenziell geplant werden können. Das führe zwangsweise zu viel Unstetigkeit und Unsicherheit im Ablauf. Der ‚Lean Construction‘-Ansatz nutzt daher eine andere Herangehensweise: das *Netzwerk von Zusagen*. Eine systematische Anwendung hiervon findet sich bspw. im *Last Planner System*. Dabei wird mit den die Aktivitäten tatsächlich ausführenden Akteuren gemeinsam überlegt, welche Tätigkeiten in den nächsten sechs Wochen (hierbei ein üblicher Zeitraum) konkret ausgeführt werden müssen/können und welche Voraussetzungen dafür erfüllt sein sollten (= Make-Ready). Wenn alle Voraussetzungen erfüllt sind, machen die Akteure im Zuge der sogenannten Commitment-Planung eine Zusage für die Erledigung der entsprechenden Aktivitäten der kommenden Woche [26, S. 122-127]. GEHBAUER [27, S. 14] nennt es daher auch ein Aktionsnetzwerk, da sich hierüber das Engagement der Beteiligten stark entwickelt, diese Zusagen auch einzuhalten.

sowie der Arbeitsstrukturierung und verläuft phasenübergreifend von Beginn bis zum Abschluss des Projekts. Die systematische Einbindung von Feedback zwischen den Beteiligten und dem Kunden wird durch den Rücklauf am Ende des Projekts symbolisiert. Derartiges Feedback ist jedoch auch kleinteilig über den gesamten Projektverlauf vorgesehen.<sup>28</sup>

Die zentralen zu behandelnden Themen (dargestellt als Kreise) einer Phase (dargestellt durch die Dreiecke) stehen bei dem Lean Project Delivery System nach BALLARD in einer direkten iterativen Beziehung zueinander (veranschaulicht durch die Verbindungslinien), sodass die entsprechenden Stakeholder hierfür in enger Abstimmung miteinander stehen. In die nächste Phase wird erst dann gewechselt, wenn die drei Themen vollständig aufeinander abgestimmt sind (Gate-Funktion). Bereits in der ersten Phase (= Projektdefinition) ist vorgesehen, dass Akteure aller Phasen aus dem Lebenszyklus des Projekts und des späteren Objekts eingebunden werden. Von der zweiten Phase (= Planung) kann grundsätzlich auch wieder in die vorherige Phase zurückgewechselt werden, wenn neue und sinnvolle Ideen zur Wertsteigerung des Kunden aufkommen. Entscheidungen werden dabei grundsätzlich über den gesamten Projektverlauf systematisch bis zum *letzten verantwortbaren Moment* aufgeschoben, um länger potenzielle Alternativen entwickeln bzw. durchdenken zu können – wieder im Hinblick auf eine mögliche Wertsteigerung für den Kunden.

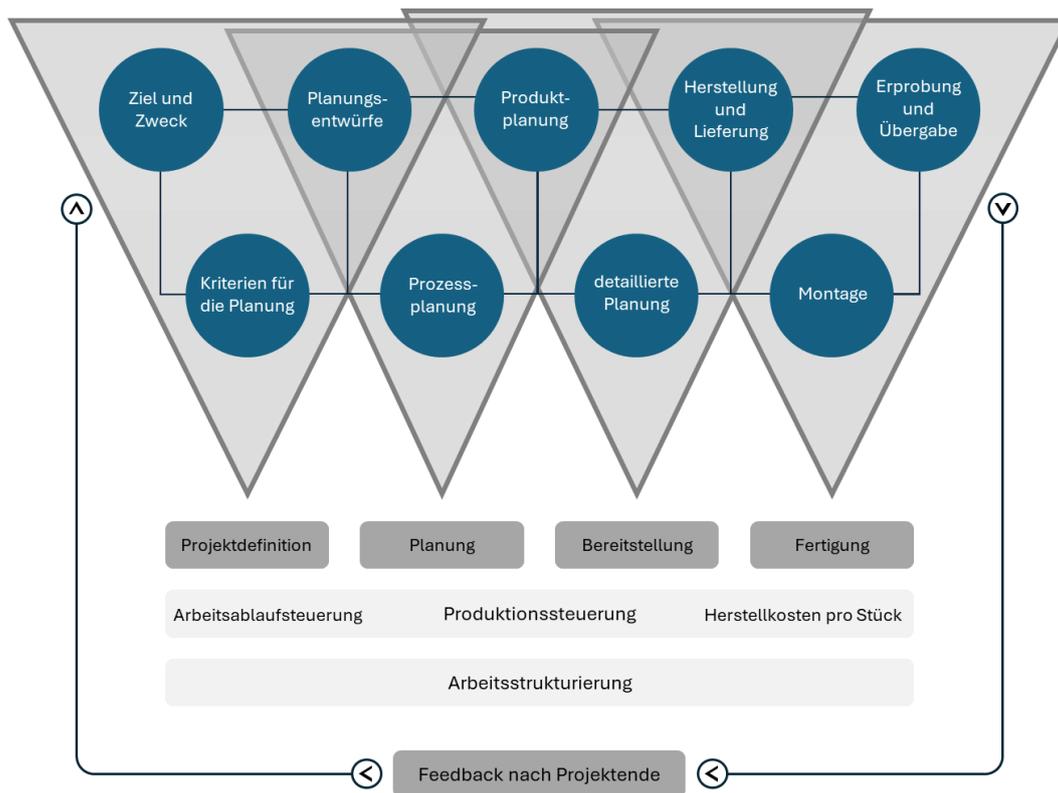


Abb. 12: Triaden des Lean Project Delivery System [28, S. 1] – frei übersetzt

Zusammengefasst: Durch die Einbindung von Lean in die Organisation des Projekts, in das operative System des Projekts und in die vertraglichen Aspekte der Projektbeteiligten verändert sich die Art und

<sup>28</sup> Für einen konkreten Gestaltungsvorschlag eines projektbegleitenden Feedbacksystems gemäß dem Lean-Ansatz siehe JOHN und WEISSINGER, 2023 [29].

Weise, wie ein Projekt durchgeführt wird. Im Vordergrund stehen u. a. der Fokus auf den Kundenwert, die Integration und frühzeitige Einbindung der wichtigen Beteiligten, Kollaboration und Lernen sowie ein zusagen- und flussbasiertes Managen der Arbeit im Projekt.

## 2.2 Lean Project Management

*Lean Project Management* bezeichnet zunächst die (vollumfängliche) Anwendung des Lean-Ansatzes im Projektmanagement. Analog zu *Lean Project Delivery* soll als begriffliche Basis zunächst das *Projektmanagement* beschrieben werden.

*Projektmanagement* ist (gemäß dem in Kap. 2.1 dargelegten Projektverständnis) die Bezeichnung für das ganzheitliche Management des gesamten Bauvorhabens und das liegt naturgemäß in der Verantwortung des Bauherrn (bzw. seines Vertreters<sup>29</sup>). Generell kann das Projektmanagement zur Beschreibung seiner Aufgabenbereiche in drei Dimensionen untergliedert werden:<sup>30</sup>

1. Zeitliche Dimension – das Projektmanagement hat grundsätzlich die Funktion, das Projekt über den gesamten Verlauf so zu managen, dass alle (vom Projektmanagement) definierten Projektziele erreicht werden. Dabei kann in vier zentrale Phasen unterschieden werden: *Einführung, Planung, Ausführung, Abschluss*.
2. Funktionale Dimension – hierzu gehört u. a. die entsprechende *Gestaltung* des Vorhabens als eine eigene temporäre Organisation (KOSKELA [19] spricht von der Gestaltung des Produktionssystems), das *Planen* der notwendigen (zumindest übergeordneten) Aktivitäten, das *Koordinieren, Kontrollieren* und *Steuern* der Durchführung, das Treffen und Durchsetzen der notwendigen *Entscheidungen* sowie Anleiten und Führen des involvierten *Personals*.
3. Thematische Dimension – diese Dimension benennt die Themenfelder, in denen das Projektmanagement handeln muss: *Kosten und Finanzierung, Termine, Qualität, Leistungsumfang, Stakeholder, Projektstruktur, Änderungen, Ressourcen, Beschaffung, Risiko und Chancen, Personal* und *Wissen*.

Das Konzept des *Lean Project Management* bezeichnet daher, die Anwendung des Lean-Ansatzes in allen Aufgabenbereichen des Projektmanagements. Hierbei gibt es in der Literatur unterschiedliche Herangehensweisen, wie dieses Konzept beschrieben wird. Varianten sind die Übertragung der fünf Lean-Prinzipien nach WOMACK und JONES [30] auf die Tätigkeiten des Projektmanagements (siehe z. B. MOUJIB [31]). KOSKELA [19] ergänzt diesbezüglich die Funktion des kontinuierlichen Verbesserns der Durchführung aller anderen Funktionen im Projektmanagement (siehe funktionale Dimension (2.)). Andere Autoren betrachten wiederum die Verschwendung im Projektmanagement bzw. im Projekt (siehe z. B. ANSAH et al. [32]). Generell zeigt sich jedoch, dass Abhandlungen in der Literatur,

---

<sup>29</sup> In Deutschland häufig als Bauherrnvertretung oder Projektsteuerung bezeichnet. Je nach Leistungsumfang und Vertragsgrundlage finden auch die Bezeichnungen Projektleitung und Projektmanagement Anwendung.

<sup>30</sup> Die drei vorgestellten Managementdimensionen, bestehend aus der zeitlichen Komponente, der funktionalen Komponente sowie der thematischen Komponente, sind Teil einer bislang noch nicht veröffentlichten Studie von JOHN und HOHLWECK (*Analyse und Vergleich von Methoden aus dem Lean Management und dem Projektmanagement*). Die Komponenten wurden im Zuge einer umfangreichen Synopse gängiger Standards und Forschungsarbeiten sowohl aus dem allgemeinen Management als auch aus dem Projektmanagement definiert.

wenn sie das *Lean Project Management* diskutieren, meist nur einzelne Lean-Construction-Methoden anführen oder sich auf das *Lean Project Delivery System* beziehen. Eine tiefergehende Untersuchung zur Übertragung des Lean-Ansatzes im übergeordneten Projektmanagement bei Bauvorhaben gibt es bislang nicht.

### 3 Einordnung und Differenzierung der Lean-Konzepte

Aus den Beschreibungen der beiden Lean-Konzepte *Lean Project Delivery* (Kap. 2.1) und *Lean Project Management* (Kap. 2.2) lässt sich erkennen, dass diese eng zusammenhängen. Nachfolgend wird ein Vorschlag für die Einordnung und Differenzierung beider Konzepte gegeben, um diese im Sprachgebrauch differenzierter verwenden zu können.

Der Unterschied beider Konzepte liegt primär in ihrer Perspektive. Das Konzept *Lean Project Delivery* bezieht sich auf das Projekt als Ganzes bzw. auf das System und beschreibt hierbei die generelle Art und Weise, wie das Projekt durchgeführt bzw. abgewickelt wird. Das Konzept *Lean Project Management* hingegen bezieht sich auf die übergeordnete Managementtätigkeit des Bauherrn und beschreibt, wie dieser innerhalb seiner Funktion im Projekt an seine entsprechenden Tätigkeiten herangeht, welche Haltung er dabei einnimmt und welche Prinzipien er seinen Entscheidungen zugrunde legt.

Das Aufsetzen eines *Lean Project Delivery System* ist Teil des Aufgabenbereichs eines (*leanen*) Projektmanagements. Es geht beim *Lean Project Management* jedoch um mehr als nur die Gestaltung eines *leanen* Projektabwicklungssystems – u. a. darum, mit der Haltung der kontinuierlichen Verbesserung dieses System bereits während dem laufenden Projekt und über das Projekt hinaus weiterzuentwickeln. Auch der im Lean-Ansatz oftmals hervorgehobene *Respekt für Menschen* lässt sich zwar bis zu einem gewissen Grad systemisch (im *Lean Project Delivery System*) verankern, muss jedoch auch im tatsächlichen Arbeitsalltag gelebt und praktiziert werden. Hierfür kommen Aspekte wie die Projektkultur und das damit in Verbindung stehende Führungsverhalten zur Geltung („tone from the top“). Gegenstand des *Lean Project Managements* ist es daher, diese Lean-Haltung selbst einzunehmen und sie auch den Menschen im Projekt zu vermitteln, denn „People are the most powerful project management tool“ [33, S. 2].

Einerseits verändert sich durch den Einbezug des Lean-Ansatzes also das System und andererseits die Art des Managens. Das Projektmanagement gestaltet zu Beginn des Projekts das Projektabwicklungssystem und managt daraufhin das Projekt über den gesamten restlichen Projektablauf innerhalb dieses Projektabwicklungssystems (siehe Abb. 2). Je besser daher die systemischen Rahmenbedingungen sind, die im Projektabwicklungssystem verankert wurden, desto besser lässt sich das Projekt nach dem Lean-Ansatz managen. Man könnte die beiden Lean-Konzepte (bzw.: ‚Lean Project‘-Konzepte, um hiermit den übergeordneten Bezugsrahmen auch begrifflich zu

verankern) daher metaphorisch auch als die zwei Seiten der gleichen (Lean Project) Medaille bezeichnen.<sup>31</sup>

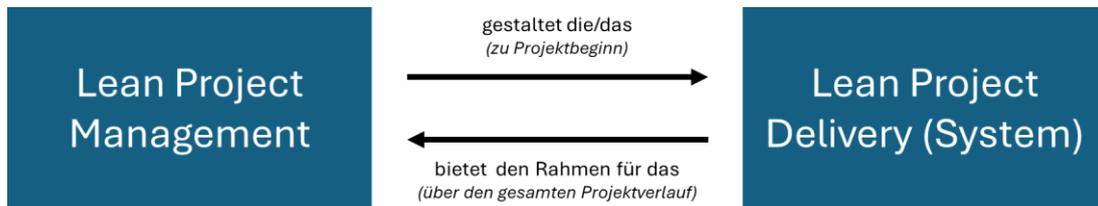


Abb. 13: Zusammenhang der ‚Lean Project‘-Konzepte

## 4 Zusammenfassung und Ausblick auf weitere Entwicklungen

Zentraler Gegenstand dieses Beitrags ist die begriffliche Klarstellung von Lean-Konzepten im Bauwesen, um dadurch eine zielführendere Diskussion zu ermöglichen. Nachfolgend werden die zentralen Definitionen nochmals zusammengefasst:

1. Übergeordnet wird die Anwendung des Lean-Ansatzes im Bauwesen bzw. das Lean Management im Bauwesen als **Lean Construction** bezeichnet. Teilweise wird auch die Abwandlung *Lean Construction Management* genutzt. Diese Begrifflichkeit bildet damit die Klammer um alle weiteren Lean-Konzepte im Bauwesen.
2. Da sich viele Lean-Methoden bislang verstärkt auf die Bauausführungsphase konzentrieren, hat man zur Abgrenzung bzw. Eingrenzung hinsichtlich der Planungsphase den Begriff **Lean Design** gewählt (oder *Lean Design Management*) – damit ist die Anwendung des Lean-Ansatzes in der Planung bei Bauvorhaben gemeint.
3. Wird der Lean-Ansatz in der (gesamten) Projektabwicklung auf systemischer Ebene verankert, dann spricht man von einer *Lean Project Delivery* bzw. von einem **Lean Project Delivery System**.
4. Wird der Lean-Ansatz in der Funktion des übergeordneten Projektmanagements angewendet, dann wird von **Lean Project Management** gesprochen.

Während in der Literatur insbesondere für die systemische Verankerung des Lean-Ansatzes im Projektabwicklungssystem einige Vorschläge und Ideen diskutiert werden (z. B. das Phasenmodell nach BALLARD [28] oder das IFOA-Vertragswerk (Integrated Form of Agreement)), so sind im Bereich von *Lean Project Management* derzeit nur wenige Abhandlungen vorhanden – und diese auf einer vergleichsweise hohen Flugebene.

Im Zuge meiner eigenen Promotion werde ich dieses Themenfeld weiter bearbeiten. Parallel hierzu haben wir im März 2024 unter Beteiligung der beiden großen Verbände dieser zwei „Welten“ – Lean Construction (GLCI) und Projektmanagement im Bauwesen (DVP) – die Fachgruppe ‚Lean Project

<sup>31</sup> In der Literatur ist man sich weitestgehend darin einig, dass beide Konzepte nicht absolut sind, sondern dass ab einer gewissen Durchdringung mit dem Lean-Ansatz die Bezeichnung ‚Lean‘ im Namen bereits gerechtfertigt werden kann.

Management<sup>32</sup> gegründet. Ziel unserer Arbeit wird es sein, erste anwendungsorientierte Leitlinien für die Praxis zu erstellen, um die Entwicklung der „Leanifizierung“ im Bauwesen weiter voranzutreiben, sodass zukünftig wesentlich mehr Bauprojekte ohne Verschwendung und zur Zufriedenheit des Kunden fertiggestellt werden.

## 5 Literaturverzeichnis

- [1] R. Turner, *The Handbook of Project-Based Management: Leading Strategic Changes in Organizations*, 4. Aufl., New York (USA) u. a.: McGraw-Hill Education, 2014.
- [2] DB Projekt Stuttgart-Ulm GmbH (Publ.), Vorteile und Nutzen für Arbeit und Wirtschaft, Projekt-Homepage, <https://www.bahnprojekt-stuttgart-ulm.de/projekt/vorteile-und-nutzen/arbeit-und-wirtschaft/>, abgerufen am: 28.05.2024, o. J.
- [3] Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB), Reform Bundesbau - Bessere Kosten-, Termin- und Qualitätssicherheit bei Bundesbauten, Publikation, [https://wibe.de/wp-content/uploads/re-form\\_bundesbau\\_broschuere\\_bf.pdf](https://wibe.de/wp-content/uploads/re-form_bundesbau_broschuere_bf.pdf), 2016.
- [4] Almondia, „Bauherrn-Studie“: Bei mehr als 70 Prozent der privat errichteten Häuser laufen die Baukosten aus dem Ruder / Zudem kann nur gut jedes zweite Eigenheim pünktlich bezogen werden, Pressemitteilung, [https://almondia.com/wp-content/uploads/2020/05/Almondia\\_PM\\_20170906\\_Bauherren-Studie2017.pdf](https://almondia.com/wp-content/uploads/2020/05/Almondia_PM_20170906_Bauherren-Studie2017.pdf), 2017.
- [5] T. Ohno, *Das Toyota-Produktionssystem*, 3. Aufl., Frankfurt/New York: Campus Verlag, 2013.
- [6] G. Howell, What is Lean Construcion?, in: o. Hrsg., 7<sup>th</sup> Annual Conference of the International Group for Lean Construction, Berkeley (USA), 1999.
- [7] L. Koskela, Application of the new production philosophy to construction, Forschungsbericht #72, CIFE Center fir Integrated Facility Engineering, Stanford University, 1992.
- [8] A. Heidemann, *Kooperative Projektabwicklung im Bauwesen unter Berücksichtigung von Lean-Prinzipien – Entwicklung eines Lean-Projektabwicklungssystems*, Dissertation am Karlsruher Institut für Technologie (KIT), 2010.
- [9] G. Ballard, Y. Kim, J. Jang, M. Liu, Roadmap for Lean Implementation at the Project Level, Forschungsbericht 234-11 des Construction Industry Institute, 2007.
- [10] A. Hofacker, B. Fernandes de Oliveira, F. Gehbauer, M. d. Darma Duarte Freitas, R. Mendes Jr, A. Santos, J. Kirsch, Rapid Lean Construction-Quality Rating Model (LCR), S. 241–250, in: o. Hrsg., 16<sup>th</sup> Annual Conference of the International Group for Lean Construction, Manchester (Großbritannien), 2008.
- [11] S. Haghsheno, P. C. John, Marktbericht – Bauherrnseitige Projektmanagement-Dienstleistungen in Deutschland, Forschungsbericht, herausgegeben durch den Deutschen Verband für Projektmanagement in der Bau- und Immobilienwirtschaft e. V., 2024.

---

<sup>32</sup> Weitere Informationen unter: [gci.de/arbeits-und-fachgruppen/arbeits-und-fachgruppe-lean-project-management/](https://gci.de/arbeits-und-fachgruppen/arbeits-und-fachgruppe-lean-project-management/)

- 
- [12] E. Motzel, T. Möller, Projektmanagement Lexikon – Referenzwerk zu den aktuellen nationalen und internationalen PM-Standards, 3. Aufl., Weinheim: Wiley-VCH Verlag, 2017.
- [13] DIN 69901-5, Projektmanagement – Projektmanagementsysteme – Teil 5: Begriffe, 2009.
- [14] R. Erne, Lean Project Management – Wie man den Lean-Gedanken im Projektmanagement einsetzen kann, Wiesbaden: Springer Gabler, 2019.
- [15] M. Budau, Integrierte Projektabwicklung mit Mehrparteienverträgen – Untersuchungen zur Wirkung der vertraglichen Gestaltungsoptionen, Dissertation am Karlsruher Institut für Technologie (KIT), 2023.
- [16] J. Darrington, D. Dunne und W. Lichtig, Organization, Operating System and Commercial Terms, S. 9–46, in: C. Thomsen, J. Darrington, D. Dunne, W. Lichtig, Managing Integrated Project Delivery, Publikation der Construction Management Association of America, [www.cmaanet.org](http://www.cmaanet.org), 2009.
- [17] A. Mossman, What is Lean Construction: Another Look – 2018, in: V. González, Proc. 26<sup>th</sup> Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC), 2018.
- [18] L. Koskela, G. Howell, G. Ballard, I. Tommelein, The Foundations of Lean Construction, in: R. Best, G. de Valence, Design and Construction, 1. Aufl., London (Großbritannien). Routledge, 2002.
- [19] L. Koskela, An exploration towards a production theory and its application to construction, Dissertation an der Helsinki University of Technology (Finnland), 2000.
- [20] F. Gehbauer, J. Kirsch, Lean Construction – Produktivitätssteigerung durch „schlanke“ Bauprozesse, S. 504–509, Bauingenieur, Band 81, 2006.
- [21] H. Mesa, K. Molenaar, L. Alarcón, Comparative Analysis between Integrated Project Delivery and Lean Project Delivery, S. 395–409, International Journal of Project Management, Vol. 37, 2019.
- [22] G. Ballard, Lean Project Delivery System, LCI White Paper-8 (Revision 1), Lean Construction Institute, 2000.
- [23] G. Ballard, G. Howell, Relational Contracting and Lean Construction, S. 1–4, Lean Construction Journal, Vol. 2 (1), 2005.
- [24] H. Macomber, Putting the Five Big Ideas to Work, Lean Project Consulting (Paperreihe), 2010.
- [25] G. Howell, L. Koskela, Reforming Project Management: The Role of Lean Construction, in: o. Hrsg., 8<sup>th</sup> Annual Conference of the International Group for Lean Construction, Brighton (Großbritannien), 2000.
- [26] G. Ballard, G. Howell, Lean Project Management, S. 119–133, Building Research & Information, Vol. 31 (2), 2003.
- [27] F. Gehbauer, Lean Management im Bauwesen – Grundlagen, White Paper, Institut für Technologie und Management im Baubetrieb, Karlsruher Institut für Technologie (KIT), 2011.

- [28] G. Ballard, The Lean Project Delivery System: An Update, S. 1–19, Lean Construction Journal, 2008.
- [29] P. C. John, M. Weissinger, Konzeption eines Projektbeteiligten-Feedbacksystems zur Verbesserung der menschlichen Leistungserbringung bei der Bauprojektentwicklung, S. 127–134, Tagungsband zum 32. BBB-Assistent:innentreffen, 2023.
- [30] J. Womack, D. Jones, Lean Thinking – Ballast abwerfen, Unternehmensgewinne steigern, 3. Aufl., Frankfurt/New York: Campus Verlag, 2013.
- [31] A. Moujib, Lean Project Management, Konferenzbeitrag, PMI Global Congress, 2007.
- [32] R. Ansah, S. Sorooshian, S. Mustafa, Lean Construction: An Effective Approach for Project Management, S. 1607–1612, ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences, Vol. 11 (3), 2016.
- [33] G. Howell, H. Macomber, Why Do Projects on a Lean Basis?, Lean Project Consulting (Paperreihe), 2012.

# Anforderungsprofil des Lean Bauprojektmanagers

Phillip Süß<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Technische Universität Graz, Institut für Baubetrieb und Bauwirtschaft; phillip.suess@tugraz.at

## Kurzfassung

Lean Construction als Trend in der Bauwirtschaft verspricht eine höhere Effizienz im Bauprozess, weniger Störungen und Kostenüberschreitungen sowie eine kollaborative Projektabwicklung. Die Ausschöpfung der vollen Potenziale dieser Philosophie gelingt mit dem Führungsstil Lean Leadership. Um diesen Führungsstil anwenden zu können, sind neue und veränderte Anforderungen in dem Rollenbild, den Verhaltensweisen und den Kompetenzen von Bauprojektmanagern erforderlich. In diesem Beitrag wird die Vorgehensweise der Literaturrecherche der zugrundeliegenden Forschungsarbeit vorgestellt. Abschließend stellt der Fachbeitrag die empirische Vorgehensweise der Datensammlung mittels qualitativen leitfadengestützten Experteninterviews sowie die Auswertung mittels der Technik der strukturierten qualitativen Inhaltsanalyse als Ausblick vor. Die Ergebnisse der systematischen Literaturrecherchen zeigen, dass der Forschungsbereich des traditionellen Bauprojektmanagements bereits stark erforscht wurde, während es noch wenige Untersuchungen im Bereich Lean-Bauprojektmanagement gibt.

*Schlagwörter: Lean Construction, Lean Leadership, Bauprojektmanagement, Anforderungsprofil*

# 1 Einleitung

Neben aktuellen Entwicklungen in der Baubranche wie Building Information Modeling [1, S. 515] und der Digitalisierung in der Form von Industrie 4.0 und Big Data [2, S. 2] zeigt sich parallel dazu die Einführung des Lean Baumanagement Ansatzes ebenso als Trend [3, S. 1]. Die Anwendung der Lean Prinzipien im Bauwesen wird Lean Construction genannt [4, S. 1]. Lean Construction bietet das Potenzial Bauprojekte kostengünstiger, schneller, mit weniger Ressourcenverbrauch und geringerem Einfluss auf die Umwelt abzuwickeln [5, S. 154]. Dieser Ansatz wird von mehr und mehr Bauunternehmen aufgegriffen, um der stagnierenden Produktivität der gesamten Branche sowie der immer kürzer werdenden Bauzeiten bei der Bauwerkserrichtung entgegenzuwirken [6, S. 14]. Die Anwendung der Lean Prinzipien, Werkzeuge und Methoden im Kontext der Bauprojektentwicklung setzt allerdings voraus, dass im gesamten Projektteam ein breites Grundlagenwissen über die Lean Philosophie durch Lean-spezifisches Training generiert wurde [7, S. 2565]. Darüber hinaus verändert die Anwendung von Lean Construction nicht nur die Verhaltensweisen der einzelnen Akteure [8, S. 568], sondern verlangt auch geänderte Rollen, welche die Personen in dem Bauprojektteam einnehmen müssen [9, S. 151]. Mit diesen geänderten Anforderungen im Gegensatz zur klassischen Projektentwicklung stehen Bauunternehmen sowie ganze Projektteams häufig vor der Herausforderung, den Ansatz des Lean Managements langfristig erfolgreich anzuwenden [10, S. 370]. Dabei zeigt sich die Resistenz gegen die veränderten Verhaltensweisen als eine der stärksten Herausforderungen [11, S. 17]. Unternehmen, welche Lean Management als ganzheitliche Managementphilosophie betrachten, streben vor allem einen Wandel hin zu einer Lean Kultur an [12, S. 309]. Die Anwendung der Werkzeuge und Methoden in verschiedenen Bereichen wie der Bauausführung, Bauplanung oder der Baulogistik führt zur Ausbildung einer Lean Kultur [13, S. 25]. Lean Systeme wie das Last Planner System können nur in einer lernenden Kultur funktionieren und überleben [14, S. 30]. Dieser Kulturwandel wird als wichtige Voraussetzung für eine erfolgreiche Implementierung des Lean Ansatzes gesehen [15, S. 359]. Fehlt dieser Kulturwandel oder wird dieser außer Acht gelassen, so ist dies einer der Hauptgründe, warum der Lean Ansatz als ganzheitliche Managementphilosophie nur von sehr wenigen Unternehmen nachhaltig und erfolgreich eingesetzt wird [16, S. 972]. Lean Leadership ist die Art der Führung, um alle Projektbeteiligten auf die bestmögliche Werterfüllung für den Endkunden auszurichten. Auf diese Art der Führung wird im Lean Construction besonderen Wert gelegt, ganz gleich ob auf Baustellen-, Projekt- oder Unternehmensebene [17, S. 33]. Die Forschung beschäftigt sich zunehmend mit dem Begriff Lean Leadership. Abbildung 2-1 veranschaulicht eine Gegenüberstellung der Suchergebnisse des Ausdruckes „Lean Leadership“ in verschiedenen Literaturdatenbanken. Dabei wurde keine Zeiteinschränkung gewählt. Es zeigt sich, dass die ersten Publikationen schon vor der Jahrtausendwende veröffentlicht wurden, jedoch erst in dem Zeitraum der letzten 10 Jahre der Begriff Lean Leadership vermehrt erforscht wurde.

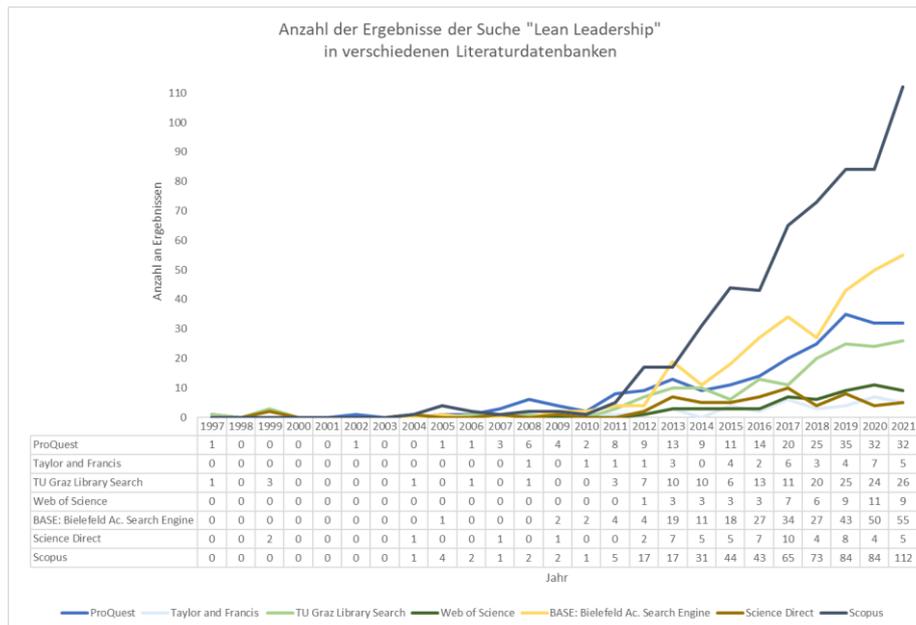


Abb. 1-1: Ergebnisse der Literatursuche "Lean Leadership"<sup>33</sup>

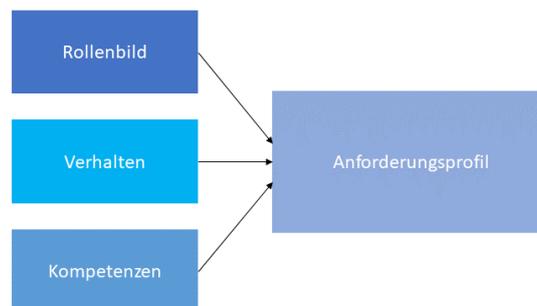
Obwohl die Transformation hin zu einer Bauprojektentwicklung nach dem Lean Construction Ansatz einen Paradigmenwechsel darstellt, muss der eigentliche Wandel auf der individuellen Ebene bei jeder Einzelperson passieren [18, S. 350], um die Auswirkungen der gemeinsamen Zusammenarbeit besser zu verstehen und das Zustandekommen des angestrebten Kulturwandels zu unterstützen. Diese Forschungsarbeit legt die Perspektive auf das einzelne Individuum, um zu erforschen, wie ein Wandel in der Denkweise, in dem Verhalten und bei den Kompetenzen von Lean Leadership anwendenden Bauprojektmanagern dabei helfen kann, die Potenziale des Lean Ansatzes besser zu nutzen und die Implementierung in der Baubranche zu ermöglichen und weiter zu unterstützen. Dabei soll die Forschungsfrage, *welche Anforderungen Bauprojektmanager während der Bauprojektentwicklung mittels Lean Leadership Ansatz erfüllen müssen*, beantwortet werden. Das Ziel ist die Entwicklung eines Anforderungsprofils zur gebündelten Beschreibung dieser Anforderungen und die Identifikation der Veränderungen in den Anforderungen zum traditionellen Bauprojektmanagement. Dieses Anforderungsprofil sowie die kontextspezifische Beschreibung stellen eine Neuheit dieser Forschungsarbeit dar. Darüber hinaus wird durch die genaue Beleuchtung der anzustrebenden Lean Kultur und dem dabei unterstützenden Lean Leadership ein besseres Verständnis dieser beiden Begriffe geschaffen. So soll mit dem Ergebnis der Forschungsarbeit ein wichtiger Beitrag zur Schließung der Forschungslücke geschehen. Damit kann die Entwicklung des notwendigen Kulturwandels stattfinden und die Lean Philosophie in der Baubranche langfristig erfolgreich etabliert werden. Folglich werden Anforderungen und Anforderungsprofile näher beleuchtet.

## 1.1 Anforderungen und Anforderungsprofile

Ein Anforderungsprofil bietet einen schnellen Überblick, welche Fähigkeiten und Qualifikationen zur erfolgreichen Ausübung einer bestimmten Funktion benötigt werden [19, S. 84]. Darüber hinaus

<sup>33</sup> Eigene Darstellung

beschreibt ein Anforderungsprofil die Kriterien, welche Bewerber auf eine Stelle oder Funktion erfüllen müssen und sollen [20, S. 17]. Dieses Soll-Profil definiert die Anforderungen an eine bestimmte Position im Unternehmen und ist daher losgelöst von den Personen, welche diese Rollen ausfüllen. In dem Modell werden fachliche und persönliche Kriterien festgelegt, die für die erfolgreiche Ausübung der Position notwendig sind [19, S. 78]. Das Anforderungsprofil ist ein wichtiger Bezugspunkt für weiterführende Arbeit. Es dient als Referenzpunkt und konzeptionelle Grundlage für die diagnostische Arbeit [21, S. 99]. In der Fachliteratur sind häufig sehr detaillierte Anforderungsprofile mit den Dimensionen der Fach-, Methoden-, Sozial-, Führungs- und persönlichen Kompetenzen sowie Verhaltensdimensionen und speziellen Eigenschaften zu finden [19, S. 82]. In der Entwicklung von Anforderungsmodellen für zielpositionsspezifische Anforderungsanalysen können die drei Dimensionen Aufgaben, Verhalten und Eigenschaften vereint werden. Die Aufgaben-Ebene zeigt die Aufgabengruppen für die Zielposition und damit verbundene Tätigkeiten sowie Arbeitsergebnisse. Das Verhalten wird analysiert, um zu zeigen, wie es zu einem Arbeitsergebnis oder einer Erledigung einer Aufgabe kommt. Die Eigenschaften in dieser Betrachtungsebene werden mit den „Eignungsmerkmalen“ der DIN 33430 gleichgesetzt. Hier sollen arbeitsrelevante Merkmale von Personen identifiziert werden. Anforderungsprofile können als eine Sonderform in der eigenschaftsorientierten Anforderungsanalyse, welche auf Basis von Kompetenzmanagement-Ansätzen erstellt werden, dargestellt werden [21, 103ff]. Die Ermittlung von Verhaltensweisen, die für eine erfolgreiche Ausübung einer bestimmten Rolle erforderlich sind, stellt für die Entwicklung von Kompetenzmodellen einen wesentlichen Punkt dar, welche alle Modellbildungen vereint [22, S. 117]. In den zuvor angeführten Aussagen wird die Kombination der Dimensionen Rollenbild, Kompetenzen und Verhaltensweisen für die Aggregation in ein Anforderungsprofil deutlich. In Abbildung 1-2 wird die Integration der Dimensionen Rollenbild, Verhalten und Kompetenzen in ein Anforderungsprofil schematisch dargestellt.



*Abbildung 1-2: Rollenbild, Verhalten und Kompetenzen als die Beschreibungsdimensionen von dem Anforderungsprofil<sup>34</sup>*

Die Dimensionen des Anforderungsprofils stellen im Sinne des qualitativ deskriptiven Forschungsdesigns die Beschreibungsdimensionen dar [23, S. 14]. Der Stand der Forschung wurde mittels zwei systematischen Literaturrecherchen erhoben. Die Vorgehensweise strukturiert die Inhalte nach den zuvor angeführten Beschreibungsdimensionen und wird folgend vorgestellt.

---

<sup>34</sup> Eigene Darstellung

## 2 Anforderungen von Lean Bauprojektmanagern

Die Ergebnisse der Recherche im Bereich Lean Bauprojektmanagement werden zusammen mit den empirischen Ergebnissen in den Inhalt des Anforderungsprofils integriert, während die Resultate der Recherche im traditionellen Bauprojektmanagement zur Gegenüberstellung und Identifikation veränderter Faktoren durch die Lean Einführung genutzt werden.

### 2.1 Ergebnisse der Literaturrecherche

Die Datenbanksuche mittels der zuvor dargestellten Schlüsselbegriffe ergab in Summe 1.483 Ergebnisse. Die Ergebnisse der einzelnen Recherchen wurden in eine gemeinsame Datei aggregiert, in welcher folgend die Duplikate entfernt wurden. Bei diesem Schritt wurden 214 Duplikate identifiziert und eliminiert. Von den übrigen 1.269 Quellen wurden die Titel und die Abstracts analysiert, um diese auf ihre Relevanz im Hinblick auf die Forschung dieser Arbeit zu untersuchen. Aufgrund der zuvor definierten Inklusions- und Exklusionskriterien wurden in diesem Schritt 1.207 Quellen exkludiert. Bei den verbleibenden 62 Quellen wurden die Volltexte organisiert und im Detail betrachtet. Nach einer Bewertung hinsichtlich der Kriterien wurden 22 Quellen aufgrund geringer Relevanz und 3 Quellen aufgrund des Zugriffs exkludiert. Schlussendlich blieben 37 Quellen für die systematische qualitative Synthese in den Kategorien Rollenbild, Verhaltensweisen und Kompetenzen von Bauprojektmanagern übrig. Abbildung 2-3 zeigt die Vorgehensweise.

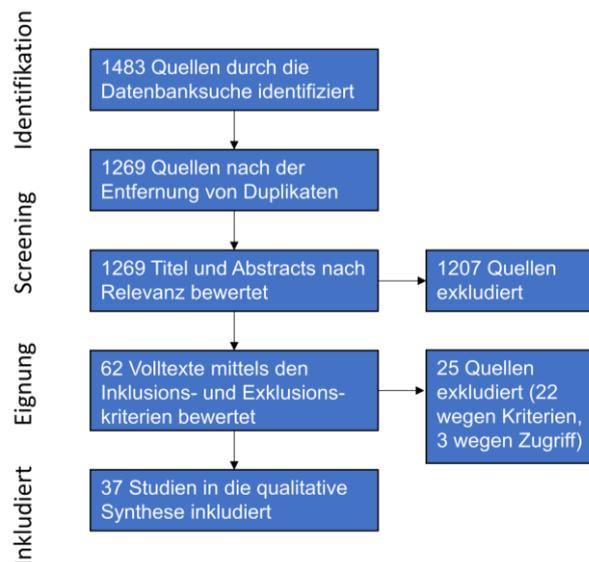


Abbildung 2-1: SLR nach dem PRISMA Statement für Bauprojektmanager<sup>35</sup> [24, S. 1009]

Für die Lean Leadership-Inhalte ergab die kombinierte Datenbanksuche insgesamt 1.860 Ergebnisse, welche in eine Gesamtdatei aggregiert wurden. Innerhalb dieser Gesamtdatei wurden die Duplikate entfernt. Bei der allgemeinen systematischen Literaturrecherche (SLR) wurden bei 1.483 Ergebnissen 214 Duplikate identifiziert und entfernt. In der zweiten SLR wurden bei 1.860 Ergebnissen 667

<sup>35</sup> Darstellung der einzelnen Schritte der systematischen Literaturrecherche in Anlehnung an [23].

Duplikate identifiziert und entfernt. Dieser Umstand lässt sich damit erklären, dass die zweite SLR ohne Zeitbegrenzung durchgeführt wurde und dadurch innerhalb der verschiedenen Kombinationen häufiger die gleichen Quellen gefunden wurden. Darüber hinaus unterscheiden sich die Suchkombinationen der zweiten SLR weniger als die der ersten SLR. Nach Entfernung der Duplikate blieben 1.193 Quellen übrig. Die Titel und Abstracts wurden nach dem PRISMA Statement gescreent, um eine erste Aussage über die Relevanz in Hinblick auf die gewählten Inklusions- und Exklusionskriterien zu erhalten. Durch das Screening wurden 1.157 Quellen exkludiert. Somit blieben 36 Quellen für die Evaluierung der Volltexte übrig. Nach der detaillierten Analyse und Durcharbeitung der verbliebenen Volltexte wurden 19 Quellen aufgrund von geringer Relevanz und zwei Quellen aufgrund von Zugriffsbeschränkungen exkludiert. Schlussendlich blieben 15 Artikel für die systematische qualitative Synthese in den Kategorien Lean spezifisches Rollenbild, Verhaltensweisen und Kompetenzen von Bauprojektmanagern übrig. Abbildung 2-4 zeigt die Vorgehensweise.

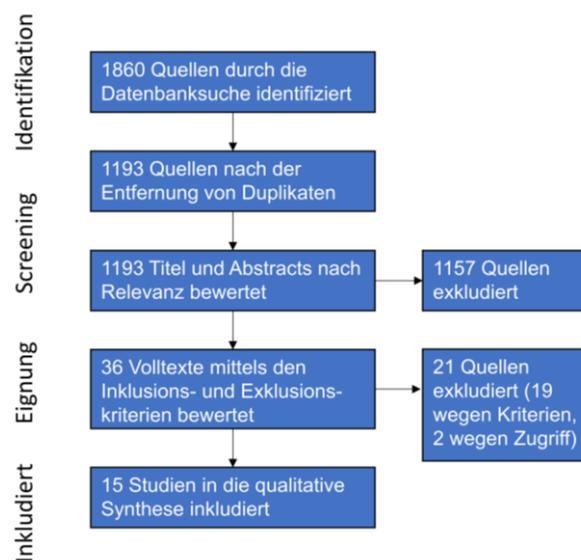


Abbildung 2-2: SLR nach dem PRISMA Statement für Lean Bauprojektmanager<sup>36</sup> [24, S. 1009]

Die Ergebnisse der Literaturrecherchen wurden jeweils für den Bereich des Bauprojektmanagement und des Lean-Bauprojektmanagement erfasst. Die Visualisierung der identifizierten Verhaltensweisen und Rollenbilder geschah in Mind-Maps. Die Kompetenzen wurden in die Kategorien Wissen, Fähigkeiten und persönliche Eigenschaften unterteilt und in Tabellen strukturiert. Abbildung 2-5 zeigt einen Auszug aus der Mind-Map für Verhaltensweisen von Lean Bauprojektmanagern.

<sup>36</sup> Darstellung der einzelnen Schritte der systematischen Literaturrecherche in Anlehnung an [23].

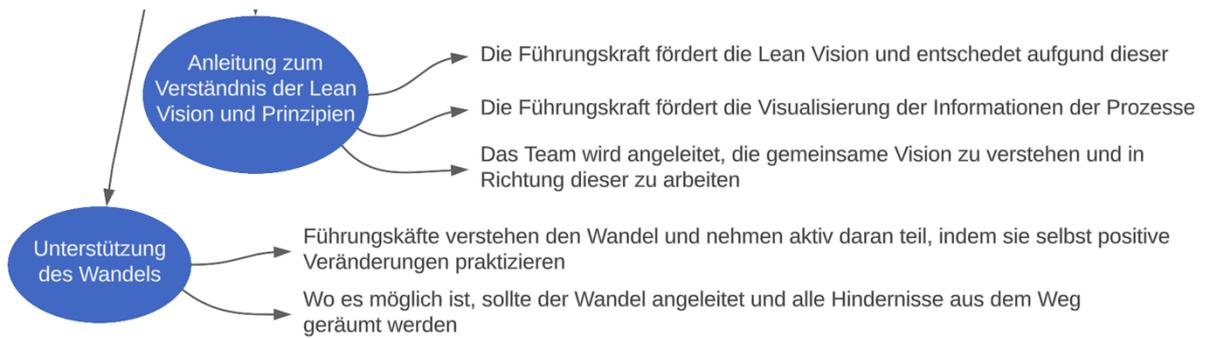


Abbildung 2-3: Auszug aus der Mind-Map Verhaltensweisen Lean Bauprojektmanager<sup>37</sup> [18, S. 349]

In diesem Abschnitt sind zwei verschiedene Verhaltensweisen ersichtlich: Anleitung zum Verständnis der Lean Vision und Prinzipien sowie Unterstützung des Wandels. Diese werden mit den Aussagen daneben weiter beschrieben. Abbildung 2-6 zeigt die Tabelle der identifizierten Kompetenzfaktoren der Kategorie Fähigkeiten und Skills für das traditionelle BPM.

<sup>37</sup> Eigene Darstellung der Mind-Map mit den Inhalten von [17].

Fähigkeiten und Skills	Kamaruzama et al. (2024)	Renaldio et al. (2024)	Lawani A. et al. (2024)	Zheng et al. (2022)	Bashir et al. (2024)	Nuwan et al. (2024)	Irfan et al. (2024)	Ghanouni et al. (2024)	Moyo et al. (2024)	Sulfan et al. (2024)	Vaz-Serra P et al. (2022)	Zheng et al. (2024)	Montenegro et al. (2024)	Pariafi et al. (2024)	Hansen et al. (2024)	Abogayye et al. (2022)	Othman et al. (2024)	Ahmed et al. (2024)	Sorokobina et al. (2024)	Ozorhon et al. (2022)	Aldrisi et al. (2022)	Nchez et al. (2024)	Zhou et al. (2024)	Onyia et al. (2024)	Bianco et al. (2024)	#
Kommunikation		x			x	x	x	x	x	x	x				x	x			x	x			x		x	17
Leadership		x			x	x	x	x	x										x	x				x		15
Konfliktmanagement		x			x	x	x	x	x										x	x			x			13
Externe Stakeholder Management					x		x	x	x																	9
Einfluss		x			x				x										x				x			8
Entscheidungsfindung					x	x	x	x											x							8
Problemlösen					x	x	x	x															x			8
Risikomanagement					x	x	x	x															x			8
Technische Skills	x				x		x																x			8
Teamwork						x		x											x				x			7
Emotionale Intelligenz		x		x	x							x														6
Planung					x	x		x																		6
Ressourcenmanagement					x			x		x																6
Verhandlungen führen					x		x	x	x														x			6
Vertragsmanagement					x			x															x			6
Vision für die Zukunft								x															x			6
Change Management					x			x																		5
Management des Umfangs (Scope)					x	x		x		x																5
Zeitmanagement					x	x		x		x																5

Abbildung 2-4: Kompetenzelemente für die Kategorie Fähigkeiten und Skills für Bauprojektmanager<sup>38</sup>

Links in der Abbildung 2-6 sind die analysierten Publikationen ersichtlich. Die Tabelle zeigt die genannten Anforderungen für die Fähigkeiten mit einem „x“ bei der Referenz und an der rechten Spalte

<sup>38</sup> Eigene Darstellung

die absolute Häufigkeit des genannten Faktors. Es wurden nur Faktoren inkludiert, welche fünf Mal oder häufiger genannt wurden.

Die Recherche im traditionellen Bauprojektmanagement wurde auf die Publikationsjahre 2021 und 2022 limitiert und ergab 16 unterschiedliche Rollenbilder, 20 verschiedene Verhaltensweisen sowie 273 Kompetenzfaktoren. Im Zuge der zweiten Literaturrecherche wurde keine Zeiteinschränkung für die inkludierten Publikationen gewählt. Für diese Untersuchung wurden 7 verschiedene Rollenbilder, 15 Verhaltensweisen sowie 63 Kompetenzfaktoren identifiziert. Es kann mit der Analyse der Ergebnisse gezeigt werden, dass der Bereich des traditionellen Bauprojektmanagement bereits stark erforscht wurde, während es für den speziellen Bereich des Lean Bauprojektmanagement noch wenige gezielte Studien gibt. Abschließend wird auf das methodische Vorgehen eingegangen und ein Ausblick gegeben.

### 3 Methodisches Vorgehen und Ausblick

Diese Forschungsarbeit gelangt durch die induktive Methode zum Erkenntnisgewinn und ist daher theoriebildend angesiedelt. Es wird eine kategorienorientierte Fallauswahl-Strategie angewendet. Zur Datenerhebung wird auf Personen mit einem Expertenstatus in dem Bereich Lean Bauprojektmanagement und Lean Kultur zugegriffen und teilstrukturierte, leitfaden-gestützte Interviews durchgeführt. Das Prozesswissen umfasst Handlungsabläufe, Interaktionen, organisationale Konstellationen und Ereignisse, in welche die Befragten involviert sind oder waren. Die Experten haben aufgrund von ihrer Nähe zu Ereignissen Prozesswissen, welches weniger Fachwissen im engeren Sinne als Erfahrungswissen darstellt [25, 17ff]. Es wird ein Transkriptionssystem verwendet [26, 835f]. Die Anonymisierung geschieht während der Transkription und jeder Interviewpartner unterschreibt vorab eine Einwilligung. Die Datenanalyse für die vorliegende Forschungsarbeit erfolgt mittels der strukturierten qualitativen Inhaltsanalyse [27, S. 501].

Im weiteren Verlauf werden iterativ die Schritte der Datenerhebung, Datenaufbereitung und Datenanalyse durchgeführt.

### 4 Literaturverzeichnis

- [1] M. Bilal *et al.*, "Big Data in the construction industry: A review of present status, opportunities, and future trends", *Advanced Engineering Informatics*, Jg. 30, Nr. 3, S. 500–521, 2016, doi: 10.1016/j.aei.2016.07.001.
- [2] Maskuriy, Selamat, Maresova, Krejcar und Olalekan, "Industry 4.0 for the Construction Industry: Review of Management Perspective", *Economies*, Jg. 7, Nr. 3, S. 68, 2019, doi: 10.3390/economies7030068.
- [3] M. D. ANDÚJAR-MONTOYA, A. GALIANO-GARRIGÓS, C. RIZO-MAESTRE und V. ECHARRI-IRIBARREN, "BIM AND LEAN CONSTRUCTION INTERACTIONS: A STATE-OF-THE-ART REVIEW" in *BIM 2019*, Seville, Spain, 2019, S. 1–13, doi: 10.2495/BIM190011.

- [4] Howell Gregory, "What is Lean Construction?" in *Proceedings IGLC-7*, Berkeley, Californien, 1999, S. 1–10.
- [5] Ossama Salem, Sharareh Pirzadeh, Sudipta Ghorai und Ahmed Abdel Rahim, "Reducing Environmental, Economic, and Social Impacts of Work-zones by Implementing Lean Construction Techniques" in *Proceedings IGLC-22*, Oslo, Norwegen, 2014, S. 145–155.
- [6] T. Awad, J. Guardiola und D. Fraíz, "Sustainable Construction: Improving Productivity through Lean Construction", *Sustainability*, Jg. 13, Nr. 24, S. 13877, 2021, doi: 10.3390/su132413877.
- [7] S. Demirkesen und H. G. Bayhan, "Critical Success Factors of Lean Implementation in the Construction Industry", *IEEE Trans. Eng. Manage.*, Jg. 69, Nr. 6, S. 2555–2571, 2022, doi: 10.1109/TEM.2019.2945018.
- [8] Dan Fauchier und Thaís da C. L. Alves, "LAST PLANNER® SYSTEM IS THE GATEWAY TO LEAN BEHAVIORS" in *Proceedings IGLC-21*, Fortaleza, Brasilien, 2013, S. 559–568.
- [9] T. K. Gustavsson, "New Boundary Spanners: Emerging Management Roles in Collaborative Construction Projects", *Procedia Economics and Finance*, Jg. 21, S. 146–153, 2015, doi: 10.1016/S2212-5671(15)00161-6.
- [10] Zhili Gao, Mughees Aslam und Gary Smith, "Strategies to Increase the Adoption Rate of Lean Construction" in *Associated Schools of Construction Proceedings of the 56th Annual International Conference*, Fargo, North Dakota, 2020, S. 364–372.
- [11] A. M. Bashir, S. Suresh, D. A. Oloke, D. G. Proverbs und R. Gameson, "Overcoming the Challenges facing Lean Construction Practice in the UK Contracting Organizations", *IJAEC*, Jg. 4, Nr. 1, 2015, doi: 10.7492/IJAEC.2015.002.
- [12] Jeffrey K. Liker, *Der Toyota Weg: 14 Managementprinzipien des weltweit erfolgreichsten Automobilkonzerns*, 11. Aufl. München: FinanzBuch Verlag, 2020.
- [13] P. Süß, *Grundlagen: Werkzeuge, Methoden und Konzepte im Bauwesen*, 1. Aufl. Graz: Gottfried Mauerhofer; Phillip Süß, 2022.
- [14] Mossman Alan, "Why isn't the UK construction industry going lean with gusto?", *Lean Construction Journal*, S. 24–36. [Online]. Verfügbar unter: <https://leanconstruction.org/resources/lean-construction-journal/lcj-back-issues/2009-issue/>. Zugriff am: 28. März 2024.
- [15] Jian Zuo und George Zillante, "PROJECT CULTURE WITHIN CONSTRUCTION PROJECTS: A LITERATURE REVIEW" in *Proceedings IGLC-13*, Sydney, Australien, 2005, S. 353–361.
- [16] G. S. Kaplan, S. H. Patterson, J. M. Ching und C. C. Blackmore, "Why Lean doesn't work for everyone" (eng), *BMJ quality & safety*, Jg. 23, Nr. 12, S. 970–973, 2014, doi: 10.1136/bmjqs-2014-003248.
- [17] *Lean Construction*, 2553, VDI, Berlin, Mrz. 2019.

- 
- [18] Orr Cameron, "Lean Leadership in Construction" in *Proceedings IGLC-13*, Sydney, Australien, 2005, S. 345–351.
- [19] G. Wilk, *Stellenbeschreibungen und Anforderungsprofile: Kompetente Unterstützung für erfolgreiche Personalarbeit*, 3. Aufl. Freiburg: Haufe-Lexware GmbH & Co. KG, 2022.
- [20] D. Lippold, *Aspekte und Dimensionen der Bewerbermarkt- Segmentierung*. Wiesbaden: Springer Gabler, 2017.
- [21] S. Höft, I. Püttner und M. Kersting, "Anforderungsanalyse, Verfahren der Eignungsbeurteilung sowie rechtliche Rahmenbedingungen" in *Personalauswahl kompetent gestalten*, D. Testkuratorium, Hg., Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2018, S. 95–153, doi: 10.1007/978-3-662-53772-5\_4.
- [22] N. Megahed, "A Critical Review of the Literature and Practice of Competency Modelling", *KSS*, Jg. 3, Nr. 10, S. 104, 2018, doi: 10.18502/kss.v3i10.3106.
- [23] P. Mayring, "Qualitative Forschungsdesigns" in *Handbuch Qualitative Forschung in der Psychologie*, G. Mey und K. Mruck, Hg., Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden, 2020, S. 3–17, doi: 10.1007/978-3-658-26887-9\_18.
- [24] D. Moher, A. Liberati, J. Tetzlaff und D. G. Altman, "Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA statement" (eng), *International journal of surgery (London, England)*, Jg. 8, Nr. 5, S. 336–341, 2010, doi: 10.1016/j.ijssu.2010.02.007.
- [25] Bogner, *Interviews mit Experten*. Springer Fachmedien Wiesbaden, 2014.
- [26] T. Dresing und T. Pehl, "Transkription" in *Handbuch Qualitative Forschung in der Psychologie*, G. Mey und K. Mruck, Hg., Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden, 2020, S. 835–854, doi: 10.1007/978-3-658-26887-9\_56.
- [27] P. Mayring, "Qualitative Inhaltsanalyse" in *Handbuch Qualitative Forschung in der Psychologie*, G. Mey und K. Mruck, Hg., Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden, 2020, S. 495–511, doi: 10.1007/978-3-658-26887-9\_52.

# Entscheidungen im Projektmanagement – Ein Konzept zur projektzielorientierten Entscheidungsfindung unter Berücksichtigung von Zielkonflikten

Jonas Eigendorf<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Lehrstuhl Baubetrieb und Bauprozessmanagement, TU Dortmund, [jonas.eigendorf@tu-dortmund.de](mailto:jonas.eigendorf@tu-dortmund.de)

## Kurzfassung

Die zentrale Herausforderung für das Projektmanagement im Bauwesen liegt in der Steuerung der Projektziele Kosten, Termine und Qualitäten. Das Projektmanagement ist für die Zielerreichung direkt mitverantwortlich und kann über die Entscheidungsprozesse positiv auf diese einwirken. Für die optimale und objektive Entscheidungsfindung ist die präzise Zieldefinition Voraussetzung. Dabei sollten bestehende Zielkonflikte in den Prozessen berücksichtigt und kommuniziert werden.

In dem vorliegenden Entscheidungsmodell werden die Projektziele in Teilziele differenziert, hinsichtlich ihrer Interdependenzen bewertet und ihrer Priorität für das Gesamtprojekt gewichtet. Entscheidungen werden in Bezug auf ihre Zielauswirkungen auf die Teilziele bewertet und mit den Gewichtungen multipliziert. Werden Projekt- und Teilziele, deren Interdependenzen und die zu treffenden Entscheidungen auf diese Weise quantifiziert, kann die Entscheidung mit der maximal positiven Zielauswirkung identifiziert werden. Auf dieser Grundlage getroffene Entscheidungen können signifikant zur Zielerreichung beitragen und zudem Missverständnisse zwischen den unterschiedlichen Entscheidungsträgern reduzieren.

*Schlagwörter: Bauwesen, Projektmanagement, Entscheidungen, Projektziele, Zielkonflikte, Entscheidungsmodell*

# 1 Einleitung

Zentrale Aufgabe des Projektmanagements (PM) im Bauwesen ist die Steuerung der Zielkriterien Kosten, Termine und Qualitäten. Es zeigt sich jedoch, dass diese Ziele oftmals nicht erreicht werden. In über 40 % von 300 untersuchten Hochbauprojekten des Bundes wurde der Kostenrahmen deutlich überschritten. Die Terminziele wurden bei diesen Projekten zu über 35 % nicht einmal annähernd erreicht. [1, S. 696] Das Verfehlen der Projektziele Qualitäten äußert sich in der hohen Anzahl von Nachtragsleistungen und Mängelbeseitigungen, welche wiederum steigende Kosten und eine Verzögerung der Bauzeit bedeuten können. Bereits hier werden die wechselseitigen Abhängigkeiten der Projektziele Kosten, Termine und Qualitäten deutlich. [2, S. 13]; [3, S. 76] Das Verfehlen dieser Projektziele bei großen und insbesondere öffentlichen Bauvorhaben ist von gesellschaftlicher Relevanz und wird in der Öffentlichkeit wiederkehrend kritisch diskutiert.

In Anbetracht dieser Herausforderungen stellt sich die Frage nach den entscheidenden Faktoren, die zu diesen Zielverfehlungen führen. Als eine Erklärung für die genannten Probleme sind falsche oder zumindest suboptimale und zu späte Entscheidungen anzusehen. [4, S. 7] Die Entscheidungsbefugnis obliegt grundsätzlich den Auftraggebenden (AG). [5, S. 28]; [6, S. 2] In Abhängigkeit der Einsatzform des PM werden diese Entscheidungen durch das PM in einem definierten Umfang übernommen. [7, S. 8.8-8.9] Unabhängig von der Einsatzform ist die Bereitstellung der notwendigen Informationen zur Entscheidungsfindung und die Erstellung von Entscheidungsvorlagen eine der primären Aufgaben des PM. [6, S. 7-8] Das PM ist demnach maßgeblich in die Entscheidungsprozesse involviert und unmittelbar für den Projekterfolg mitverantwortlich.

Objektive und optimale Entscheidungen sollten dabei auf Grundlage der definierten Projektziele getroffen werden. Es ist somit notwendig, die Projektziele Kosten, Termine und Qualitäten so zu definieren und differenzieren, dass die Entscheidungen präzise an diesen ausgerichtet werden können. [5, S. 136] Werden die Zielkriterien zudem durch den AG bezüglich Ihrer Priorität bewertet oder gewichtet, sind die Grundlagen für eine möglichst objektive und optimale Entscheidungsfindung geschaffen. [3, S. 104] Das Erreichen der definierten Projektziele steht demnach in einer wechselseitigen Abhängigkeit mit den zu treffenden Entscheidungen.

Die oben beschriebenen Prozesse der Ziel- und Entscheidungsfindung folgen in der Praxis oftmals keiner stringenten Methodik. Insbesondere wenn die Projektziele unzureichend definiert wurden, wirkt sich dies negativ auf die Qualität der getroffenen Entscheidungen aus, [5, S. 137] welche sich wiederum unmittelbar auf den Erfolg des Projektes auswirken.

Eine zusätzliche Problematik im Kontext der Projektziele und deren Gewichtung liegt in der unzureichenden Berücksichtigung von Zielkonflikten und wechselseitigen Abhängigkeiten. Insbesondere AG sehen die Aufgabe des PM oftmals darin, die beste Qualität in einer möglichst kurzen Projektlaufzeit zu den geringsten Kosten sicherzustellen. [2, S. 15]; [3, S. 75] Solche durch die AG formulierten Anforderungen ignorieren dabei die den Zielen immanenten Zielkonflikte. [2, S. 13] Insbesondere am Beispiel der Qualitäten und Kosten wird deutlich, dass hohe Qualitäten entsprechende Kosten implizieren und ein geringes Budget lediglich die Realisierung mäßiger Qualitäten ermöglicht. Werden Qualitäten und Termine betrachtet, ist festzustellen, dass der Zeitaufwand mit dem Anspruch hohe Qualitäten zu realisieren tendenziell steigt. Zielkonflikte stellen demnach einen weiteren Einflussfaktor auf die Entscheidungsqualität dar. Sie wirken sich mittelbar

über die Entscheidungen auf die Zielerreichung aus und erschweren allgemein die Erreichung der Projektziele.

Die Projektzielformulierung, der Umgang mit Zielkonflikten und das Treffen von Entscheidungen wird in der Kommunikation zwischen AG und PM in den überwiegenden Projekten durch die unterschiedliche Branchenzugehörigkeit zusätzlich erschwert. Da jede Branche sich in ihren Definitionen, der Sprache, Prioritäten und weiteren Faktoren unterscheidet, besteht die Gefahr hinsichtlich der oben genannten Prozesse, dass diese unterschiedlich wahrgenommen, interpretiert und bewertet werden. Diese Diskrepanz kann zu Missverständnissen führen und somit die Entscheidungen und die effektive Erreichung der Projektziele im Sinne der AG beeinträchtigen. [2, S. 14]

## 2 Projektzielorientierte Entscheidungsfindung

### 2.1 Zieldefinition im Bauprojektmanagement

Die Projektziele im Bauwesen werden in die drei übergeordneten Ziele Kosten, Termine und Qualitäten eingeteilt. Für jedes dieser Ziele können anschließend Teilziele definiert werden. Die Differenzierung lässt sich beliebig fortführen und vertiefen. Für diese konzeptuelle Arbeit wurde der Differenzierungsgrad begrenzt, da sich die in Kapitel 2.2 beschriebenen und zu bewertenden wechselseitigen Abhängigkeiten exponentiell zur Anzahl der definierten Teilziele verhalten. Nachfolgend werden die gewählten Teilziele vorgestellt und erläutert.

#### **Kosten:**

- K1 = KG 200 – Vorbereitende Maßnahmen
- K2 = KG 300 – Bauwerk – Baukonstruktionen
- K3 = KG 400 – Bauwerk – Technische Anlagen
- K4 = KG 500 – Außenanlagen und Freiflächen
- K5 = KG 700 – Baunebenkosten

Die Teilziele für das Projektziel Kosten entsprechen den Kostengruppen (KG) der DIN 276 – Kosten im Bauwesen (2018-12). [8, S. 13] Die *KG 100 Grundstück* wird für diese Arbeit nicht berücksichtigt, da dessen Sicherung eine Leistung der Projektentwicklung darstellt. Die *KG 600 Ausstattung und Kunstwerke* wird aufgrund der geringen Bedeutung für das Gesamtprojekt im Sinne des PM und marginaler Wechselwirkungen zu den übrigen Teilzielen nicht betrachtet. Ebenso wird die *KG 800 Finanzierung* aufgrund geringfügiger Wechselwirkungen in die vorliegende Betrachtung nicht mit einbezogen.

**Termine:**

- T1 = AHO H. 9 Stufe 1 – Projektvorbereitung
- T2 = AHO H. 9 Stufe 2 – Planung
- T3 = AHO H. 9 Stufe 3 – Ausführungsvorbereitung
- T4 = Termine KG 200
- T5 = Termine KG 300
- T6 = Termine KG 400
- T7 = Termine KG 500

Die Teilziele T1 – T3 orientieren sich an den Projektstufen 1 – 3 des AHO Heftes Nr. 9 Projektmanagement in der Bau- und Immobilienwirtschaft. Die Projektstufe 4 – Ausführung wird für die folgende Betrachtung weiter unterteilt in die zu den KG 200 – 500 zugehörigen Terminen.

**Qualitäten:**

- Q1 = Gestaltungsqualität
- Q2 = Planungsqualität
- Q3 = Ausführungsqualität
- Q4 = Nutzungsqualität
- Q5 = Nachhaltigkeit

Qualitäten können nach Helmus und Offergeld (2012) hinsichtlich ihrer Prozesse in die oben aufgeführten Teilziele unterteilt werden. Die Gestaltungsqualität umfasst dabei die „städtebaulichen, landschaftspflegerischen und architektonischen Aspekte“. [9, S. 41] Die beiden Qualitätskriterien Qualität der Planung und Qualität der Ausschreibung werden für die vorliegende Arbeit zur Planungsqualität zusammengefasst. Die Ausführungsqualität schließt neben der Ausführung an sich die Arbeitssicherheit und Bauabwicklung mit ein. Die Nutzungsqualität beinhaltet Aspekte der Flexibilität, Barrierefreiheit, Sicherheit, Funktionalität, Raumklima und Haltbarkeit. Die Nachhaltigkeit als Teilziel wird zunehmend bedeutender und umfasst die Ressourceneffizienz, Materialität, Energieeffizienz und Recyclingfähigkeit. [9, S. 41-45] Aufgrund der wachsenden Bedeutung und der starken Wechselwirkungen zu anderen Teilzielen ist zu diskutieren, ob die Nachhaltigkeit zukünftig als eigenständiges und gleichwertiges viertes Projektziel geführt werden sollte. Insbesondere die Aspekte der Flexibilität und Haltbarkeit als Bestandteil der Nutzungsqualität sind nicht eindeutig zuzuordnen, da sie ebenfalls für die Nachhaltigkeit von Relevanz sind.

Eine möglichst präzise Zieldefinition ist Grundlage für den Projekterfolg. [10, S. 197] Die oben aufgeführten Teilziele sind in demnach notwendig, um differenzierte und präzise Teilziele für Bauprojekte zu definieren. Tab. 2-1 enthält eine Übersicht aller für diese Arbeit definierten Teilziele inklusive deren Kürzel.

Kosten		Termine		Qualitäten	
ID	Label	ID	Label	ID	Label
K1	KG 200	T1	AHO Stufe 1	Q1	Gestaltung
K2	KG 300	T2	AHO Stufe 2	Q2	Planung
K3	KG 400	T3	AHO Stufe 3	Q3	Ausführung
K4	KG 500	T4	Termine KG 200	Q4	Nutzung
K5	KG 700	T5	Termine KG 300	Q5	Nachhaltigkeit
		T6	Termine KG 400		
		T7	Termine KG 500		

Tab. 2-1: Teilziele der Projektziele Kosten, Termine und Qualitäten

## 2.2 Projektimmanente Zielkonflikte und Interdependenzen

Zielkonflikte werden in der PM-Literatur überwiegend als divergierende Ansprüche unterschiedlicher Stakeholder definiert. [6, S. 39] Die Projektziele werden in den Projekten in unterschiedlichem Maße präzise definiert. Die den Projekt- und Teilzielen immanenten Zielkonflikte werden dabei kaum bzw. nicht ausreichend berücksichtigt. Für eine fundierte Entscheidungsfindung sind neben den definierten Projekt- und Teilzielen auch deren Interdependenzen mit einzubeziehen. Es ist demnach eine Bewertung aller Abhängigkeiten und Einflüsse zwischen den definierten Teilzielen vorzunehmen. Die Abhängigkeit zweier Teilziele wird über den Einfluss ( $E_T$ ) von Teilziel A auf Teilziel B mittels einer ganzzahligen Skala von 0 bis 4 bewertet. Der gewählte Skalentyp erzwingt durch das fehlende Angebot einer neutralen Mitte, wie z. B. mittlerer Einfluss, die Bewertenden sich auf eine Tendenz festzulegen.

$E_T$	Bewertung
0	kein Einfluss
1	sehr schwacher Einfluss
2	schwacher Einfluss
3	starker Einfluss
4	sehr starker Einfluss

Tab. 2-2: Skala zur Bewertung der Einflüsse ( $E_T$ ) von Teilzielen

Die definierten Teilziele wurden hinsichtlich ihres Einflusses auf die übrigen Teilziele bewertet und sind in Tab. 2-3 dargestellt. Die Bewertungen wurden durch den Autor vorgenommen, dienen der Veranschaulichung und sollten durch Umfragen validiert werden. Die Tabelle ist wie folgt zu interpretieren: Das Teilziel Planungsqualität (Q2) hat einen sehr starken Einfluss (4) auf die Kosten der KG 300 (K2). Umgekehrt haben die Kosten der KG 300 nur einen sehr schwachen Einfluss (1) auf die Planungsqualität. Der Gesamteinfluss ( $E_{T,ges}$ ) der Teilziele ( $T$ ) auf das Projekt kann über den die Summe der Einflüsse auf die übrigen Teilziele ( $\sum E_T$ ) geteilt durch die Anzahl der Teilziele ( $n_T$ ) minus eins beschrieben werden. Der Gesamteinfluss eines Teilzieles wird wie folgt berechnet:

$$E_{T,ges} = \frac{\sum E_T}{n_T - 1}$$

	K1	K2	K3	K4	K5	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5
K1		0	0	1	1	2	2	2	4	1	0	1	1	3	2	1	2
K2	1		3	1	4	3	3	3	2	4	3	2	4	4	4	4	4
K3	0	3		0	4	3	3	3	2	3	4	1	2	4	4	4	4
K4	3	1	0		1	3	3	3	1	2	0	4	4	3	4	3	3
K5	1	4	4	1		3	4	3	1	4	4	2	4	3	3	4	4
T1	1	3	3	1	4		3	4	1	2	2	1	2	2	0	4	4
T2	2	4	4	2	4	4		2	1	3	3	1	4	4	2	4	4
T3	1	4	4	2	4	4	4		1	3	3	1	4	4	3	3	3
T4	4	1	0	1	1	2	2	3		3	3	2	1	3	2	1	1
T5	3	4	4	1	4	3	3	4	4		4	1	4	4	4	4	4
T6	3	4	4	0	4	3	3	4	4	4		1	3	4	4	4	4
T7	3	2	1	4	2	2	3	3	4	3	2		4	3	4	3	3
Q1	0	3	1	3	4	4	4	3	1	4	3	4		4	4	3	3
Q2	0	1	2	1	4	4	4	4	0	1	1	1	4		2	2	2
Q3	3	4	4	4	3	4	4	4	2	4	4	3	3	3		2	3
Q4	0	3	4	3	4	4	4	3	1	3	4	2	3	4	4		3
Q5	1	4	4	3	3	4	4	3	1	2	3	1	3	4	4	1	
ET <sub>ges</sub>	1,63	2,88	2,63	1,75	3,19	3,25	3,31	3,19	1,88	2,88	2,69	1,75	3,13	3,50	3,13	2,94	3,19

Tab. 2-3: Wechselseitige Einflüsse der Teilziele Kosten, Termine und Qualitäten

Wird der Wert  $E_{T,ges}$  der Teilziele untereinander verglichen kann eine Reihenfolge der Teilziele bezüglich ihres Einflusses auf die übrigen Teilziele erstellt werden. Die drei Teilziele mit dem größten Einfluss auf das Gesamtprojekt sind demnach Planungsqualität (Q2), Stufe 2 – Planung (T2) und Stufe 1 – Projektvorbereitung (T1). Den geringsten Einfluss haben die KG 200 (K1), KG 500 (K4) und Termine der KG 500 (T7).

Die Einflüsse der Teilziele können mittels einer Netzwerkanalyse untersucht und visualisiert werden. Jeder Knotenpunkt entspricht einem Teilziel, welches über gerichtete Kanten mit den beeinflussten Teilzielen verbunden ist. Durch algorithmische Iterationen wird ein Zustand des größtmöglichen Gleichgewichts zwischen den Knotenpunkten hergestellt. Aus der Zentralität der Knotenpunkte können anschließend ebenfalls Rückschlüsse auf deren Gesamtbedeutung für das Projekt gezogen werden. Zu beachten ist hierbei, dass die räumliche Nähe einzelner Knotenpunkte zueinander nicht zwingend einen starken Einfluss zwischen diesen bedeutet, da deren Lage durch die Lage und Anziehungskraft aller Knotenpunkte bestimmt wird.

Das aus Tab. 2-3 generierte Basisnetzwerk ist der Abb. 2-1 zu entnehmen. Die Teilziele Kosten sind grün, Termine blau und Qualitäten rot dargestellt. Die Größe des Knotenpunktes wird durch den gewichteten Ausgangsgrad bestimmt. Dieser setzt sich aus der Anzahl der verbundenen Knoten und deren Gewicht, der Stärke des Einflusses, zusammen. Je größer der Knotenpunkt, desto bedeutsamer ist dieser demnach für das Gesamtnetzwerk. Die Pfeilstärke der Kante entspricht der Stärke des Einflusses und gleichzeitig der Stärke der Anziehung der beiden Knotenpunkte.

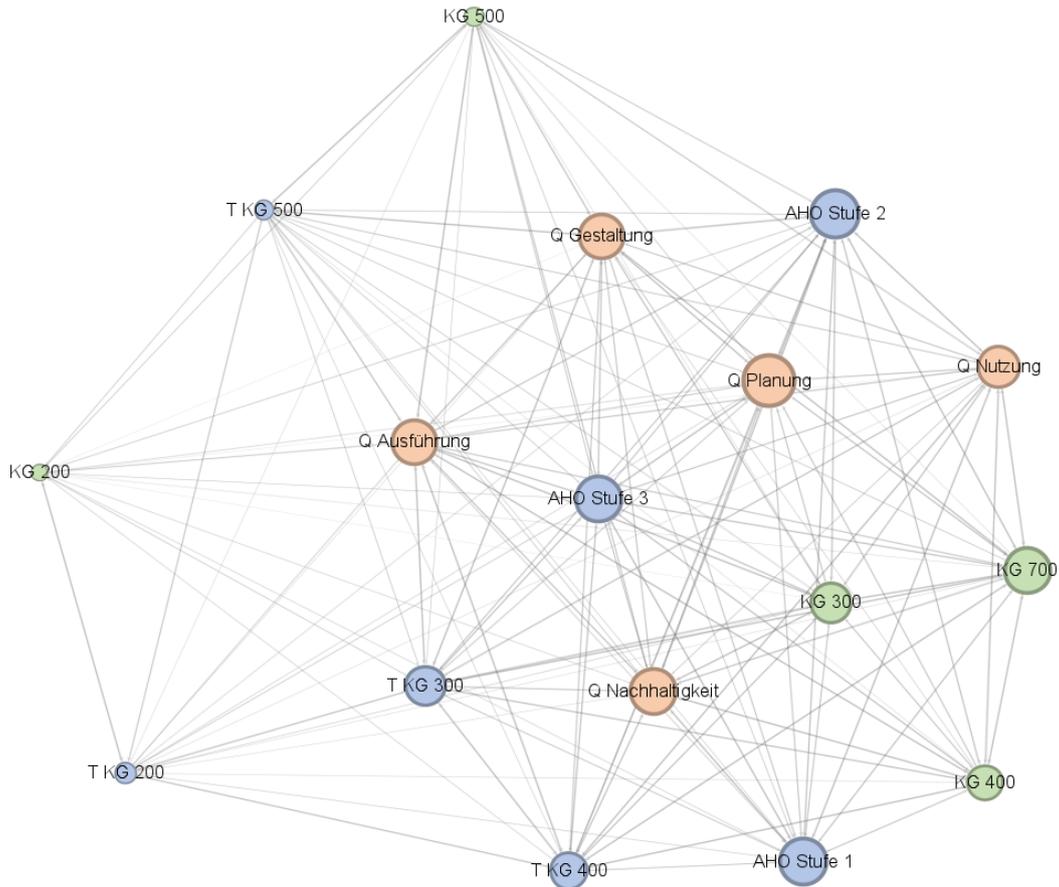


Abb. 2-1: Basisnetzwerk der Teilziele und deren Interdependenzen

### 2.3 Projektspezifische Gewichtung von Projekt- und Teilzielen

Aufbauend auf der Zieldefinition von Projekt- und Teilzielen sowie deren Interdependenzen können die Projekt- und Teilziele gewichtet werden, um die projektspezifischen Schwerpunkte der AG zu berücksichtigen. Die Gewichtung der Teilziele ( $G_T$ ) erfolgt über eine ganzzahlige Skala von 1 bis 9. Jeder dieser Werte ist mit einem Faktor ( $F_T$ ) hinterlegt, die Gewichtungen und dazugehörigen Faktoren sind der Tab. 2-4 zu entnehmen. Die Gewichtung erfolgt sowohl auf Ebene der Projekt- als auch auf Ebene der Teilziele.

$G_T$	Gewichtung	$F_T$
1	Keine Relevanz	0,2
2	Sehr geringe Relevanz	0,4
3	Geringe Relevanz	0,6
4	Geringfügige Relevanz	0,8
5	Moderate Relevanz	1,0
6	Erhöhte Relevanz	1,2
7	Hohe Relevanz	1,4
8	Sehr hohe Relevanz	1,6
9	Höchste Relevanz	1,8

Tab. 2-4: Skala zur Gewichtung der Teilziele mit Faktoren

Die Gewichtung erhöht oder verringert die Relevanz einzelner Teilziele über den Faktor, wodurch projektspezifische Netzwerke erzeugt werden können. Die Faktoren wirken dabei auf die Abhängigkeiten zwischen den beeinflussenden Teilzielen und dem gewichteten Teilziel. Wird beispielsweise dem Teilziel Nachhaltigkeit eine sehr hohe Relevanz zugesprochen, gewinnen sämtliche Teilziele mit Einfluss auf die Nachhaltigkeit proportional ihres Einflusses an Bedeutung. Das Schema der Gewichtung ist der Abb. 2-2 zu entnehmen. Unter Berücksichtigung der Teilziele, deren Interdependenzen und deren Gewichtung kann eine Zielfunktion abgeleitet werden. Die einheitliche Quantifizierung der unterschiedlichen Größen bildet eine reproduzier- und nachvollziehbare Entscheidungsgrundlage. Die Abfolge der aufgeführten drei Schritte gewährleistet gleichzeitig ein präzises und interpretationsarmes Zielverständnis aufseiten der AG und des PM.

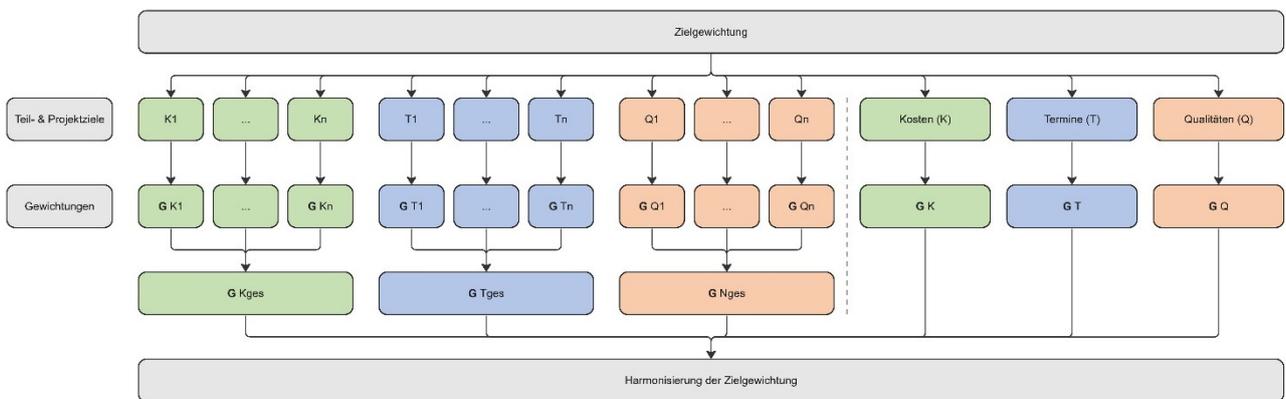


Abb. 2-2: Schema zur Gewichtung der Teilziele – eigene Darstellung in Anlehnung an [11, S. 46]

Die Gewichtung erfolgt sowohl auf Ebene der Projektziele ( $G_P$ ) als auch auf der Ebene der Teilziele ( $G_T$ ), auf diese Weise wird eine Kontrolle und Harmonisierung der Gewichtungen ermöglicht. Die Gewichtung der Projektziele kann der durchschnittlichen Gewichtung der zugehörigen Teilziele ( $\overline{G_T}$ ) gegenübergestellt werden. Entsteht dabei ein signifikantes Delta, sollte eine Harmonisierung der Gewichtung durch die Anpassung der Gewichtungen der Projekt- und/oder Teilziele angestrebt werden.

$$G_P \cong \overline{G_T}; \overline{G_T} = \frac{\sum G_T}{n_T}$$

### 2.4 Bewertung von Entscheidungsalternativen

Die gewichteten Projekt- und Teilziele dienen als Entscheidungsgrundlage. Die Visualisierung der wechselseitigen Einflüsse in Form der Netzwerke unterstützt bei der Berücksichtigung der Interdependenzen. Stehen unterschiedliche Entscheidungsalternativen ( $E_i$ ) zur Auswahl können diese mit Hilfe der Schätzung ihrer Zielauswirkungen verglichen werden. Die anzunehmenden Auswirkungen von Entscheidungsalternativen auf die Teilziele ( $A_{E_i,T}$ ) werden durch das PM über eine ganzzahlige Skala von -2 bis +2 bewertet. Die Skala ist der Tab. 2-5 zu entnehmen.

$A_{E_i,T}$	Bewertung
-2	sehr negative Auswirkung
-1	negative Auswirkung
0	keine Auswirkung
+1	positive Auswirkung
+2	sehr positive Auswirkung

Tab. 2-5: Skala zur Bewertung von Entscheidungsalternativen

Um die Gesamtauswirkung ( $A_{ges}$ ) einer Entscheidungsalternative ( $E_i$ ) zu ermitteln, wird für jedes Teilziel der Faktor ( $F_T$ ) aus dessen Gewichtung mit der erwarteten Zielauswirkung der Entscheidung auf dieses Teilziel ( $A_{E_i,T}$ ) multipliziert und aufaddiert. Die Entscheidungen lassen sich so über deren gewichteten Gesamtauswirkung vergleichen und es lässt sich die Entscheidung mit der maximal positiven Zielauswirkung ( $A_{max}$ ) ermitteln. Abb. 2-3 zeigt das schematische Vorgehen zur Bewertung der Entscheidungsalternativen hinsichtlich Ihrer Zielauswirkungen.

$$A_{E_i,ges} = \sum(F_T * A_{E_i,T}); A_{max} = \max(A_{E_i,ges})$$

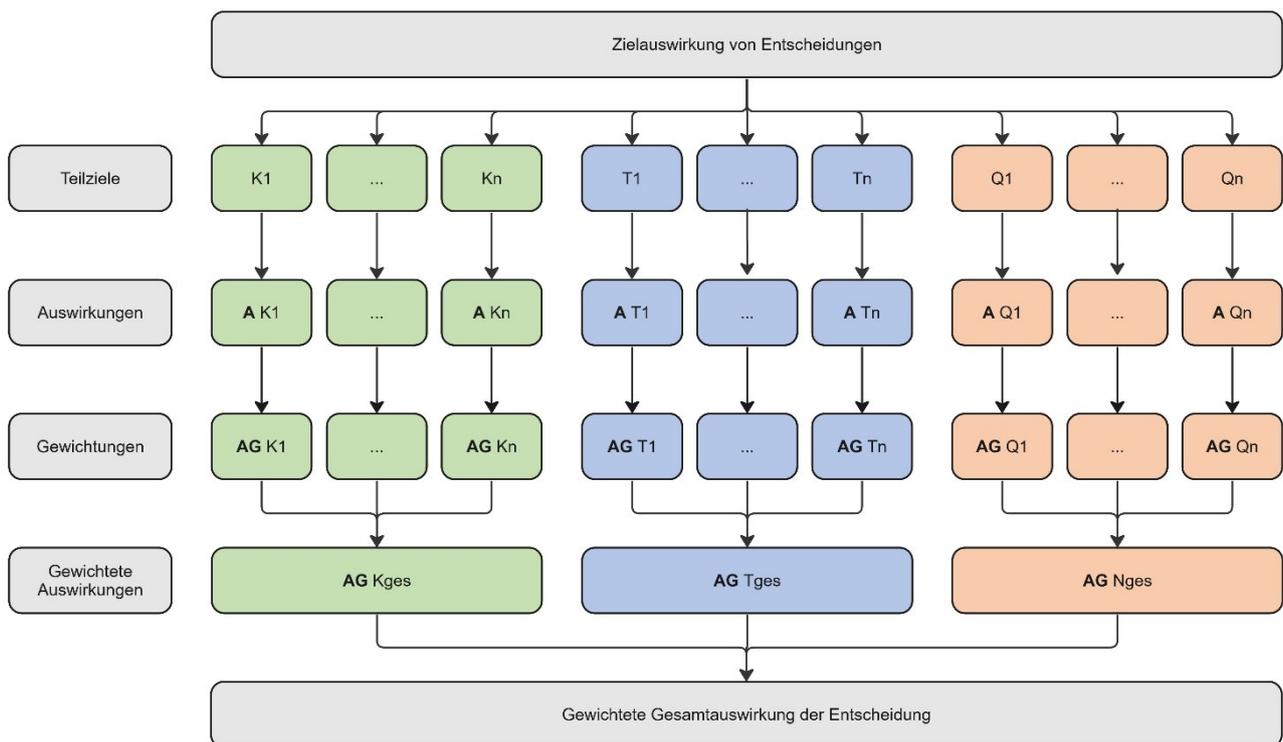


Abb. 2-3: Schema zur Bewertung der Zielauswirkungen – eigene Darstellung in Anlehnung an [11, S. 46]

### 3 Zusammenfassung und Ausblick

In dem vorliegenden Beitrag konnte ein Konzept für ein Entscheidungsmodell zur Bewertung von Entscheidungsalternativen unter Berücksichtigung von Interdependenzen und gewichteten Teilzielen vorgestellt werden. Das System kann dabei auf vordefinierten Teilzielen aufgebaut werden, deren Interdependenzen bereits vorbelegt sind. Projektspezifisch sollte zum Projektstart durch das PM und den AG geprüft werden, ob eine Anpassung der Teilziele notwendig wird. Es können sowohl weitere Teilziele hinzugefügt, Teilziele gestrichen als auch alternative Detaillierungsgrade gewählt werden. Für den Fall, dass weitere Teilziele hinzukommen oder diese abgeändert werden, sind die Interdependenzen zu den übrigen Teilzielen zu bewerten. Im zweiten Schritt ist allgemein zu prüfen, ob die bewerteten Interdependenzen der Projektcharakteristika entsprechen, auch an dieser Stelle sind ggf. Anpassungen durch das PM vorzunehmen. Anschließend müssen durch die AG in Zusammenarbeit mit dem PM die übergeordneten Projektziele und Teilziele hinsichtlich Ihrer Projektrelevanz bewertet werden, besteht hier ein Delta ist die Zielgewichtung zu harmonisieren. Mit diesen quantifizierten Teilzielen und Interdependenzen lassen sich projektspezifische Netzwerke generieren, welche grafisch das Zielverständnis bezüglich der Relevanzen und wechselseitigen Einflüsse unterstützen.

Stehen relevante Entscheidungen an, werden diese hinsichtlich ihrer Zielauswirkungen bewertet und verglichen. Darauf aufbauend können durch das PM Entscheidungsvorlagen für die AG erarbeitet werden. Die mathematisch vorteilhafteste Entscheidung bezüglich der Projekt- und Teilziele stellt dabei lediglich ein Vorschlag dar, der das PM und die AG in der Entscheidungsfindung unterstützt. Werden abweichende Entscheidungen bevorzugt, sollte geprüft werden, ob es einer Anpassung der Bewertungen der Auswirkungen und/oder der Gewichtung der Teilziele bedarf. Im Anschluss an die getroffenen Entscheidungen sind deren Auswirkungen zu validieren und mit den prognostizierten Auswirkungen abzugleichen. Das Entscheidungsmodell ist der Abb. 3-1 zu entnehmen; obligatorische Prozesse sind dabei weiß hinterlegt; optionale Prozesse grau.

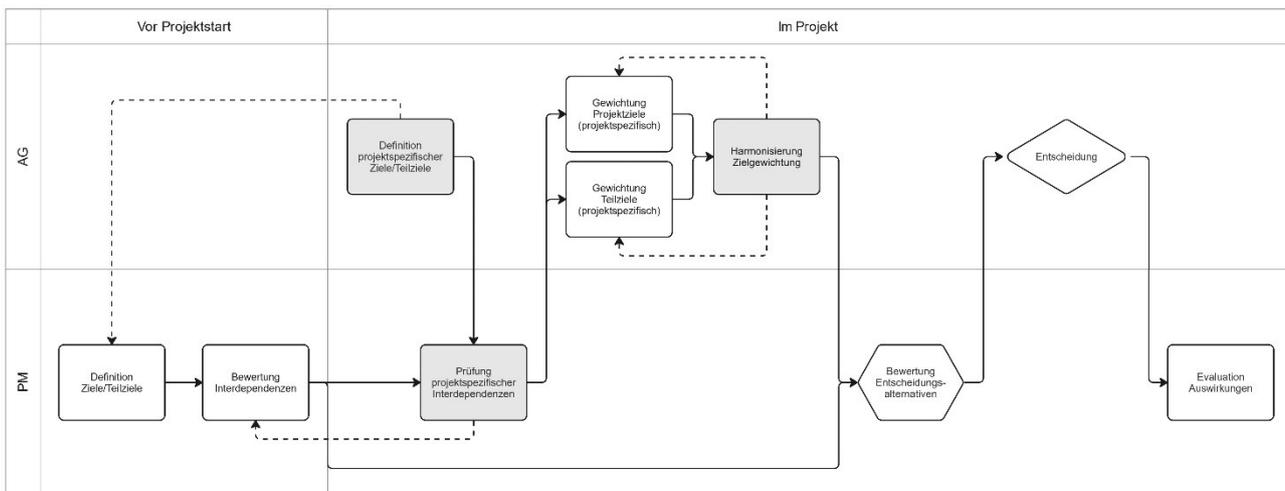


Abb. 3-1: Entscheidungsmodell zur Berücksichtigung von Zielkonflikten

Die für diesen Artikel definierten Teilziele sollten weiter differenziert, deren Interdependenzen bewertet und ebenfalls in das System überführt werden. Darüber hinaus können projektunabhängige Szenarien untersucht werden, in denen einzelne Teilziele oder auch ganze Projektziele gewichtet werden. Aus diesen Szenarien lassen sich Erkenntnisse über die Relevanz einzelner Teilziele in Abhängigkeit zu wiederkehrenden Projektschwerpunkten gewinnen. Das System könnte darüber hinaus in eine Software überführt werden, die eine schnelle Anpassung der Teilziele, deren Interdependenzen und der Zielgewichtung erlauben würde. Eine solche Software würde die tatsächliche Anwendung und Validierung des aktuell theoretischen Systems ermöglichen.

## 4 Literaturverzeichnis

- [1] M. Sundermeier und P. Beidersandwich, "Zielkostenmanagement und Zielkostenverträge für komplexe Bauvorhaben" in *Aktuelle Entwicklungen in Baubetrieb, Bauwirtschaft und Bauvertragsrecht*, C. Hofstadler, Hg., Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden, 2019, S. 695–727, doi: 10.1007/978-3-658-27431-3\_48.
- [2] P. Becker, *Projektsteuerung*. Basel: Birkhäuser, 2019.
- [3] G. Girmscheid, *Projektentwicklung in der Bauwirtschaft - prozessorientiert: Wege zur Win-Win-Situation für Auftraggeber und Auftragnehmer*, 5. Aufl. Berlin, Heidelberg: Springer Vieweg, 2016. [Online]. Verfügbar unter: <http://www.springer.com/>
- [4] Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur, *Reformkommission Bau von Großprojekten: Komplexität beherrschen – kostengerecht, termintreu und effizient*. Berlin.
- [5] H. Ahrens, K. Bastian und L. Muchowski, Hg., *Handbuch Projektsteuerung - Baumanagement: Ein praxisorientierter Leitfaden mit zahlreichen Hilfsmitteln und Arbeitsunterlagen*, 6. Aufl. Stuttgart: Fraunhofer IRB Verlag, 2021.
- [6] AHO e. V., *Projektmanagement in der Bau- und Immobilienwirtschaft - Standards für Leistungen und Vergütung: Leistungsbild und Honorierung* (ger), AHO-Schriftenreihe, 5. Aufl. Berlin: Reguvis Kooperationspartner des Bundesanzeiger Verlages, Nr. 9.
- [7] M. Gralla und K. Prote, "Einsatzformen des Projektmanagements" in *Baubetriebstabellen*, M. Gralla, Hg., Köln: Reguvis Fachmedien GmbH, 2020, 8.3-8.15.
- [8] *Kosten im Bauwesen*, 276, DIN Deutsches Institut für Normung e. V., Berlin, Dez. 2018.
- [9] M. Helmus und B. Offergeld, *Qualität des Bauens: Eine Studie über den Begriff und die Wahrnehmung von Bauqualität bei privaten und öffentlichen Bauherren und Bauunternehmen* (ger), INQA-Bericht. Wiesbaden: INQA-Bauen, Jg. 44.
- [10] K. Eschenbruch, *Projektmanagement und Projektsteuerung für die Immobilien- und Bauwirtschaft: Die rechtlichen Grundlagen für Leistung, Vergütung, Nachträge, Haftung, Vergabe und Vertragsgestaltung : das gesamte Recht der Projektsteuerung in einem Band, mit ausführlicher Darstellung der praxisrelevanten Leistungsbilder und Vergütungsregelungen sowie einer Darstellung und Kommentierung des Leistungsbildes der AHO-Fachkommission*

2020, mit einem Vertragsmuster für die Beauftragung von Projektsteuerungsleistungen, 5. Aufl. Hürth: Werner Verlag, 2021.

- [11] P. Haag, "Ökonomische Qualität als Bestandteil eines ganzheitlichen Qualitätsmodells für die Bauplanung und -realisierung" in 32. *BBB-Assistent:innentreffen*, Essen, 2023, 45-52.

# Unleashing Lean Construction in the digital age – Insights from Student Studies

Svenja Lauble <sup>1</sup>, Philipp Zielke <sup>2</sup> und Shervin Haghsheno <sup>3</sup>

<sup>1</sup> Institut für Technologie und Management im Baubetrieb (TMB), Karlsruher Institut für Technologie (KIT), [svenja.lauble@kit.edu](mailto:svenja.lauble@kit.edu)

<sup>2</sup> Institut für Technologie und Management im Baubetrieb (TMB), Karlsruher Institut für Technologie (KIT), [philipp.zielke@kit.edu](mailto:philipp.zielke@kit.edu)

<sup>3</sup> Institut für Technologie und Management im Baubetrieb (TMB), Karlsruher Institut für Technologie (KIT), [shervin.haghsheno@kit.edu](mailto:shervin.haghsheno@kit.edu)

## Abstract

With the increasing requirements on construction projects, Lean Construction methods and tools are developing further and incorporating innovations. This study addresses the need for comprehensive research on the implementation of Lean principles across various innovations in Lean Construction projects. The following innovations are analyzed: Digital twin, modularity, prefabrication, AI, IoT, AR, VR, drones, and circularity for construction. The inclusion of master's students in the analysis brings a unique and forward-looking perspective, enriching the research with depth and relevance to contemporary industry standards. This student study was divided in 14 sprints as a semester work, starting with understanding the customer value by creating a fictitious persona, analyzing the implementation of the Lean principles in current solutions, and creating optimized concepts. The results show independently that the interaction of the innovations mentioned makes sense to follow the Lean principles. It shows that the digitalization of construction sites is fundamentally necessary before the introduction of the analyzed innovations and is still a current challenge, especially for SMEs.

*Keywords: Student study, digitalization, Lean Construction, innovations*

# 1 Introduction

In recent years, several authors have introduced innovative concepts and tools aimed at increasing customer value and minimizing waste in Lean Construction projects. This is becoming increasingly important as construction projects become more complex, with higher client expectations for architectural product quality, materials, and efficient project management aimed at reducing construction time and costs.

Notable innovations in Lean Construction projects identified in research focus on specific areas such as digital twin [1], modularity [2], artificial intelligence (AI) [3], the Internet of Things (IoT) [4], augmented and virtual reality (AR, VR) [5] or drones for monitoring and reporting [6]. Existing analyses tend to focus on either a research-oriented approach or case studies. Adoption of these innovations is influenced by factors such as required investment, market competition, construction industry culture, employment dynamics, and government support [7]. These factors create framework barriers that impede implementation and perpetuate existing inefficiencies. To adhere to the Lean principles outlined by Womack and Jones [8], innovations must be aligned with customer value, establish efficient value streams, ensure smooth flow, implement pull processes, and strive for continuous improvement.

Given the limited research comparing current and future implementations of Lean principles across different innovations for Lean Construction projects, this study aims to fill this gap. It conducts a comprehensive analysis and evaluation of the effectiveness and potential challenges associated with integrating Lean principles into innovative practices for Lean Construction projects. Master's students are involved in these analyses, bringing a unique perspective as advanced learners well versed in fundamental concepts. Representing future practitioners and leaders, their openness to innovation and familiarity with current trends enriches the research with a fresh perspective aligned with contemporary industry standards. This deliberate focus on master's students adds depth and relevance to the existing literature. The results of the study highlight the often-inadequate consideration of Lean principles and advocate for focused implementation. These findings provide valuable insights to support the development and implementation of innovation in Lean Construction projects.

Section 2 reviews the selected innovative concepts and tools within the construction industry. Section 3 outlines the methodology used in the student study. Section 4 analyzes the potential implementation of Lean principles in selected innovation topics, while Section 5 concludes with a critical discussion and outlook.

## 2 Literature Review

Below is a definition of the topics covered by the student groups as well as current use cases in the construction industry.

### 2.1 Digital Twin

The concept of the digital twin has historical roots in the space sector, specifically in NASA's Apollo program, where analog twins were used for simulations [9]. The development of the digital twin as a concept began in 2003 at the University of Michigan with Dr. Michael Grieves' Mirrored Space model.

This model envisioned the integration of real and virtual spaces using bidirectional data flows [10]. The definition of the digital twin, as coined by NASA in 2010, refers to a multi-physics, multi-scale, probabilistic simulation for vehicles or systems [11]. In the construction sector, the digital twin is viewed as a dynamic evolutionary stage of the Building Information Modeling (BIM) model. Specific to the construction sector, its characteristics include a digital 4D representation, real-time updating by physical sensors, an interactive data platform, and the possibility of simulation and error identification [12]. The difference to a BIM model is the interaction between the physical and digital object: In a digital model it is performed manually while the interaction in a digital twin is automatically and bidirectionally. [13]

## **2.2 Modularity**

Modularity in the construction industry, which was originally adopted from the automotive industry, is transforming the design and construction of buildings by utilizing pre-produced and standardized modules [14]. This advanced method aims to reduce complexity, improve maintainability, promote reusability, and increase the flexibility of the overall system [15]. In the construction industry, modularization refers to the process of dividing buildings into similar sections [16]. This enables pre-production in factories and allows for effective monitoring of the construction process in controlled environments [17]. As a result, it can lead to cost-effective, efficient, and high-quality buildings [14].

## **2.3 Prefabrication**

Prefabrication in the construction industry refers to the production of components off-site, which are then transported to the construction site in a partially completed or finished state. This approach has its origins in the Middle Ages but was further developed during the Industrial Revolution and offers decisive advantages [18], such as cost-effective, timely and economical execution of construction projects, as well as consistently high component quality [19]. Applications range from tunneling to building construction, using a variety of building materials such as steel, reinforced concrete, wood, and combinations of concrete and wood [20] [21]. The definition distinguishes between standardized prefabrication with a high repetition rate and individual prefabrication with a low repetition rate, while modularization includes the prefabrication of space units or partial space units that can be assembled into functional units on site with minimal effort.

## **2.4 Data Analytics**

Data analytics in the construction industry refers to the application of computer systems to analyze large data sets and is an interdisciplinary field that integrates aspects of various scientific disciplines such as statistics, machine learning, and artificial intelligence [22]. The analysis process includes stages such as data cleansing, filtering, visualization, and interpretation [23]. In the construction industry, data analytics is applied to various techniques, including descriptive, inferential, diagnostic, predictive, and prospective analytics [24], where it plays a critical role in supporting Lean principles by enabling efficiency gains in various areas, e.g. with a dashboard summary of the current project status.

## 2.5 Artificial Intelligence (AI)

The integration of Artificial Intelligence (AI) in Lean Construction projects is an advanced approach that aims to improve the efficiency of planning and execution processes in construction [25]. AI enables the collection and analysis of data from various sources, leading to improved collaboration and process efficiency. The integration of AI and Lean Construction can automate planning processes, resulting in more precise scheduling, improved risk management, and optimized overall performance of construction projects [26].

## 2.6 Internet of Things (IoT)

In 2019, the European Commission [27] defined the Internet of Things (IoT) as a network of billions of connected devices or systems that can be controlled remotely via the internet. These devices collect and exchange data to monitor, maintain, and improve processes to provide products and services to consumers. In construction, IoT is primarily used for collecting and analyzing machine data (such as for machine scheduling, logistics, life cycle management) and generating automated reports to improve work efficiency [28]. The supervision of activities from construction workers to analyze risks [29], health and safety issues [30] are not further focused due to the General Data Protection Regulation (GDPR).

## 2.7 Augmented Reality (AR)

Augmented Reality (AR) is an emerging computer-based technology that enhances the real world with virtual objects to create an augmented environment [31]. As defined by Azuma [32], AR allows the user to see the real world while virtual objects are superimposed or combined with it, creating a fusion of real and virtual elements. In the construction industry, AR is used interactively in real time to connect three-dimensional registered virtual objects with the real environment and can augment other human senses in addition to the visual sense, with the sense of sight playing a central role [31].

## 2.8 Virtual Reality (VR)

The paper "Integration Enabled by Virtual Real (VR) Time Simulations of Construction Projects as Lean Application" examines the integration of Virtual Reality (VR) in construction applications and divides it into "Desktop Virtual Reality" (DVR) and "Immersive Virtual Reality" (IVR). While DVR displays virtual realities on screens, IVR allows the user to be fully immersed in the virtual environment through screens worn on the head but requires more complex hardware and software components. [33] The fundamentals of virtual and augmented reality (VR/AR) emphasize the need for real-time integration of user actions into the simulation, regardless of whether virtual worlds follow physical laws of nature [31]. The definition of VR systems includes the representation of a virtual environment, sensory mimicry, user interaction, immersion, and hardware components.

## 2.9 Drones

Drones with an integrated camera are used in the construction industry to visualize problems at the process level and to find solutions faster. Construction sites are digitized using photogrammetry software, which creates a 3D model from the drone images, allowing construction progress to be recorded quickly and accurately. In addition, drone flights are used to inspect buildings, document

damage, and support Lean Construction through BIM-based flight planning, which makes it possible to determine the optimal time for drone flights to reduce waste on construction sites. [34]

## 2.10 Circularity

The circular economy is a development strategy that aims to achieve economic growth without increasing resource consumption. It seeks to transform production chains and consumption habits, and redesign industrial systems at the system level [35]. Circularity is viewed as a closed, regenerative system that minimizes resource consumption, waste, and emissions by closing material and energy loops through recycling. In the construction industry, the term 'life cycle' refers to the various phases that a building goes through, from planning to dismantling. This emphasizes the importance of the circular economy, which aims to reduce resource consumption, waste, and emissions, while implementing closed energy and material cycles. This includes the reuse of building materials.

The mentioned topics aid in waste reduction, such as minimizing stock levels on construction sites through data analytics, reducing travel times with drones, and avoiding defects through prefabrication or overprocessing by implementing AI in scheduling. Therefore, it is relevant to analyze the application of Lean principles in these areas and explore potential for an integrative approach in further development. This was analyzed in a student study in a Lean Construction module in the years 2023 and 2024.

## 3 Method of the Student Study

Materials and results were obtained through student research. Our goal was to gain a general understanding of potential innovations within a specific and predefined focus related to Lean Construction projects from the students' perspective. Figure 3-1 shows the main steps of the method with its three phases of preparation, execution, and evaluation of the student studies. The execution in the student groups is further divided into four main steps: First, creating a persona with its needs (linking relevant waste), second, critically evaluating the implementation of the Lean principles in current applications, third, developing an improved user flow, and finally, critically evaluating the developed user flow of the student study.

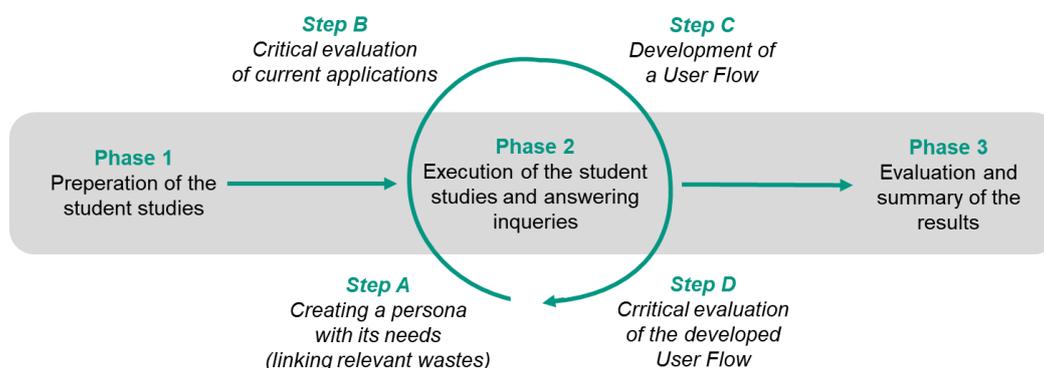


Fig. 3-1: Overview of the methodology

A persona is a description of a fictitious but realistic customer. Personas are constructed from empirical data, e.g. from interviews or observations. A persona description should include information about the persona's knowledge and interests in the topic. [36, p. 26) The user flow describes the customer's journey when using the developed product or service, detailing the steps and interactions required to achieve their goals. [36, p.30]. It can be compared to a simple process flow chart. In the Lean Construction module, which consisted of 50 master's students majoring in civil or industrial engineering, participants worked on a project as part of their exam. The assignment required students to work in small groups to address selected issues, present their findings, and produce a written report. This written report, together with the group presentation, contributed to the partial assessment of the module. Each group consisted of 5 members, allowing students the autonomy to choose their team members for collaborative work.

The preparation of the student study included the creation of a list of topics related to innovation issues and the outline of the tasks. The list of topics includes areas such as IoT, Circularity, Modularity, Data Analytics, AR, VR, Preproduction, Drones, Artificial Intelligence and Digital Twin. The semester is divided into several week-long sprints dedicated to these topics. Table 3-1 illustrates the 14 sprints and their assignment to specific phases or steps. For each sprint, an online forum was set up to allow participants to ask questions relevant to the content of the sprint. While the use of available AI tools such as ChatGPT, OpenAI, or the Board of Innovation is allowed for generating solution proposals, the emphasis is on collaborative discussions among group members.

Sprint Nr.	Task	Phase / Step	Sprint Nr.	Task	Phase / Step
1	Presentation of project work and topics in the lecture	1	8	Identify a Lean method or tool into which the selected topic could be integrated.	2C
2	You will choose a topic in the group. Compare and evaluate at least three scientific sources to define the topic you are working on (e.g. IoT).	2A	9	Develop a "user flow" that represents their developed concept for the method or tool in the form of a process diagram.	2C
3	Who is the customer for your topic? Discuss possible customer groups and make an informed decision about a customer group.	2A	10	Validate and evaluate the developed concept together with the persona interviewed at the beginning.	2D
4	Create a "persona" based on an interview about the selected customer group and describe the customer's needs and wants (customer value). (see attachment: persona template)	2A	11	How are Lean principles implemented in your concept? Summarize your concept according to the five Lean principles of Womack & Jones.	2D
5	Discuss in the group which types of waste are currently relevant for this customer group and summarize the results.	2A	12	Finalize the report.	3
6	Research at least two current solutions that are being applied in practice. Discuss in the group the extent to which the Womack & Jones	2B	13	Deliver the report. Create an elevator pitch following Simon Sinek's "Golden Circle"	3

	Lean principles are implemented and summarize the results.			
7	Discuss and evaluate new solutions in your group. You can use the following page <a href="http://www.boardofinnovation.com">www.boardofinnovation.com</a> as inspiration.	2C	14	Present the elevator pitch to the other students during the lecture.

*Tab. 3-1: Overview of the Sprints in the Student Study*

During the process, the master's students had questions about creating the persona. They asked for a template for creating the persona and contacts for possible interviews. At the culmination of the module, each group was required to submit a report of approximately 15 pages and present their findings in a small group presentation structured in the format of a two-minute elevator pitch. This presentation followed the "Why, How, What" framework inspired by Simon Sinek's Golden Circle [37]. Access to these results is available upon request.

In the following section, the qualitative summary of the results of the small group work is outlined as follows:

1. The identified customer groups are presented, and interview results are summarized in the form of comprehensive personas, including their needs and relevant types of waste.
2. The current application of Lean principles is succinctly detailed in the literature review chapter.
3. The user flows of each group were summarized in a main concept, considering the identified customer values. The detailed user flows for each innovation are available upon request.
4. The user flows are critically validated with each interviewed person representing the persona in the discussion section. Recommendations for further research are derived.

Conducting a survey among master's students is crucial for a focused investigation of the integration of new technologies within an academic discipline. The results of the study are described in the following section.

## 4 Results

The results outline first the identification of customer needs through persona analysis, followed by the identification of inefficiencies in current solutions. Optimized concepts are then developed to address and enhance the identified needs and eliminate waste.

### 4.1 Identification of client needs in personas.

Table 5-1 summarizes the potential client groups that could be analyzed in the subject areas mentioned above. The groups range from investors to construction companies and society. Each student group is focused on a specific persona from its customer group that is of relevance in the respective topic area according to the group's opinion. The site manager was named most frequently as he holds significant decision-making power in the execution of construction projects and frequently serves as a central point of contact for coordinating with other organizations. Therefore, this role will be discussed in

detail below and with this, the topics digital twin, modularity, prefabrication, AI, IoT, AR, VR, drones, and circularity.

Nr.	Topic	Observed customer group											Selected Persona
		Developers and investors	Building owner and building user	Architects and planners	Building contractors	Supplier and manufacturers	Facility management companies	Project management	Consultancies	Authorities and public contractors	Construction software companies	Society	
1	Digital Twin	o	o	o	o		o	o					Lean Manager
2	Modularity		o	o	x	o					o	o	Lean Manager
3	Prefabrication		o		x	o						o	Construction worker
4	Data Analytics	x											Real estate developer
5	AI	o		o	x			o		o			Site Manager
6	IoT	o	o		x		o						Site Manager
7	AR	o	o	o	x	o		o					Site Manager
8	VR		o	x	o			o	o			o	Architect
9	Drones			o	x			o					Site Manager
10	Circularity	o	x	o	o	o	o						Building Owner

Tab. 5-1: The observed client groups in the student study (o: observed client groups, x: selected client group)

Each student group interviewed one person to create a representative persona. Table 5-2 outlines needs and wishes as well as fears and concerns of each customer group. For reasons of simplification, the construction manager and Lean manager (customer group 1), property developers, investors, clients and users (customer group 2), architects and planners (customer group 3), and construction workers (customer group 4) are summarized here.

The Lean principles of Womack & Jones: customer value, value stream, pull, flow and striving for perfection (continuous improvement process – CIP) are marked in italic. Key themes include optimizing processes to enhance efficiency and quality, improving communication and collaboration among stakeholders, and implementing continuous improvement practices to address challenges and promote innovation. Each customer group prioritizes different aspects of customer value, value stream optimization, flow improvement, pull mechanisms, and continuous improvement processes tailored to their specific roles and responsibilities in the construction project. The site manager for examples strives for long-term partnerships, efficient processes, and innovation support, while expressing

concerns about issues such as lack of cooperation, communication challenges, insufficient data, deadline pressure, construction site limitations, implementation expenses, and a shortage of skilled workers. The list cannot be considered complete due to the interviews conducted with individual representative persons.

	Needs and wishes	Fears and concerns
<i>Lean Site manager and manager (customer group 1)</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Building long-term partnerships and networks through collaboration</li> <li>- Increasing efficiency through process optimization</li> <li>- Pulling information without waiting time through a good and up-to-date data basis</li> <li>- Sufficient time and support to promote innovations and continuous improvement processes.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Lack of cooperation between trades, shortage of skilled workers</li> <li>- Deadline pressure and overload</li> <li>- Long communication channels with loss of information and lack of data basis for decisions</li> <li>- Lack of space on the construction site</li> <li>- Expense due to implementation of renewals</li> </ul>
<i>Property developers, investors, clients, and users (customer group 2)</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Functionality, attractive workplaces, profitability</li> <li>- Getting information about accurate and high-quality project planning predictions, rapid decision-making based on reliable data.</li> <li>- Improving costs</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Adherence to costs, schedules, and quality, Meeting customer demands (including adjustments)</li> <li>- Project coordination with communication gaps and challenges in prioritization and decision-making</li> <li>- Inefficient use of resources</li> <li>- Late and costly change management</li> <li>- Adaptation to unforeseen events</li> </ul>
<i>Architects and planners (customer group 3)</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Enhanced communication with detailed data</li> <li>- Reducing travel costs and time for on-site inspections</li> <li>- Resolving conflicts and identifying planning errors</li> <li>- Stakeholder visualization and interface resolution</li> <li>- Enhanced error identification for efficient work and improved communication through visualized and data-based planning</li> <li>- Efficiency enhancement in construction work</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Reduction in costs for hard- and software, compatibility</li> <li>- Adequate computer performance for analysis</li> <li>- Data exchange challenges (e.g., file translation, data exchange management), efficient including of "paper-data"</li> <li>- Compatibility of software.</li> </ul>
<i>Construction workers (customer group 4)</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Reduction of time pressure and stress for employees</li> <li>- Improvement of construction quality and safety</li> <li>- Optimization of storage and transportation processes</li> <li>- Streamlining collaboration between different trades</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Risk of quality deterioration due to high individuality and changing teams</li> <li>- Challenges in quality control due to numerous job sites</li> <li>- Waste of time and resources due to inefficient processes</li> <li>- Physical strain and safety risks for employees</li> <li>- Bottlenecks and delays caused by storage issues and schedule changes.</li> <li>- Complications and conflicts arising from different interfaces and regulations</li> </ul>

Tab. 5-2: Needs and wishes, fears and concerns of each customer group.

## 4.2 Identification of wastes in current solutions

The student groups analyzed several existing software solutions, especially available in the German speaking market, for the implementation of the Lean principles. Based on the interviews conducted,

the picture that emerges is that there is insufficient application of certain Lean principles in practical implementation.

Regarding the value stream of processes and its flow, it was found that a regular review is necessary, but this is often neglected due to the time required. In particular, the value stream for BIM creation shows little clarification, and construction site processes in BIM are often insufficiently mapped. Construction processes are always planned from scratch, which means a lot of work for all trades in last planner workshops or Takt planning. The solution could be to carry out an initial automated creation of the value stream, which would then only need to be coordinated and updated. On the construction site, the documentation of the value stream is often insufficiently defined or not automated due to time pressure.

Regarding the pull principle, it has been observed that there is a lack of clear definitions as to when which information is required. The existing long communication channels and numerous interfaces lead to a loss of information. The challenge here is to implement effective mechanisms to determine the precise timing of information requirements and to shorten communication channels to minimize information losses.

The solutions under consideration implement customer values, by simplifying collaboration through digitalization and thus achieving cost and time targets. The flow is also supported by many of the solutions considered if system interfaces are known and used. Although the aim is to strive for perfection, this principle could be further improved through short-cycle and automated pull processes as well as automation options in value stream creation.

The analyzed solutions most frequently include software solutions for scheduling with Lean Construction methods and therefore also optimized concepts of these. For this reason, the use case of scheduling with the innovations mentioned is described below.

### **4.3 Creating an optimized concept**

The student groups analyzed individual innovations, but their results show independently that the interaction of the innovative concepts mentioned makes sense. An overview of the identified interactions in the scheduling is as follows (see Fig. 5-1):

Modularity supports efficient BIM planning. The modules are optimized for quality, cost savings, efficiency of approval procedures, and process stability in construction through feedback from subsequent processes after integration. It should be noted that the modules can be statically and technically connected and fit into the process sequence or value stream of scheduling. With this modularization supports defining Takt areas or areas in using the Last Planer System (LPS). The modules optimized for prefabrication can be tracked using barcodes or Radio Frequency Identification (RFID) technology to ensure feedback. It is also recommended to track the processes of the modularized room units on the construction site for planning purposes and to identify errors in a timely manner (schedule control).

The student group focused on circularity argues that implementing Lean principles can save construction site resources. Additionally, a concept is being developed where construction products can be leased, recycled after the building's use phase, and returned to the leasing cycle. The presented modularity makes it easy to separate building products for recycling.

In BIM planning, intelligent algorithms can automatically identify and visualize functional clusters. These areas are functionally similar and have similar creation processes. Additionally, suggestions for standard room units and their process sequence can be automatically generated for further process planning. Modularization supports a high prediction rate in the identification process. Also comparing the processes of recognized standard room units and standardizing them during BIM planning also supports modularity.

Virtual reality aids visualization and reduces subsequent changes in planning. Construction companies can optimize their construction processes by simulating various processes and validating scenarios, including the space required for machines and materials. By doing this, collaborative planning sessions with the trades can be supported. VR is linking BIM planning and verifying schedule for construction. Additionally, integrating the current construction progress can help stakeholders such as planners, architects, or investors gain insights at the feasibility of constructing the planned product as well as already giving transparency for the handover and equipment phase, which can hereby be reduced.

An initial AI schedule is generated during scheduling. The trades work together to update and optimize phase planning and forward-looking or Takt planning, which again helps to train the AI further on. Weekly planning needs to be digitally supported within the framework to predict the future construction progress and early countermeasures as well as gaining insights for optimized scheduling in subsequent projects. The long-term planning instead can be automatically updated through feedback from construction work and visualized in dashboards for an up-to-date communication with the project's stakeholders.

The use of AR in construction provides support to the site manager for comparing target and actual progress. It also can help construction workers, as for example to better visualize the excavation process. Additionally, digital markings on the construction site can facilitate efficient communication. Further on, AR-based training and work instructions support stability and reduce defects. AR can also be utilized in weekly planning for the trades, resulting in improved accuracy and quality.

In addition to connecting virtual and real worlds, the use of Near Field Communication (NFC) chips for efficient construction project management in the implementation of IoT solutions is proposed next to cameras and sensors. Passive NFC transponders can be placed for example in areas of future light switches to facilitate standardization. The work process of the construction manager is then optimized through automatic notifications of finished work packages in defined areas and the ability to filter defects by room or trade. The seamless documentation of construction progress not only provides real-time analysis for Takt time optimization but also creates a valuable database for future projects as early as in the planning phase. In addition to this, drones can monitor the outdoor area of the construction site by recording transport routes, storage areas or safety cautions. As created example by the student group drones could serve as a digital material kanban.

The customer values of the analyzed personas were implemented. The site manager (as part of customer group 1) takes on a central role to evaluate data predictively and carry out target/actual comparisons on site or receive feedback from individual stakeholder groups with the target to reduce time pressure or renewals. By integrating IoT an up-to-date database is created, and communication channels are supported. By using AR and VR an efficient planning of the resources of each trade is supported, such as spaces for logistics, and untrained workers can support the construction process.

Developers, investors, clients, and users (customer group 2) are getting high insights by the visualization in the BIM planning in combination with VR. By doing this, the decision-making process change management can be supported. Also, planners and architects (customer group 3) can reduce construction site visits as much as possible due to the often-regional distance, but still stay informed by using VR. The construction workers as part of trades (customer group 4) want to concentrate on their work and focus less on the operation of digital technologies unless they directly support their work (e.g. AR in earthworks). Still by the overall implementation of the introduced innovations efficient, high-quality, and safe process can be supported by predicting bottlenecks, delays, and defects.

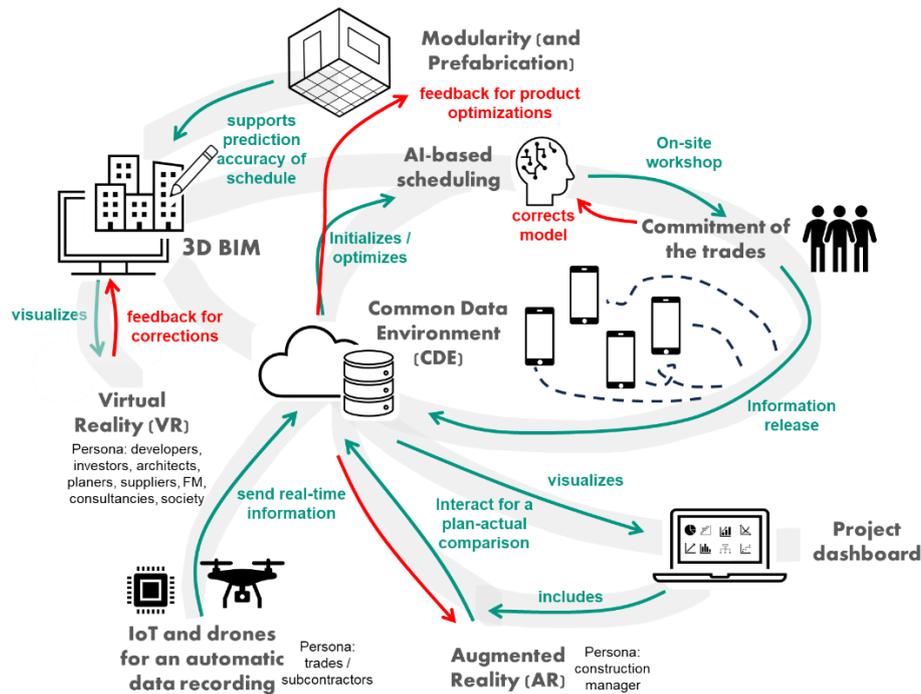


Fig. 5-1: Overview of the interactions in the student studies

## 5 Conclusion

As part of a master's thesis, customer value was determined by creating personas and validating the use of various innovations in the context of Lean Construction projects. This study is the first to analyze innovations for the further development of Lean Construction in the digital age from the perspective of customer value. The examined innovations should not be viewed in isolation, but rather as part of a holistic concept. It is important to note that this study is based on the statements of representative individuals rather than statistical causalities. Furthermore, the innovative teaching methodology was successfully implemented in a flipped classroom concept.

The results show that implementing construction projects using Lean principles and innovative digital technologies poses challenges. Modularity presents a challenge as clients must make precise decisions about construction requirements early on, increasing time pressure during the clarification and planning process and making changes during execution more difficult due to prefabrication. Prioritizing digitalization of processes and products should be the first step before considering the use

of AI. It is important to note that technology should not replace critical on-site assessment and inspection (known as 'Go Gemba'). Despite automated scheduling, communication between trades remains a challenge, which is necessary for continuous improvement (CIP) and innovation. When dealing with existing buildings, digitization and predictions become even more complex, but AR can provide a way to directly visualize detected properties, such as emissions. All in all, the digitalization of processes and products should be considered as the initial step before implementing AI. Small and medium-sized enterprises (SMEs) often face resource constraints, particularly when adopting advanced technologies like AR and VR. Additionally, unreliable internet connections can hinder the use of digital technologies.

In the future, it is essential to apply the knowledge gained in practice. Additionally, research is needed to determine the necessity of collaborative cooperation between trades using digital technologies for scheduling without direct on-site coordination. The implications for organizations, particularly SMEs, highlight the need for resource allocation and strategies for utilizing advanced technologies.

## 6 References

- [1] Z. Mao, V. Gonzalez und Y. Zou, "Exploring a Digital Twin Framework for lean management of constraints in construction: A literature review," IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Bd. 1101, Nr. 8, 2022. [Online]. Verfügbar unter: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1101/8/082019>
- [2] S. Bertelsen, "Modularization- a third approach to making construction lean?," in 13th annual conference in the International Group for Lean Construction, Australien, 2005.
- [3] D. Cisterna, S. Lauble, S. Haghsheno und J. Wolber, "Synergies Between Lean Construction and Artificial Intelligence: AI Driven Continuous Improvement Process," in Proceedings of the 30th Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC), 2022, S. 199-210. [Online]. Verfügbar unter: <https://doi.org/10.24928/2022/0122>
- [4] B. Dave, S. Kubler, K. Främpling und L. Koskela, "Opportunities for enhanced lean construction management using Internet of Things standards," Automation in Construction, S. 86-97, 2015. [Online]. Verfügbar unter: <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2015.10.009>
- [5] P. Dallasega, A. Revolti, P. Sauer, F. Schulze und E. Rauch, "BIM, Augmented and Virtual Reality empowering Lean Construction Management: A project simulation game," Procedia Manufacturing, Bd. 45, S. 49-54, 2020. [Online]. Verfügbar unter: <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.04.059>
- [6] N. Anwar, F. Najam und M. Amir Izhar, "Construction Monitoring and Reporting using Drones and Unmanned Aerial Vehicles (UAVs)," in 10th International Conference on Construction in the 21st Century, Bd. 8, Nr. 3, 2018, S. 2-4.
- [7] M. Stevens, "Nine Innovation Barriers in Australian Construction Contracting," in 30th Annual International Group of Lean Construction (IGLC 30), Kanada, 2022. [Online]. Verfügbar unter: <https://doi.org/10.24928/2022/0103>
- [8] J. Womack und D. Jones, "Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation," Journal of the Operational Research Society, Bd. 48, 1996. [Online]. Verfügbar unter: <https://doi.org/10.1038/sj.jors.2600967>

- [9] R. Rosen, G. Wichert, G. Lo und K. Bettenhausen, "About The Importance of Autonomy and Digital Twins for the Future of Manufacturing," IFAC (International Federation of Automatic Control), S. 567-572, 2015. [Online]. Verfügbar: <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2015.06.141>
- [10] M. Grieves, "Origins of the Digital Twin Concept," 2016. [Online]. Verfügbar unter: <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.26367.61609>
- [11] M. Shafto et al., "Modeling, Simulation, Information Technology and Processing Roadmap," National Aeronautics and Space Administration, 2010.
- [12] J. Kortelainen, T. Minav und K. Tammi, "Digital twin—The dream and the reality," in *Frontiers in the Internet of Things*, Bd. 2, 2023. [Online]. Verfügbar unter: <https://doi.org/10.3389/friot.2023.1108777>
- [13] I. Errandonea, S. Berltrán, S. Arrizabalaga, "Digital Twin for maintenance: A literature review", in *Computers in Industry*, Bd. 123, 2020. [Online]. Verfügbar unter: <https://doi.org/10.1016/j.compind.2020.103316>
- [14] H. Wildemann, "Individuelles Bauen mit industrieller Fertigung – Hausbau 4.0," in *23. Internationales Holzbau-Forum IHF 2017*, 2017.
- [15] A. Mohamad, G. Hicketier, V. Hovestadt und F. Gehbauer, "Use of modularization in design as a strategy to reduce component variety in one-off projects," in *21st Annual Conference of the International Group for Lean Construction 2013, IGLC 2013*, S. 285–294, 2013.
- [16] M. Hermes, "Prefabrication & Modularization as a Part of Lean Construction – Status Quo in Germany," in *23rd Annual Conference of the International Group for Lean Construction*, S. 235–245, 2015.
- [17] M. Mullens und M. Kelley, "Lean Homebuilding Using Modular Technology," in *Housing and Society*, Bd. 31, 2015. [Online]. Verfügbar unter: <https://doi.org/10.1080/08882746.2004.11430497>
- [18] P. Wilkinson, "50 Schlüsselideen Architektur," in *Spektrum Akademischer Verlag*, 2013. [Online]. Verfügbar unter: <https://doi.org/10.1007/978-3-8274-3066-3>
- [19] D. Schwerm und A. Borchardt, "Modernes Bauen mit Betonfertigteilen. Stand und Entwicklungstendenzen im Hochbau," in *Beton- und Stahlbetonbau*, 2013.
- [20] T. Lechner, V. Schmitt, O. Fischer und J. Kempf, "Modulbauweisen im Verbundbrückenbau," in *Stahlbau*, Bd. 90, Nr. 2, S. 116–127, 2021. [Online]. Verfügbar unter: <https://doi.org/10.1002/stab.202000094>
- [21] A. Leib, "Erhöhte Vorfertigung durch Verkleben von Holz und Beton?" in *21. Internationales Holzbau-Forum*, 2015.
- [22] P. Bihani und S. Patil, "A Comparative Study of Data Analysis Techniques," in *International Journal of emerging trends & technology in computer science*, Bd. 3, Nr. 2, S. 95–101, 2014.
- [23] T. A. Runkler, "Data Analytics: Models and Algorithms for Intelligent Data Analysis," Springer Fachmedien Wiesbaden, 2020. [Online]. Verfügbar unter: <https://doi.org/10.1007/978-3-658-29779-4>
- [24] M. Islam, "Data Analysis: Types, Process, Methods, Techniques and Tools," in *International Journal on Data Science and Technology*. [Online]. Verfügbar unter: <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:212873754>

- [25] C. Hofstadler und C. Motzko, Hrsg., *Agile Digitalisierung im Baubetrieb: Innovative Wege zur Transformation und Best Practices*, 2. Aufl. Springer Vieweg Wiesbaden, 2023. [Online]. Verfügbar unter: <https://doi.org/10.1007/978-3-658-43247-8>.
- [26] ALICE Technologies, "What does a generative scheduling workflow in ALICE look like?," 2023. [Online]. Verfügbar unter: <https://blog.alicetechnologies.com/alice-product-tours/alice-workflow-tour>.
- [27] European Commission, "Internet of Things," 2019. [Online]. Verfügbar unter: <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/library/internet-things-brochure>.
- [28] Digital Deutschland GmbH, *Innovative Lösungen für die Baubranche*, 2023. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.a1.digital/de/iot/loesungen/bauindustrie>.
- [29] J. Heinrich, "IoT am Bau: Was sind die Vor- und Nachteile?," *PlanRadar*, 2022. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.planradar.com/de/iot-am-bau/>.
- [30] T. Kirmayr, "IoT im Bauwesen," *Mittelstand-Digital Zentrum Bau*, 2021. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.digitalzentrumbau.de/kos/WNetz?art=News.show&id=954>.
- [31] R. Dörner, W. Broll, P. Grimm und B. Jung, "Virtual und Augmented Reality (VR/AR)—Grundlagen und Methoden der Virtuellen und Augmentierten Realität," Springer Berlin Heidelberg, 2013. [Online]. Verfügbar unter: <https://doi.org/10.1007/978-3-642-28903-3>.
- [32] R. T. Azuma, "A Survey of Augmented Reality," *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, vol. 6, pp. 355-385, 1997. [Online]. Verfügbar unter: <https://doi.org/10.1162/pres.1997.6.4.355>.
- [33] J. Trivedi, P. Parihar und S. Nandipati, "Integration Enabled by Virtual Real (VR) Time Simulations of Construction Projects as Lean Application," in *Recent Developments in Sustainable Infrastructure (ICRDSI-2020)—Structure and Construction Management*, 2022, pp. 383–401. [Online]. Verfügbar unter: [https://doi.org/10.1007/978-981-16-8433-3\\_33](https://doi.org/10.1007/978-981-16-8433-3_33).
- [34] T. Gorski, "Der Einsatz von Drohnen in der Bauindustrie," in C. Jacob & S. Kukovec (Hrsg.), *Auf dem Weg zu einer nachhaltigen, effizienten und profitablen Wertschöpfung von Gebäuden: Grundlagen – neue Technologien, Innovationen und Digitalisierung – Best Practices*, Springer Fachmedien Wiesbaden, 2022, pp. 361-376. [Online]. Verfügbar unter: [https://doi.org/10.1007/978-3-658-34962-2\\_21](https://doi.org/10.1007/978-3-658-34962-2_21).
- [35] W. Lehmacher und J. Bödecker, *Circular Economy: 7. Industrielle Revolution: Der Weg zu mehr Nachhaltigkeit durch Kreislaufwirtschaft*, Springer Fachmedien Wiesbaden, 2023. [Online]. Verfügbar unter: <https://doi.org/10.1007/978-3-658-41311-8>.
- [36] UXQB e.V., *CPUX-F Curriculum Certified Professional for Usability and User Experience Foundation Level Version 4.01 DE*, 2023.
- [37] The Training Thinking, "The Golden Circle by Simon Sinek," 2015. [Online]. Verfügbar unter: <https://thetrainingthinking.com/en/the-golden-circle-by-simon-sinek/>.

# Praxisbeitrag: Digitale Taktplanung und Taktsteuerung im industrialisierten Bauen bei Goldbeck

Hamid Rahebi<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Institut für Technologie und Management im Baubetrieb, 76131 Karlsruhe, & BIM Spezialist Goldbeck Technologies GmbH, hamid.rahebi@kit.edu*

## Kurzfassung

Digitalisierung und Lean Construction sind beides bedeutende Treiber, die die Bauindustrie gegenwärtig prägen. Durch die Einführung von Bauproduktionssystemen wie Taktplanung und Taktsteuerung in Bauunternehmen kann die Stabilität von Bauprozessen verbessert werden. Viele der Lean-Methoden basieren auf einfachen und bereits vorhandenen Werkzeugen wie Post-Its. Die Einführung von Lean-Methoden stellt oft Herausforderungen dar und bedeutet insbesondere zu Beginn einen Mehraufwand, vor allem bei der Pflege von Dokumenten. Durch die Digitalisierung und die Einführung von benutzerfreundlichen Software-Tools kann die Akzeptanz und Implementierung von Lean Construction gesteigert werden. Das Unternehmen Goldbeck, ein auf industrielle Fertigung spezialisiertes Bauunternehmen, beschäftigt sich intensiv mit der Einführung von Taktplanung und Taktsteuerung sowie der Digitalisierung aller Arbeitsschritte. In diesem Beitrag wird das Unternehmen Goldbeck vorgestellt, ebenso wie seine Interpretation von Taktplanung und Taktsteuerung. Des Weiteren wird beschrieben, wie das Unternehmen die Einführung einer digitalen Lean-Bauproduktionssystemsoftware konzipiert und umsetzt.

*Schlagwörter: Lean, Digitalisierung, Taktplanung, Taktsteuerung*

## 1 Einleitung

Die Bauindustrie durchläuft gegenwärtig einen digitalen Wandel, der Bauunternehmen zur Einführung neuer Technologien zwingt. Die Herausforderungen, die sich aus der stagnierenden Entwicklung im Baugewerbe ergeben, manifestieren sich insbesondere in Form von mangelnder Produktivität und Effizienz [1]. Laut einer Studie des Bundesinstituts für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) aus dem Jahr 2019 haben lediglich 45% der befragten Bauunternehmen in den letzten drei Jahren ein Digitalisierungsprojekt geplant oder umgesetzt - und das trotz technologischen Fortschritts, starker Konjunkturphasen und günstiger wirtschaftlicher Rahmenbedingungen. Im Vergleich zur stationären Industrie wird die Bauwirtschaft sowohl in der Forschung als auch in der Praxis immer wieder kritisch betrachtet. [2]

In der stationären Produktionsindustrie hat sich der Einsatz von Lean-Management und Lean-Methoden, basierend auf dem Toyota Production System (TPS), seit Jahrzehnten bewährt, um wertschöpfende Prozessabläufe zu optimieren und Verschwendung zu minimieren bzw. zu eliminieren [3]. Bei Goldbeck, einem Unternehmen, das auf industrielle Fertigung setzt, wurden mit dem Ansatz Lean@Goldbeck bereits Prinzipien und Methoden etabliert, um Lean Construction-Ansätze im Unternehmen zu verankern und Prozesse sowie Schnittstellen in der Bauausführung zu standardisieren, nachhaltig zu steuern und zu optimieren. Die Implementierung von Lean Construction-Methoden erfolgt häufig mit bestehenden Softwaretools oder analogen Werkzeugen und weist Optimierungspotentiale auf. Der folgende Beitrag beschreibt die Implementierung von Lean Management bei Goldbeck und die konkrete Einführung eines digitalen Bauproduktionssystems.

## 2 Systematisiertes Bauen bei Goldbeck

Gegründet im Jahr 1969 von Ortwin Goldbeck, konzentrierte sich das Unternehmen Goldbeck in den ersten Jahren auf die Herstellung von Stahlelementen für Hallenbauten. Anfang der 1980er Jahre machte der Gründer und Ingenieur Ortwin Goldbeck die komplette Gewerbehalle zum "Produkt" - ganzheitlich geplant, industriell gefertigt und ausbaufertig montiert, inspiriert von der Automobilindustrie. [4]

Der Produktgedanke von Gebäuden hat sich weiterhin etabliert und verbreitet, was zu einer breiten Palette von Anwendungen geführt hat. Goldbeck legt Wert auf das serielle Bauen: Alle Gebäude sind individuell konfigurierbare Produkte auf Basis industriell vorgefertigter Systemelemente [5]. Durch die Verwendung von Systembauteilen können bereits in den frühen Planungsphasen physikalische, konstruktive und rechtliche Aspekte des Gebäudeentwurfs berücksichtigt werden. Dies ermöglicht eine frühzeitige Übersicht und Optimierung des gesamten Erstellungsprozesses. Zusätzlich helfen systematisierte Prozesse, individuelle Fehler zu reduzieren. Die wesentlichen Bauelemente des Tragwerks sowie der Gebäudehülle werden in der hauseigenen Systemplanung entwickelt und anschließend industriell produziert. Nach dem "LEGO-Prinzip" lassen sich die Elemente individuell zu verschiedenen Gebäudearten kombinieren. Getreu dem Prinzip "Das Unsichtbare (das Tragwerk) systematisieren, das Sichtbare (z.B. die Fassade) individualisieren" entwickeln die eigenen Konzeptteams maßgeschneiderte Gebäudekonzepte für die Kunden.[4]

Goldbeck setzt auf ein Totalunternehmergeschäftsmodell und bietet Planungsleistungen, Ausführungstätigkeiten und Services für die Betriebsphase an. Durch eine hausinterne Planung wird sichergestellt, dass stets im gleichen System geplant wird. Für die eigenen Systeme existieren bereits viele standardisierte Informationen, die per "Knopfdruck" abgerufen werden können. Diese Informationen können intern an die produzierenden Werke weitergegeben werden, wodurch viele Komponenten im Rohbau industriell vorgefertigt werden.[6]

Durch die Verlagerung der Erstellung von Wänden und Decken von der Baustelle hin zu Werken können stabile Arbeitsbedingungen wie in der stationären Industrie bereitgestellt werden. Durch die industrielle Produktion bleibt der Bauprozess weitgehend unabhängig vom Wetter, sodass gleichbleibende Qualitäten gesichert werden können. Die Komplettierung eines Außenwandelements erfolgt beispielsweise in der AWE-Fertigungsstraße in logisch aufeinander abgestimmter Reihenfolge mehrerer Ein- und Anbau-Stationen. Standardisierte Fertigungsabläufe der Systembauelemente ermöglichen höhere Produktionsgeschwindigkeiten, als diese vor Ort in herkömmlicher Bauweise überhaupt möglich wären. Die Produktionsreihenfolge und die anschließende Transportlogistik wird dabei nach dem "Pull"-Prinzip entsprechend dem Projektterminplan eingetaktet. Innerhalb von nur zwölf Wochen wird die komplette Ausführungs- und Werkplanung aller Fachdisziplinen inklusive der Konstruktionszeichnungen für eine Halle erstellt. Anstelle von Rohbau Betonieren gilt es zu montieren. Die Fertigteile werden in der richtigen Einbau-Reihenfolge auf LKW verladen und durch Montageteams vor Ort verbaut gemäß dem Lego-Prinzip. So ist es beispielsweise möglich, dass der Rohbau eines sechsgeschossigen Bürogebäudes mit ca. 3000 m<sup>2</sup> Bruttogeschossfläche innerhalb von fünf Wochen fertig montiert ist. [4]

Die Ansätze von Goldbeck weisen starke Parallelen zum Lean Management auf. Lean Management zielt darauf ab, Verschwendung zu eliminieren, Prozesse zu optimieren und den Wert für den Kunden zu maximieren. Goldbecks Ansatz der seriellen Bauweise, der Verwendung von Systembauteilen und der hausinternen Planung entspricht diesen Prinzipien. Durch die Standardisierung und Systematisierung der Bauelemente und Prozesse wird Verschwendung minimiert. Die industrielle Vorfertigung und das "LEGO-Prinzip" der Montage optimieren den Bauprozess und erhöhen die Effizienz. Darüber hinaus ermöglicht die individuelle Konfiguration der Gebäude auf Basis der Systemelemente eine hohe Kundenzufriedenheit. Schließlich fördert die Einbeziehung aller Fachplanungsdisziplinen in die interne Planung die kontinuierliche Verbesserung, ein weiterer zentraler Aspekt des Lean Managements [6].

### 3 Lean Management bei Goldbeck

#### 3.1 Voraussetzungen für eine flächendeckende Einführung von Lean

2018 hat das Unternehmen entschieden, flächendeckend die Lean Philosophie im Unternehmen einzuführen. Goldbeck nutzt den Lean-Ansatz, der unter dem Namen Lean@Goldbeck bekannt ist, um die täglichen wertschöpfenden Aufgaben der Mitarbeiter zu unterstützen. Dieser Ansatz basiert auf den Prinzipien der Mitarbeiterorientierung, des Kundenfokus und eines kontinuierlichen Verbesserungsprozesses.

Lean@Goldbeck besteht aus drei Elementen:

1. **Lean@Goldbeck Strategie:** Hier wird den Mitarbeitern die Vision und das Zielbild der Lean-Philosophie anhand von Phasen und Meilensteinen vermittelt.
2. **Schulungsangebot:** Es wird ein Online-Training angeboten, das das Grundverständnis sowie Ziele und Prinzipien von Lean@Goldbeck näherbringt. Zusätzlich werden Simulationsworkshops angeboten, die eine praktische Anwendung von Lean-Tools und Lean-Methoden bei Goldbeck ermöglichen.
3. **Lean-Netzwerk:** Dieses Netzwerk besteht aus Lean-Managern, Lean-Experten und Lean-Interessierten. Die Lean-Manager sind Ansprechpartner und unterstützen die Anwender aktiv auf der Baustelle bei der Anwendung von Lean-Methoden und Lean-Tools.

Das Ziel von Goldbeck ist es, die Lean-Philosophie nachhaltig und langfristig im Unternehmen zu verankern. Die Lean-Philosophie soll dabei alle Unternehmensbereiche adressieren. Der Kerngedanke von Lean ist bereits seit der Gründung des Unternehmens wesentlicher Bestandteil der Unternehmenskultur, wie folgende Abbildung zeigt:

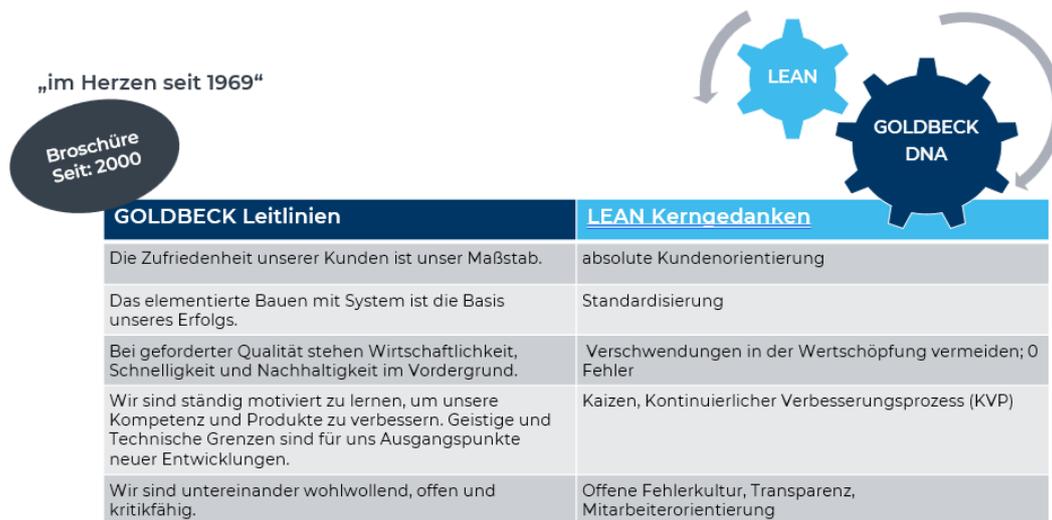


Abbildung 3-1 Goldbeck Leitlinien & Lean (eigene Darstellung angelehnt an [4, S. 95])

Aufbauend auf ein gemeinsames Lean-Verständnis folgen die Anwendung der Lean-Prinzipien und auf die Arbeitsweisen angepasste Methoden und Tools zur Unterstützung des Arbeitsalltages der

Mitarbeiter. Dabei werden erfahrungsbasiert nach und nach Kernbausteine entwickelt, die nach einer Pilotierung und daraus resultierender Optimierung im Unternehmen implementiert werden.

Für Goldbeck bildet die Standardisierung aller Arbeitsschritte die Basis, um eine hohe Qualität und innovative Verfahren flächendeckend für das gesamte Unternehmen bereitzustellen. Das Unternehmen hat bereits seit 2018 intensiv an der Zusammenstellung und Visualisierung von 174 Prozessschritten gearbeitet, die alle Aspekte von Verkauf über Planung bis zur Abwicklung abdecken.

Diese Prozesse sind nach dem Kanban-Prinzip visualisiert und dienen als Landkarte für parallellaufende Aufgaben und ihre Abhängigkeiten. Goldbeck nennt diese Landkarte Projektprozess. Der Projektprozess ist in die Phasen Konzipieren, Bauen und Betreuen unterteilt und bildet eine standardisierte Vorgehensweise zur Durchführung der Prozesse. Diese klare Struktur schafft Transparenz, wer im Projekt für welche Aufgaben zuständig ist und wo Schnittstellen existieren.



Abbildung 3-2 Wertschöpfungsphasen Goldbeck (Quelle: Goldbeck)

Der definierte Standardablauf gilt für alle Bauvorhaben von Goldbeck, wie beispielsweise für Parkhäuser, Hallen oder Bürogebäude. Der Fokus liegt immer auf der maximalen Wertschöpfung für Kunden.

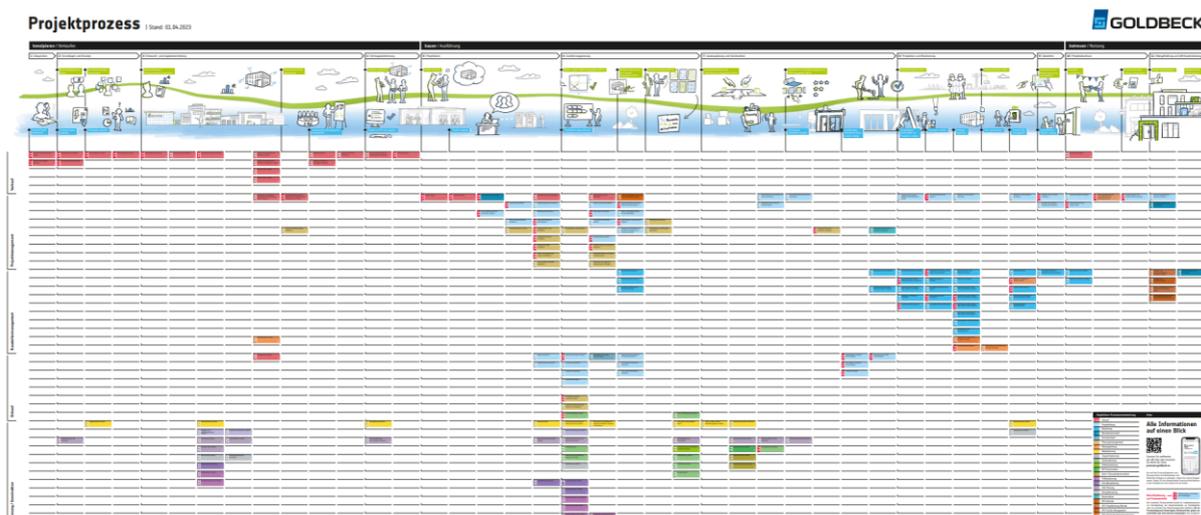


Abbildung 3-3 Goldbeck Projektprozess (Quelle: Goldbeck)

Der Prozess definiert eindeutig Aufgaben, Akteure und Software während des Bauvorhabens. Die klar definierten Schnittstellen und Verantwortlichkeiten geben nicht nur neuen Kolleginnen und Kollegen eine klare Struktur zur Arbeitsweise, sondern ermöglichen das kollaborative Arbeiten der verschiedenen Fachdisziplinen gemäß der BIM-Methode. Dieser Standardprozess bildet die Grundlage für eine effektive Digitalisierung der Bauprozesse. Goldbeck kann diese Potenziale besonders effizient nutzen, da sämtliche Schnittstellen im Unternehmen selbst liegen. So werden Informationsverluste vermieden.

### 3.2 Methode Taktplanung & Taktsteuerung bei Goldbeck

Ein elementarer Kernbaustein der Lean-Einführung ist eine einheitliche Umsetzung der Lean-basierten Terminplanung und -steuerung im gesamten Unternehmen. Während Testprojekten wurde verschiedene Baustellenproduktionssysteme wie das Last Planner System oder die Taktplanung und Taktsteuerung (TPTS) verprobt. Aufgrund des unternehmerischen Ziels, das Denken in Produkten von Gebäuden und die daraus hoch resultierte Wiederholungsrate, hat sich das Unternehmen entschieden, die Adaption der theoretischen Modelle anhand der TPTS aufzubauen. Diese Methode wird jedoch auf das Geschäftsmodell des Unternehmens weiter adaptiert, um die Besonderheiten bei Goldbeck, welches auch die Konzeption und Planung inhouse durchführt, zu berücksichtigen. Mit der Taktplanung und Taktsteuerung (TPTS) wurde die erste Lean-Kernmethode für das Projekt- und Baustellenmanagement bei Goldbeck entwickelt und zu Beginn des Jahres 2022 sukzessive eingeführt. Die TPTS-Methode besteht im Wesentlichen aus fünf Modulen: Basisterminplan, Projektterminplan, Taktplan, agile Terminsteuerung und Baustellenleitstand. Diese Bausteine bilden von der Vertragsabstimmung bis zur Fertigstellung des Gebäudes Termine in unterschiedlichen Detaillierungsebenen für das Unternehmen Goldbeck ab.

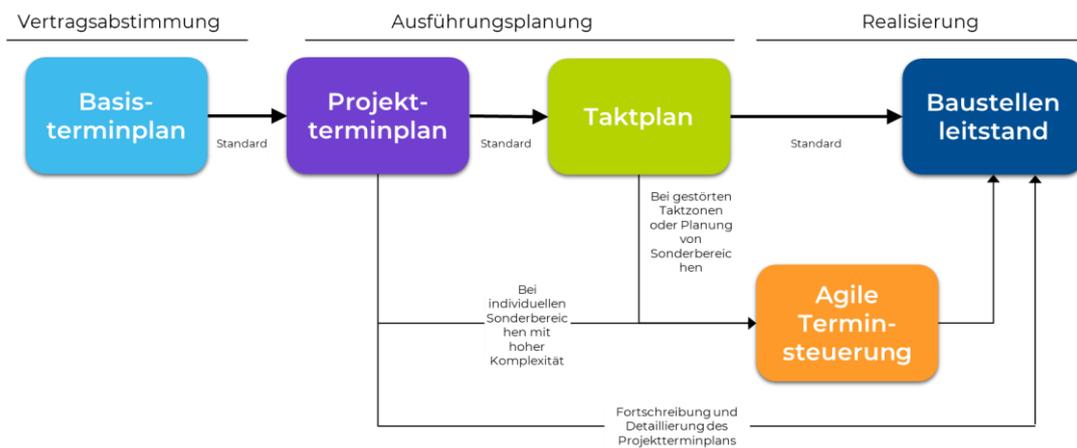


Abbildung 3-4 TPTS Methode Goldbeck (Quelle: Goldbeck)

#### Basisterminplan

Der Basisterminplan bildet die Grundlage für den Planungs- und Bauprozess und gilt als verbindliche Basis für die folgenden Module. Innerhalb des Basisterminplans werden wichtige Termine und Prozesse abgebildet, wie zum Beispiel Meilensteine, Planungs- und Bauphasen sowie die

Inbetriebnahme und Abnahme. Der Basisterminplan wird von einem Verkaufsingenieur als Gantt-Diagramm in MS Project erstellt und dem Kunden zur Transparenz und frühzeitigen Kommunikation vorgestellt.

### Projektterminplan

Der Projektterminplan stellt die Fortschreibung des projektspezifischen Basisterminplans durch die Projektleitung dar. Darin werden die Inhalte des Basisterminplans präzisiert und mindestens die Abfolge der Bauabschnitte/Gebäudeteile dargestellt. Allerdings variiert der Projektterminplan in seinem Detailgrad entsprechend der Erfordernisse seitens des technischen Einkaufs und des Baustellenmanagements. Sollte die Terminplanung für ein Projekt ohne einen Taktplan arbeiten, liegt ein hoher Detailgrad mit Start- und Endterminen der einzelnen Gewerke vor. Sollte jedoch für ein Projekt ein Taktplan erstellt werden, darf die Detaillierung dem Taktplan nicht vorweggreifen, damit keine Redundanzen entstehen.

### Taktplan

Der Taktplan wird auf Basis des Projektterminplans vom Baustellen-Team erstellt und bildet die Grundlage für die vertragliche und partnerschaftliche Zusammenarbeit mit den Nachunternehmern. Im Taktplan wird der Zusammenhang zwischen Arbeitsort, Arbeitsinhalt und Zeitpunkt übersichtlich dargestellt. Er stellt den Zusammenhang zwischen Arbeitsort-Arbeitsinhalt-Zeitpunkt visuell dar und dient der Basis für die Zusammenarbeit mit den Nachunternehmern. Im Prozess werden die erforderlichen Informationen zur Erstellung des Taktplans, z.B. Aufteilung der Funktionscluster, Festlegung der Taktzonen und Arbeitsinhalte sowie Gewerkezüge, innerhalb eines Workshops erarbeitet. Anschließend wird der Taktplan anhand einer Vorlagedatei in MS Excel erstellt. Dabei müssen viele Informationen manuell und oftmals doppelt eingetragen werden. Insbesondere die Einarbeitung von Änderungen von terminrelevanten Informationen während der Ausführungsphase unterliegen dem manuellen Verschieben der Vorgänge in Excel.

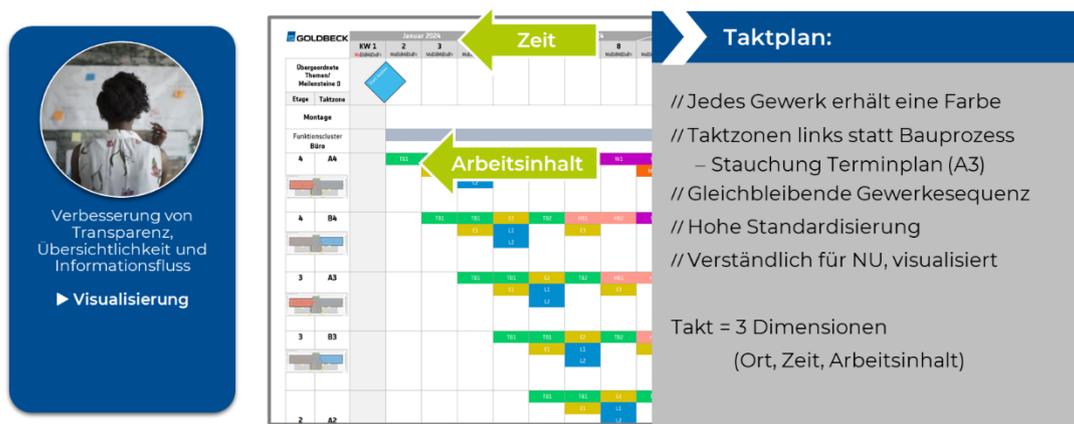


Abbildung 3-5 Taktplanung (Quelle: Goldbeck)

### Agile Terminsteuerung

Ziel der Agilen Terminsteuerung ist es, gemeinsam mit dem Nachunternehmer dessen Arbeitsinhalte (halb-)tagesgenau durchzugehen und zu planen. Dadurch können unter anderem ungetaktete Bereiche

besser geplant, Störungen vermieden oder auch Störungen behoben werden, wenn der Taktplan gestört ist und wiederhergestellt werden soll.

### *Baustellenleitstand*

Das vierte Modul der TPTS-Methode bei Goldbeck ist der Baustellenleitstand, welcher einen Bestandteil der Taktsteuerung widerspiegelt. Der Baustellenleitstand gilt als zentrale Kommunikations- und Informationsplattform in der Zusammenarbeit der Baustelle mit den NUs.

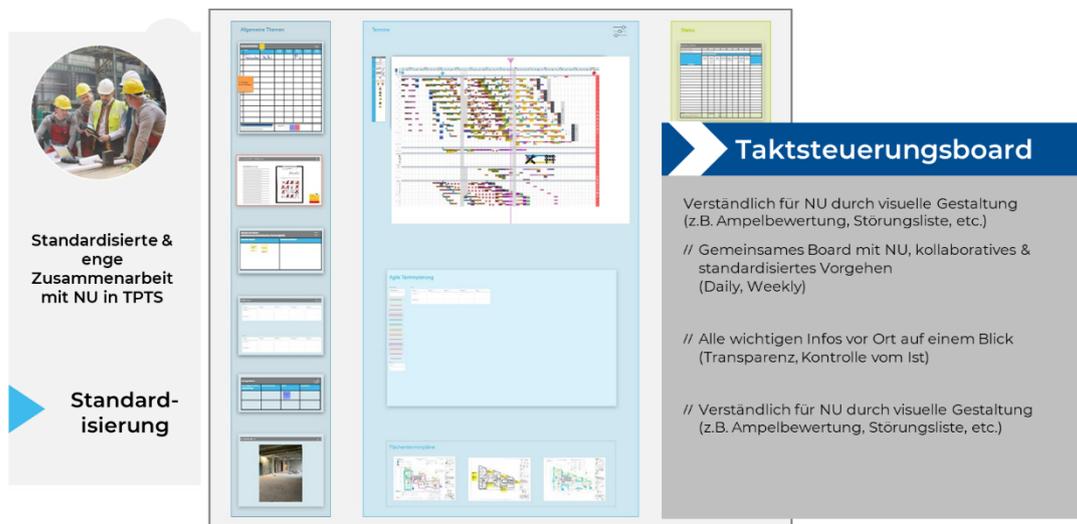


Abbildung 3-6 Baustellenleitstand (Quelle: Goldbeck)

Kurzzyklische Regelkommunikationen (Dailys und Weeklys) werden gemeinsam mit den erforderlichen Beteiligten durchgeführt. Der Baustellenleitstand wird als Gesprächsgrundlage für verschiedene Tagesordnungspunkte eingesetzt. Das Vorgehen ist wie folgt: Den Ist-Zustand der Arbeitspakete mitteilen, offene Punkte kurzzyklisch miteinander besprechen und den Status in einer täglichen Nachunternehmer-Kommunikation abgleichen, um dadurch Störungen frühzeitig vorherzusehen. Sie sorgen in Zusammenhang mit dem Taktplan für ruhigere und störungsfreiere Bauabläufe. Der Baustellenleitstand wird mittels des digitalen Whiteboards Miro umgesetzt, welches eine kollaborative Umgebung für die Kommunikation zwischen allen Baubeteiligten bietet (vgl. Abbildung 13). Die Darstellung des Boards unterteilt sich in die fünf Bereiche Statische Anzeige, Allgemeine Themen, Termine, Status und Auswertung. Neben einer visuellen Darstellung des Taktplans, welcher aus Excel in Miro importiert wird, finden in diesem Rahmen verschiedene Lean-Tools Anwendung, wie z.B. die Offene-Punkte-Liste, die Störungsliste, die Ampelbewertung oder der Ready-Status-Check. Im Bereich der Auswertung werden anhand vorgenannter Statusdaten Kennzahlen erhoben. Diese Daten basieren auf Excel-Listen, sind nicht mit dem Taktplan verknüpft und bedeuten einen zusätzlichen Pflegeaufwand.

### *Herausforderungen in der Anwendung von TPTS*

Die erste Implementierungswelle der Taktplanung und Taktsteuerung (TPTS) bei Goldbeck wurde bereits 2021 abgeschlossen. Seitdem wird die Methode durch Lean Manager kontinuierlich

weiterentwickelt und durch zusätzliche Lean Kernbausteine ergänzt. Bei der Auswahl der Software-Tools wurde bewusst auf bereits vorhandene Lösungen im Unternehmen zurückgegriffen, um die Anwender schrittweise an die Methode heranzuführen.

Die Anwendung von Excel und Miro brachte jedoch mehrere Nachteile mit sich. Excel erwies sich als ungeeignet für die leichte Formatierung und Anpassungen am Taktplan. Die Überführung des Taktplans aus Excel in Miro war suboptimal, da Änderungen nicht automatisch übernommen wurden. Dies führte zu einer zusätzlichen Arbeitsbelastung für die Pflege. Zudem waren die Vorgänge nicht miteinander verknüpft, was zu Mehraufwand und Fehlern bei der Terminverschiebung führte, insbesondere im Vergleich zu MS Project, wo Abhängigkeitslogiken hinterlegt werden können. Eine weitere Herausforderung stellte die Datenredundanz zwischen Excel und Miro dar. Inhalte wurden in beiden Lösungen doppelt gepflegt. Zudem fehlte eine Smartphone-App, wodurch eine Nutzung auf der Baustelle vor Ort nicht möglich war.

Die Daten aus den Projekten konnten nur mit erhöhtem manuellem Aufwand für eine Auswertung verwertet werden. Darüber hinaus konnten Verknüpfungen von TPTS-Daten mit weiteren Informationsquellen, wie beispielsweise einem Bauwerksmodell, nicht hergestellt werden. Die Medienbrüche durch die verschiedenen Softwarelösungen ermöglichten keinen durchgängigen Informationsfluss zu den Terminen im Unternehmen. Diese Herausforderungen sorgten dafür, dass die Akzeptanz von TPTS geschwächt wurde und verdeutlicht die Notwendigkeit einer verbesserten Software-Lösung für die Anwendung von TPTS.

## **4 Einführung digitale Taktplanung und -steuerung**

### **4.1 Zielsetzung**

Die Digitalisierung bietet die Möglichkeit, Vernetzung, Standardisierung, Transparenz und Kommunikation zu verbessern und den Informationsfluss zu optimieren. Sie bietet die Chance, den Informations- und Wissensaustausch sowie die Koordination zu verbessern. Weltweit zeichnet sich ein Trend zu digitalen Lean-Tools zur Umsetzung der Methode ab. Es ist eine Dynamik zu erkennen, die versucht, Digitalisierung und Methodik zusammenzuführen. Die digitale Transformation soll die Anwendung von Lean-Methoden und Lean-Werkzeugen fördern, intensivieren und verbessern. Dabei werden die Methoden und Werkzeuge durch eine digitale Umsetzung nicht zerstört, sondern die Anwendung vereinfacht und optimiert. Insbesondere die Möglichkeit, generierte Daten digital zu sammeln, auszuwerten und zu interpretieren, ist ein wesentliches Potenzial in der Digitalisierung von Lean-Methoden.[7]

Auf dem Markt existieren bereits mehrere Software-Tools, die die Digitalisierung von Lean-Methoden vorantreiben, darunter LCM Digital, YoLean, VisiLean, Vplanner und Takt.ing. Darüber hinaus existieren bereits mehrere Veröffentlichungen, die die Verzahnung von Building Information Modeling (BIM) und Lean erläutern. Es gibt auch mehrere Konzepte, wie das Last Planner System oder die Taktplanung und Steuerung in eine modellbasierte digitale Software abgebildet werden können [8, S. 110], [9, S. 12]. Des Weiteren spielen weitere Technologien wie Virtual Reality (VR)

und Künstliche Intelligenz (KI) eine Rolle bei der Prüfung, wie die ursprünglich entwickelten Methoden des Lean Construction durch Digitalisierung erweitert werden können.

Zielsetzung für das Unternehmen Goldbeck besteht darin eine durchgängige Terminplanung entsprechend der TPTS-Methode für alle zukünftigen Projekte umsetzen zu können. Informationen zu Terminen sollen über alle Wertschöpfungsphasen hinweg vernetzt und nutzerorientiert aufbereitet werden. Durch dieses Ziel sind mehrere Nutzergruppen aus Planung, Montage und Schlüsselfertigbau betroffen. Die Daten sollen innerhalb der Software dem Single-Source-of-Truth Prinzip entsprechen sowie zur Auswertung von Kennzahlen dienen [5].



Abbildung 4-1 Zielsetzung TPTS-App (Quelle: Goldbeck)

## 4.2 Vorgehen Einführung Digitale Taktplanung und Taktsteuerung

Für das Unternehmen Goldbeck war bereits klar, dass eine Einführung einer digitalen Lösung bzw. einer TPTS-App erforderlich ist. Die App soll flächendeckend im Unternehmen ausgerollt werden und die Basis für weitere Anwendungsfälle wie beispielsweise BIM 4D sein. Für die Einführung wurde ein mehrstufiges Digitalisierungsprojekt entwickelt.

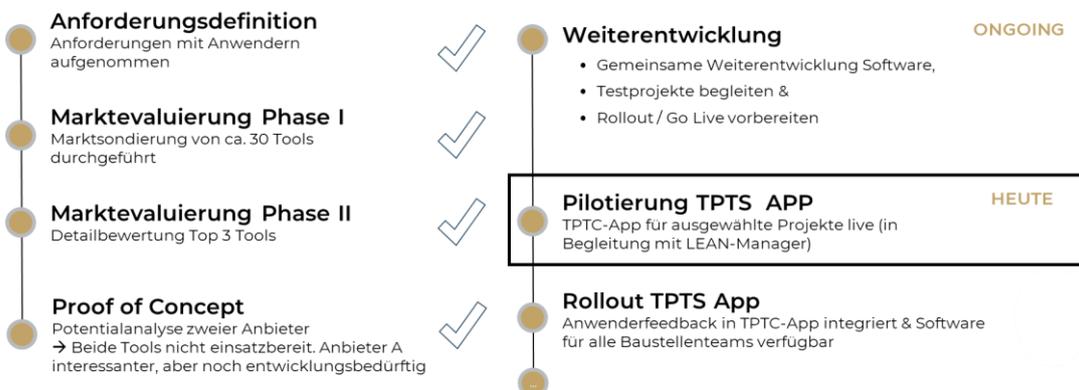


Abbildung 4-2 Vorgehen Einführung TPTS-App (Quelle: Goldbeck)

### *Anforderungsdefinition*

Zu Beginn des Projektes wurden zunächst Anforderungen von Experten und Anwendern in Form von User-Stories definiert. Insgesamt wurden über 200 User Stories definiert. Auf dieser Basis wurden Mockups erstellt, da zu diesem Zeitpunkt nicht klar war, ob die TPTS-App innerhalb der Organisation entwickelt oder ein Produkt vom Markt gekauft wird. Die Mockups wurden anschließend erneut durch Expertenkreise innerhalb von Goldbeck verprobt. Neben den Anforderungen, die sich aus der TPTS-Methode ergeben, muss die Software eine Smartphone-App besitzen sowie Touch-TV fähig sein, um Dailys und Weeklys in Kollaboration mit den NUs durchführen und diese am Prozess teilhaben lassen zu können.

### *Marktevaluierung*

Dementsprechend wurde auch der Markt nach Lean- und TPTS-Tools sondiert, sodass über 30 Produkte mit unterschiedlichen Schwerpunkten evaluiert wurden. Anhand dessen behaupteten sich drei Softwaretools, mit denen das Projektteam von Goldbeck in engerer Zusammenarbeit mit den Anbietern eine Detailbewertung durchführte. Die Herausforderung bestand darin, ein geeignetes Tool zu finden, welches den technischen als auch den methodischen Anforderungen entspricht, wobei ein nutzerorientierter und strategischer Fokus nicht vernachlässigt wurde. Dazu wurden im Rahmen der Bewertungsphase Workshops mit Lean-Managern und TPTS-Experten durchgeführt, um Funktionalitäten, Bedienbarkeiten und Workflows zu testen. Primäres Ziel war es, dass das Produkt die Module der TPTS-Methode abbilden und umsetzen kann, wobei das Feedback der Experten auch zu verstehen gab, dass die BIM-Integration ein großes Potential für einen innovativen Fortschritt bietet.

### *Weiterentwicklung & Pilotierung*

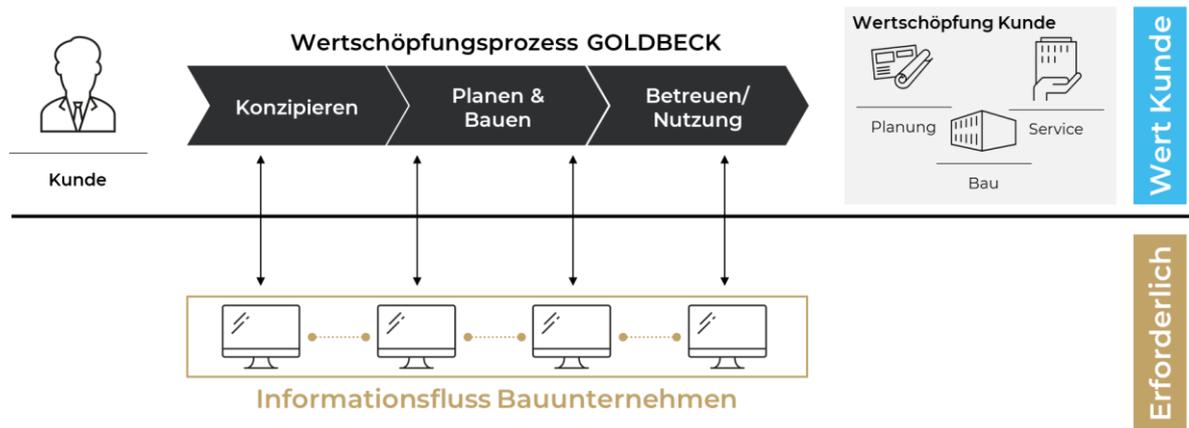
Anhand der Bewertung kam heraus, dass keine Lösung auf dem Markt gegenwärtig alle erforderlichen Anforderungen erfüllt. Nach Gesprächen mit mehreren Softwareanbietern kam die Bereitschaft heraus, dass ausgewählte Anbieter bereit für eine gemeinschaftliche Weiterentwicklung waren, um so eine strategisch langfristige Partnerschaft einzugehen.

Softwarepartner und Bauunternehmen arbeiten gemeinsam daran, das Produkt weiterzuentwickeln und legen den Schwerpunkt auf eine hohe Benutzerfreundlichkeit. Besonders die Entwicklung des Baustellenleitstands zeigte sich als herausfordernd, da hier zum einen die Vernetzung von Informationen aus anderen Informationssystemen wie z.B. Microsoft Power BI und zum anderen eine schnelle Bedienung während den Besprechungen erforderlich sind.

Aktuell befindet sich das Implementierungsprojekt in der Weiterentwicklung und Pilotierung der neuen App. Um eine hohe Anwenderfreundlichkeit zu gewährleisten, wurde ein „From Dev to Field“ Ansatz ausgewählt. Das bedeutet, dass die Entwicklung von neuen Features begleitend zur Pilotierung direkt auf Baustellen verprobt wurde, um somit unmittelbar Rückmeldung von zukünftigen Anwendern zu erhalten. Die Weiterentwicklung wird gegenwärtig für alle Gebäudevarianten (Halle, Schule, Büro etc.) auf über 20 Baustellen verprobt.

## 5 Zusammenfassung & Ausblick

### Projektprozess & digitaler Informationsfluss



Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass sich Goldbeck mitten in der Etablierung der Lean-Philosophie und digitaler Technologien befindet. Die durch die Digitalisierung gebotenen Chancen für die Implementierung von Lean Construction sind erkannt worden und werden durch eine partnerschaftliche Entwicklung mit Softwarepartnern realisiert. Die Gestaltung eines Goldbeck-spezifischen Lean-Systems resultierte in eine Herausforderung, ein passendes Softwareprodukt zu finden. Die Auswahl einer Standard-Software hat den Vorteil, dass weniger Entwicklungszeit und Ressourcen investiert werden müssen. Des Weiteren besteht bei einer Softwareentwicklung stets die Gefahr, dass Projektziele nicht erreicht werden können. Das serielle Bauen und die interne Durchführung mehrerer Wertschöpfungsphasen bieten eine bedeutende Möglichkeit, einen durchgängigen Informationsfluss im Unternehmen zu realisieren. Daten aus allen Wertschöpfungsphasen können leichter vernetzt und daraus abgeleitet schneller verarbeitet werden, um datenbasierte Aussagen zu treffen. Die Verknüpfung von Lean-Daten mit BIM-Daten, aber auch anderen Informationsquellen wie beispielsweise ERP-Systemen, bietet weitere Möglichkeiten. Voraussetzung dafür ist, dass Daten aus verschiedenen Informationsquellen vernetzt werden können und die entsprechende Interoperabilität gegeben ist. Auf dieser Basis kann die Wertschöpfung aus der Sicht der internen und externen Kunden gemäß der Lean-Philosophie gesteigert werden.

## 6 Literaturverzeichnis

- [1] „Beitrag der Digitalisierung zur Produktivität in der Baubranche“, BBSR. Zugegriffen: 30. Mai 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/veroeffentlichungen/bbsr-online/2019/bbsr-online-19-2019.html>
- [2] „McKinsey-Studie: Produktivität der Baubranche in Deutschland stagniert | McKinsey & Company“. Zugegriffen: 30. Mai 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.mckinsey.com/de/news/presse/mckinsey-studie-produktivitat-der-baubranche-in-deutschland-stagniert>
- [3] M. Helmold, „Lean Management als Teil der Unternehmensstrategie“, in *Kaizen, Lean Management und Digitalisierung: Mit den japanischen Konzepten Wettbewerbsvorteile für das*

- Unternehmen erzielen*, M. Helmold, Hrsg., Wiesbaden: Springer Fachmedien, 2021, S. 63–73. doi: 10.1007/978-3-658-32342-4\_6.
- [4] D. Schwab und M. Six, „Geschwindigkeit durch industrialisiertes Bauen“, *Beton-Stahlbetonbau*, Bd. 116, Nr. S2, S. 95–103, 2021, doi: 10.1002/best.202100059.
- [5] *Lean@Goldbeck – Verbessern mit System*, (26. Oktober 2023). Zugegriffen: 30. Mai 2024. [Online Video]. Verfügbar unter: <https://glci.weblive.events/stream/>
- [6] S. Mittermeier, D. Schmitz, und Y. Weigand, „Agiles Bauprojektmanagement in einem Bautechnologieunternehmen“, in *Agile Digitalisierung im Baubetrieb: Grundlagen, Innovationen, Disruptionen und Best Practices*, C. Hofstadler und C. Motzko, Hrsg., Wiesbaden: Springer Fachmedien, 2021, S. 407–427. doi: 10.1007/978-3-658-34107-7\_18.
- [7] P. B. Weil, „Ein Beitrag zur Anwendung der Lean Construction im schlüsselfertigen Hochbau“, TU Darmstadt, Darmstadt, 2022. Zugegriffen: 30. Mai 2024. [Online]. Verfügbar unter: [https://tuprints.ulb.tu-darmstadt.de/20585/1/Weil\\_Pia\\_Dissertation.pdf](https://tuprints.ulb.tu-darmstadt.de/20585/1/Weil_Pia_Dissertation.pdf)
- [8] C. Leifgen, *Ein Beitrag zur digitalen Transformation der Lean Construction am Beispiel der BIM-basierten Taktplanung und Taktsteuerung*. Darmstadt, 2019. [Online]. Verfügbar unter: [https://tuprints.ulb.tu-darmstadt.de/9247/7/Dissertation\\_Leifgen\\_final\\_farbe\\_cc.pdf](https://tuprints.ulb.tu-darmstadt.de/9247/7/Dissertation_Leifgen_final_farbe_cc.pdf)
- [9] C. P. Schimanski, *DESIGN AND EVALUATION OF A BIMBASED PRODUCTION MANAGEMENT SYSTEM FOR Lean CONSTRUCTION: CONCEPTUAL FOUNDATIONS AND SUPPORTING SOFTWARE PROTOTYPE*. Bozen, 2021.

# Öffentlichkeitsarbeit auf Baustellen: Qualitative Untersuchung und Leitfaden

Marcel Max Weissinger<sup>1</sup> und Sarah Lieb<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Universität Stuttgart, Institut für Baubetriebslehre, 70569 Stuttgart, [marcel.weissinger@ibl.uni-stuttgart.de](mailto:marcel.weissinger@ibl.uni-stuttgart.de)

<sup>2</sup> Universität Stuttgart, Institut für Baubetriebslehre, 70569 Stuttgart, [st172252@stud.uni-stuttgart.de](mailto:st172252@stud.uni-stuttgart.de)

## Kurzfassung

Das Bewusstsein sowie die soziale und politische Sensibilität der Gesellschaft nehmen zu. Gleichzeitig steigt das Bedürfnis nach Mitsprache bei Veränderungsprozessen und Bauprojekte stoßen oftmals auf Proteste aus der Bevölkerung. Die Ursachen für diese Ablehnung sind vielfältig. Der Fokus in der Bauphase liegt auf einer qualitätvollen Realisierung im vereinbarten Zeit- und Kostenrahmen. Trotz des vorhandenen und steigenden Bedarfs an Informationen und Austausch sowie dem Konfliktpotenzial durch externe Beeinträchtigungen der Baumaßnahmen wird die Information und Kommunikation mit der Öffentlichkeit nachrangig behandelt. In der Konsequenz ergeben sich Risiken in der Bauabwicklung bspw. durch Widerstände im umgebenden Quartier oder in der Gesellschaft. Initiativen gegen das Bauprojekt können resultieren. Im Ergebnis kann die Einhaltung der Zielgrößen Qualität, Termine und Kosten gefährdet werden. Zusätzliche Herausforderungen entstehen durch die Anforderungen der Sustainable Development Goals (SDG). Maßnahmen im Bereich der sozialen, ökologischen und ökonomischen Nachhaltigkeit im Bauwerkszyklus sind notwendig. Diese Anforderungen verstärken den Bedarf an umfassender Kommunikation und Transparenz, um Akzeptanz und Unterstützung aus der Bevölkerung zu gewinnen. Um die Risiken in der Bauabwicklung zu reduzieren, einen Beitrag zu den SDG zu leisten, die Akzeptanz für das Bauprojekt zu schaffen oder auszubauen, wird ein Ansatz für die Öffentlichkeitsarbeit von Hochbauprojekten entwickelt. Über Experteninterviews werden die projekt- und kontextbezogenen Faktoren identifiziert. Ein Leitfaden für die Umsetzung einer geeigneten Strategie für die Öffentlichkeitsarbeit wird entwickelt und weitergehender Forschungsbedarf aufgezeigt.

*Schlagwörter: Stakeholdermanagement, Baustelle, Kommunikation, Information, Partizipation, Öffentlichkeitsbeteiligung, Sustainable Development Goals, SDG*

# 1 Einleitung

## Ausgangslage und Problemstellung

Die Gesellschaft ist zunehmend sensibilisiert für soziale und politische Angelegenheiten und zeigt ein wachsendes Bedürfnis nach Mitsprache in Veränderungsprozessen. Die Erwartungshaltungen von externen Stakeholdern bei Bauprojekten nehmen zu [1; 2]. Mit Bauprojekten entstehen für die umgebenden Strukturen während der Bauabwicklung Beeinträchtigungen. Die Gewohnheiten und der Alltag der Anrainenden werden beeinflusst. Im Kontext der gesellschaftlichen Entwicklungen steigt das Risiko bspw. durch das NIMBY-Phänomen („not in my backyard“). Bauprojekte im direkten Umfeld sollen verhindert und an anderen Stellen umgesetzt werden. Dieses Phänomen trifft nicht nur auf Großprojekte, sondern auch auf kleinere innerstädtische Vorhaben im Gewerbe- und Wohnungsbau, zu. [2; 3] Das Phänomen kann aber ebenso auf die Beeinträchtigungen während der Baumaßnahme zurückgeführt werden. Demgegenüber liegt der Schwerpunkt von Auftraggebern auf einer qualitativen Umsetzung innerhalb eines engen Zeit- und Kostenrahmens. Dies kann zur vernachlässigten Einbindung externer Stakeholder führen, obwohl der Bedarf an einem Informationsaustausch vorhanden und das Konfliktpotenzial aufgrund diverser Beeinträchtigungen durch die Bauarbeiten hoch sind. Eine vorhandene Akzeptanz für das Bauprojekt in der Planung kann in der Bauausführung abnehmen und die Ansichten von Stakeholdern können sich über den Projektverlauf verändern. Neue Initiativen mit bisher unbekanntem Interessen und Bedürfnissen können hinzukommen. Externe Störungen wie Beschwerden können zu Verzögerungen bei der Realisierung des Bauprojekts, Kostensteigerungen und einer negativen Wahrnehmung des Vorhabens führen. Darüber hinaus kann dies ein Risiko für die Reputation der beteiligten Unternehmen darstellen. [4] Zudem steigt durch internationale Regulierungen (u. a. Vereinte Nationen: Sustainable Development Goals; Europäische Union: EU-Taxonomie/Green Deal) die Notwendigkeit des Nachweises von Maßnahmen für eine soziale, ökologische und ökonomische Nachhaltigkeit. [5; 6]

## Ziel und Motivation

Da die gesetzlich vorgeschriebene Öffentlichkeitsbeteiligung im Planungs- und Genehmigungsverfahren oftmals nicht ausreicht, um die Erwartungshaltungen von externen Stakeholdern zu befriedigen und diese ein Risikopotenzial für Auftraggebende darstellen, soll ein Leitfaden für Kommunikations- und Partizipationsmaßnahmen in der Bauabwicklung von Hochbauprojekten entwickelt werden [7; 8]. Aufbauend auf bereits etablierten Kommunikations- und Beteiligungsverfahren aus Infrastruktur- und Großprojekten sowie empirischen Erhebungen aus Experteninterviews sollen Schlüsselfaktoren für Kommunikation und Partizipation (K&P) herausgearbeitet werden. Ziel ist die Entwicklung eines Leitfadens zur Abwägung des Umfangs von Informations- und Kommunikationsmaßnahmen in der Bauabwicklung. Dieser soll als Steuerungselement für eine Akzeptanz von Bauprojekten, die Einhaltung der Zielgrößen Qualität, Termine und Kosten und damit für resiliente Bauprozesse auf der Baustelle eingesetzt werden. Ein Beitrag zu den SDG soll damit geleistet werden.

# 2 Theoretische Grundlagen

## Kommunikation und Partizipation

Unter Kommunikation wird ein wechselseitiger Prozess der Verständigung zwischen zwei oder mehr Personen mittels Sprache, Zeichen und Symbolen verstanden [9]. Im Kontext von Bauprojekten nehmen die Interaktion und Interessenklärung von Auftraggebenden und Bauunternehmen mit ihren Bezugsgruppen (Stakeholdern) eine wesentliche Rolle ein [10]. Bei der Partizipation handelt es sich um einen „Austauschprozess zwischen mehreren Personen oder Personengruppen und deren Repräsentierenden (z. B. Verwaltung, Bevölkerung, InvestorInnen, soziale Organisationen), die sich die Einflussnahme an einer sie betreffenden Entwicklung (oder an einem Inhalt) selber sichern oder diese ihnen zugestanden wird“ [11, S. 7]. Der Informationsaustausch wird als Basis für Partizipation vorausgesetzt [12]. Diese Definitionen verdeutlichen die Interdependenz der beiden Begriffe, weshalb eine zusammenhängende Untersuchung notwendig ist.

Kommunikations- und Partizipationsverfahren lassen sich in formelle und informelle Formen unterteilen. Formelle Verfahren sind gesetzlich definiert und umfassen klassische Methoden der direkten Demokratie, wie Volksentscheide oder Bürgerbegehren. Informelle Verfahren werden freiwillig durchgeführt und können ohne rechtliche Vorgaben frei gestaltet werden. Im Zusammenhang mit der Bauausführung von Hochbauprojekten liegt der Fokus auf den informellen Kommunikations- und Partizipationsverfahren. Die formellen Verfahren sind bereits im Rahmen der vorangegangenen Planungs- und Genehmigungsphase abgeschlossen. Diese dienen jedoch als Ansatzpunkte für weitergehende Analysen. [12] Kommunikations- und Partizipationsverfahren können in verschiedene Intensitätsstufen eingeteilt werden. Im Kontext von Bauprojekten wird hierzu die VDI-Richtlinie 7001 herangezogen. Diese teilt die Kommunikations- und Partizipationsinstrumente in drei Kategorien: Information, Konsultation und Mitgestaltung. Die Informationsebene zeichnet sich durch eine einseitige, von den Auftraggebenden ausgehende Kommunikation mit dem Ziel aus, die Öffentlichkeit und insbesondere Stakeholder über Projektziele, -status und Entscheidungen in Kenntnis zu setzen. Beispiele für Informationswerkzeuge sind Flyer und Informationsveranstaltungen. Bei konsultativen Verfahren besteht eine direkte Interaktion zwischen Auftraggebenden und der Öffentlichkeit mit beratendem Charakter. Teilnehmende können Ansichten äußern, Vorschläge diskutieren und Handlungsempfehlungen erarbeiten. Die Aufnahme der Ergebnisse obliegt den Auftraggebenden. Im Rahmen der Mitgestaltung steht die kooperative Bearbeitung von Problemstellungen und Interessenslagen im Mittelpunkt. Ziel ist es, eine idealerweise auf Konsens ausgerichtete Lösung, mindestens aber eine Versachlichung der Debatte mit einer gemeinsamen Faktenklärung zu erreichen. Durch Mitgestaltungsinstrumente wie z. B. Runde Tische erhalten die Teilnehmenden die Möglichkeit zur Mitbestimmung. [13] Im Kontext der Bauausführung kann zusätzlich als vierte Kategorie der Kommunikations- und Partizipationsprozesse das Baustellenmarketing genannt werden [14]. Dieses umfasst die Anstrengungen, die Akzeptanz von Baumaßnahmen durch transparente Informationspolitik zu sichern bzw. zu erhöhen, Projektbeteiligte aktiv einzubeziehen und negative Auswirkungen der Baustelle zu minimieren. Das übergeordnete Ziel dieser Maßnahmen stellt die Sicherstellung einer reibungslosen Bauabwicklung dar. Zudem soll das Image der am Bau Beteiligten positiv beeinflusst werden. Zentrale Elemente des Baustellenmarketings sind Information, Aktion, Kommunikation und Kooperation. Informationsaktivitäten werden frühzeitig, kontinuierlich und transparent durchgeführt. Instrumente wie bspw. Baustellen-Info-Points und Bauzaun-Infobanner mit Visualisierungen können eingesetzt werden, um eine umfassende Übersicht über das Gesamtprojekt zu bieten. [15] Das Interesse der externen Stakeholder soll

bestmöglich befriedigt und gleichzeitig zu viele Details zur Baumaßnahme vermieden werden (ggf. höhere Erwartungshaltung).

Das Beteiligungsparadoxon veranschaulicht, dass zu Beginn eines Projekts die Möglichkeiten der Einflussnahme von externen Stakeholdern hoch, jedoch das Interesse bzw. Engagement gering sind. Über den Projektverlauf stellt sich eine Umkehr dieser Faktoren ein. Dem gestiegenen Interesse stehen nur geringfügige Möglichkeiten der Einflussnahme gegenüber [16]. Das Interesse steigt insbesondere mit dem Beginn der Bauarbeiten und den damit verbundenen Auswirkungen für die umgebenden Strukturen. Entsprechend können Kommunikation und Partizipation erfolgskritische Faktoren für Bauprojekte darstellen [13]. Da Bauvorhaben zum Zeitpunkt der Baugenehmigung rechtlich abgesichert sind, werden Kommunikation und Partizipation anschließend oftmals vernachlässigt. Die Konfliktpotenziale bestehen demgegenüber weiterhin bzw. nehmen zu [14]. Verschiedene Stakeholder, vorrangig Anwohnende und gewerbliche Anrainende, sind den Störungen während der Baumaßnahme direkt ausgesetzt. Beeinträchtigungen bestehen u. a. im Kontext der Lebensqualität durch Lärm, Staub, Schmutz und Erschütterungen, von beengten Platzverhältnissen, die zu einer veränderten Verkehrssituation und zu einer erschwerten Erreichbarkeit von Grundstückszufahrten sowie der einer erschwerten Anlieferung von Waren für die Anrainenden führen. Um den Risiken von externen Stakeholdern zu begegnen, sind Kommunikations- und Informationsmaßnahmen erforderlich. Bestehende Ansätze und Untersuchungen konzentrieren sich jedoch auf frühe Projektphasen und bieten nur begrenzte Hinweise zum Einsatz von Maßnahmen in der Bauabwicklung [siehe bspw. 17, 18, 19]. Die Abbildung 2-1 veranschaulicht die Korrelation zwischen der öffentlichen Wahrnehmung, den Projektkosten und der Kostenbeeinflussbarkeit über den Verlauf eines Bauprojekts. Die Einwirkungsmöglichkeiten auf die Kosten nehmen über den Projektverlauf ab. Mit dem Abschluss der Planungsphase sind die Kosten eines Bauwerks mit dessen Qualitätsmerkmalen weitestgehend bestimmt. In der Ausführungsphase kann nur wenig Einfluss auf die Kosten im Projektverlauf genommen werden. Die unterschiedlichen Kurvenverlaufdiagramme in Abbildung 2-1 veranschaulichen das Konfliktpotenzial infolge mangelnder Kommunikations- und Partizipationsverfahren. Bspw. kann ein Baustopp als Eskalationsfolge die Projektkosten negativ beeinflussen und zu Bauzeitverlängerungen sowie Opportunitätskosten führen (siehe Abbildung 2-1 a)). In Abbildung 2-1 b) werden die positiven Auswirkungen aus dem Einsatz von Kommunikation und Partizipation als Steuerungselemente für die Kostenentwicklung und eine differenzierte Wahrnehmung des Bauprojektes dargestellt. Im Ergebnis verdeutlichen die Kurvenverläufe die potenziellen Mehrwerte einer umfassenden kommunikativen und partizipativen Begleitung bei Bauprojekten [13]. Das Konfliktpotenzial wird auf frühere Projektphasen verschoben bzw. verteilt. Präventive und frühzeitige Maßnahmen können ergriffen werden und sich positiv auf die potenzielle Eskalationsgefahr in der Bauabwicklung auswirken. Der Umfang von Kommunikations- und Partizipationsmaßnahmen ist von den projektspezifischen Rahmenbedingungen abhängig. Größe, Verhandlungsspielräume, verfügbare Ressourcen, Konfliktpotenzial und der wahrgenommene Nutzen des Bauvorhabens sind zu berücksichtigen. Die VDI-MT 7001 empfiehlt Auftraggebenden bspw. in der Phase der Bauabwicklung die Anwohnenden über den Projektstatus sowie bevorstehende Baumaßnahmen zu informieren sowie eine Ombudsperson für Nachfragen und Beschwerden zu benennen. Zur positiven Wahrnehmung der Baustelle durch die umgebenden Strukturen und Öffentlichkeit können Instrumente auf der Baustelle wie Besichtigungen und Kultur-Events,

Informationszentren und Webcams genutzt werden. Weitergehende Maßnahmen zur Vermeidung von Konflikten wie bspw. nachteilige Auswirkungen durch die Baulogistik sollen durch Maßnahmen für die Betroffenen ausgeglichen werden [13].

### Status quo

Seit 2010 kann ein gesteigertes Forschungsinteresse im Bereich „Kommunikation und Öffentlichkeitsbeteiligung“ festgestellt werden. Die Mehrheit der Forschungen konzentriert sich auf Infrastrukturprojekte und bietet Ansatzpunkte für Hochbauprojekte [14]. Die durchgeführten Studien identifizieren neben ökologischen Aspekten unter anderem Vertrauen in die beteiligten Unternehmen, Verfahrensgerechtigkeit, Kommunikation und Beteiligung, insbesondere in frühen Projektphasen, als

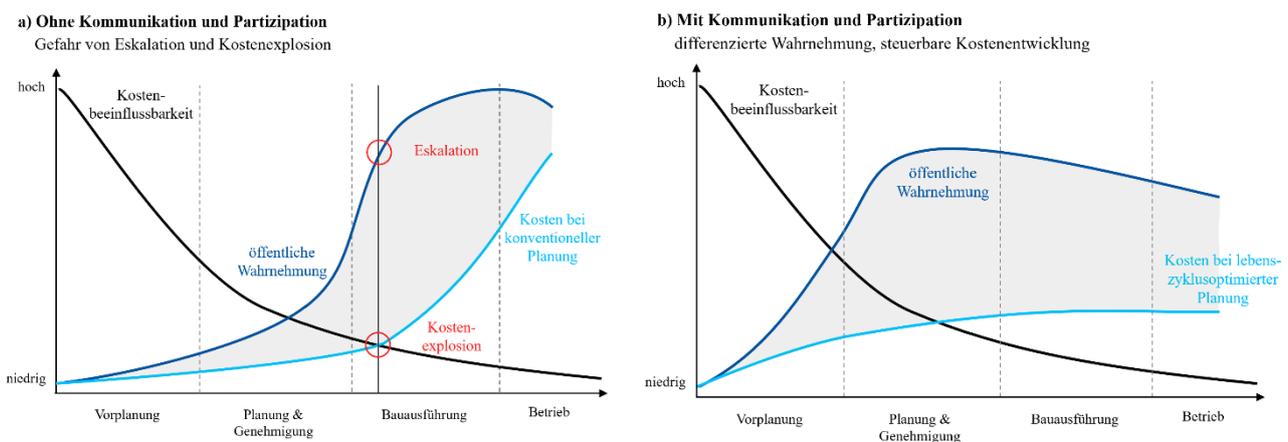


Abb. 2-14: Korrelation von öffentlicher Wahrnehmung und Projektkosten ohne a) und mit b) Kommunikation und Partizipation unter Beachtung der Kostenbeeinflussbarkeit

Erfolgsfaktoren für die Akzeptanz bei Bauprojekten. Diese Faktoren beeinflussen sich gegenseitig. Durch eine angemessene Kommunikation werden bspw. das Vertrauen und das Wissen bei der Bevölkerung gesteigert [14; 15]. Eine fehlende Einbeziehung der Bevölkerung kann zu Verzögerungen, finanziellen Einbußen sowie Vertrauensverlusten führen. Die kommunikative und partizipative Begleitung des Bauprojekts kann daher einen wesentlichen Einfluss auf den Projekterfolg haben [20]. Je größer die Berührungspunkte von externen Personen zum Bauprojekt, desto größer ist die Notwendigkeit zur Einbindung dieser. Die Stakeholder im Umfeld eines Bauprojekts, die sich vom jeweiligen Bauvorhaben betroffen fühlen können, sind zu identifizieren [14]. Für eine erfolgreiche Einbindung sind folgende Faktoren maßgebend: Frühzeitigkeit, Kontinuität, Proaktivität, Transparenz, Offenheit, Ehrlichkeit und Verbindlichkeit des Einsatzes von Kommunikation und Partizipation [20]. Zusammenfassend fokussieren sich bisherige Forschungen auf die Planungs- und Genehmigungsphase. Weitergehende Forschungen in diesen Phasen untersuchen die Visualisierung über das Building Information Modeling (BIM) als Instrument der Öffentlichkeitsbeteiligung (siehe BMDV-Forschungsprojekt BIM4People – RWTH Aachen, 21). Für die Bauabwicklung sind bspw. digitale oder analoge Anwohner-Informations- und Feedbacksysteme geeignet [22; 23]. Kommunikation und Information können erfolgskritische Aspekte eines Bauprojektes darstellen und sind während der Bauabwicklung bzw. für Hochbauprojekte bislang unterrepräsentiert. Daher sind Forschungen notwendig, die geeignete kommunikative und partizipative Instrumente für

Hochbauprojekte aufzeigen und den wirtschaftlichen Einsatz dieser Instrumente für die Auftraggebenden fördern. Dieser Beitrag soll dafür Impulse und Handlungsempfehlungen geben.

### 3 Forschungsdesign

#### Vorgehen und Auswahl der Experten

Da die Forschung zu Kommunikation und Öffentlichkeitsbeteiligung in der Bauausführung unterrepräsentiert ist [14], sollen durch ein qualitativ-exploratives Vorgehen weitergehende Erkenntnisse aus verschiedenen Perspektiven der Stakeholder gewonnen werden. Über leitfadengestützte Experteninterviews sollen Informationen und Erfahrungen erhoben werden. Die ExpertInnen werden über ein theoretisches Sampling ausgewählt, um eine vielfältige Auswahl geeigneter Personen zu erreichen und haben Fachkenntnisse sowie Erfahrungen im Bereich Kommunikation und Partizipation in der Bauabwicklung von Hochbauprojekten (Gegensatz: Zufallsstichprobe). Ziel ist es, eine breite und diverse Perspektive auf das Forschungsthema zu erhalten. Verschiedene Bereiche mit unterschiedlichen Hintergründen und Standpunkten sollen einbezogen werden. Dadurch können umfassendere Einsichten gewonnen und die Ergebnisse über eine systematische Auswertung auf den Forschungskontext verallgemeinert werden [24]. Aufbauend auf diesen Vorgaben wurden zehn Interviews im Zeitraum 01.05. bis 31.05.2023 geführt [25]. Hinweise zu den ExpertInnen sind in Tab. 3-2 enthalten.

ExpertIn	Tätigkeit	Unternehmen
I1	- Kommunikationsberatung	- Kommunikationsagentur für Verkehrsinfrastrukturprojekte
I2	- Projektmanagement   Kommunikationsberatung	- Projektentwicklung (Hochbauprojekte) - Beratungsagentur für Kommunikation und Marketing
I3	- Bauleitung	- Wohnungsbauträger   Generalunternehmer
I4	- Projektmanagement   Bauleitung	- Projektentwicklung   Wohnungsbauträger
I5	- Teamleitung Partizipation	- landeseigenes Wohnungsbaunternehmen (Neubauten und Modernisierungen)
I6	- Bauleitung   Projektmanagement	- Projektentwicklung (Hochbauprojekte) - Generalunternehmen
I7	- stellv. Geschäftsbereichsleitung für Handel und Verkehr	- Industrie- und Handelskammer (Gewerbliche Interessensvertretung)
I8	- Projektmanagement   Bauberatung	- Beratungs-, Planungs- und Projektmanagementunternehmen
I9	- Kommunikationsberatung	- Kommunikationsagentur (Wohnungsbauprojekte, Infrastrukturprojekte)
I10	- Kommunikationsberatung	- Beratungsagentur für Baustellenkommunikation (Hochbauprojekte)

Tab. 3-2: Qualitative Experteninterviews - Übersicht

#### Datenauswertung

Die Daten wurden gemäß der fokussierten Interviewanalyse nach Kuckartz und Rädiker in sechs Schritten ausgewertet [24]. Zunächst wurden dazu die Interviews mittels Software MAXQDA Analytics Pro 2022 transkribiert und codiert. Anschließend wurden ein Kategoriensystem und die Basiscodierung entwickelt. Im vierten Schritt erfolgte die systematische Bearbeitung der codierten Textstellen, die Ausdifferenzierung der Kategorien sowie die Feincodierung des Materials in einem zweiten Durchlauf. Nach einer Analyse der codierten Daten wurden die Ergebnisse zusammengefasst [25].

## 4 Forschungsergebnisse

Nachfolgend werden die Ergebnisse der qualitativen Studie dargestellt und daraus Handlungsempfehlungen für die Kommunikation und Partizipation in Hochbauprojekten in der Bauabwicklung abgeleitet. Relevante Stakeholder, Ziele und Risiken der Kommunikation und Partizipation sowie Kommunikationsinhalte und Instrumente werden identifiziert und dargelegt. Darauf aufbauend wird ein Leitfaden für die praktische Umsetzung auf Hochbau-Baustellen entwickelt.

### Relevante Stakeholder

In der Bauabwicklung ist eine Unterteilung der Stakeholder in interne und externe Gruppen vorzunehmen, um eine effektive Kommunikation und Partizipation sicherzustellen. Interne Stakeholder umfassen die unmittelbar am Bauprojekt Beteiligten. Dazu zählen bspw. Auftraggebende oder Bauleitende. Externe Stakeholder sind Personen oder Gruppen, die nicht direkt an der Bauausführung beteiligt sind, aber davon betroffen oder daran interessiert sind. Dies schließt z. B. Anwohnende, Gewerbetreibende, den Stadtrat und die Öffentlichkeit ein. Je näher die Betroffenen am Baugeschehen leben, arbeiten oder sich aufhalten, desto höher wird deren Bedeutung eingestuft. Erhebliche Auswirkungen auf den Erfolg einer Baumaßnahme können dabei auch bei kleinen Wohnungsbauprojekten oder Nachverdichtungsmaßnahmen entstehen, weshalb der Faktor Projektgröße in einen Gesamtzusammenhang mit den umgebenden Strukturen und Stakeholdern gesetzt werden sollte [25 - I1, I5, I9]. „*Sie können auch maßgeblich die Stimmung um ein Projekt, also auch die Durchführbarkeit, beeinflussen.*“ [25 - I5, S. 227]. Ein pauschaler Betrag gemäß VDI-Richtlinie 7001 von 1 % der Projektkosten für Kommunikationsmaßnahmen stellt eine geeignete Tendenz dar [13]. Eine abschließende Betrachtung sollte anhand weiterer Faktoren durchgeführt werden, um den spezifischen Anforderungen und Herausforderungen des Projekts gerecht zu werden. Weiterhin werden die Politik und Verwaltung aufgrund der Einflussmöglichkeiten auf das Bauprojekt während der Umsetzung von allen Befragten als hoch eingestuft. Dies bestätigt die zahlreichen Forschungen in diesem Bereich. Die Stakeholder-Analyse richtet sich je nach Projektart und politischer Bedeutung auf unterschiedlichen Ebenen aus: lokale Gremien wie Stadt- oder Gemeinderat sowie der kommunalen Verwaltung mit den zuständigen Behörden und Ämtern [25 - I4, I5, I7, I8, I9, I10]. Zusammenfassend empfehlen die ExpertInnen, dass die Identifizierung und Analyse der relevanten Stakeholder frühzeitig im Projekt erfolgen sowie kontinuierlich während des gesamten Projektablaufs fortgeführt werden sollte. Da die Bedeutung einzelner Stakeholder je nach Projekt variieren kann, ist eine differenzierte Betrachtung und angemessene Einbindung aller Beteiligten von Bedeutung, um den Projekterfolg zu sichern [25 - I1, I5, I9]. Der Aufwand für eine umfassende und neue Analyse der Stakeholder kann reduziert werden, indem vorhandene Makro-, Meso- und Mikroanalysen aus der Projektentwicklung aufgegriffen werden.

### Ziele und Risiken der Kommunikation und Partizipation

Als übergeordnetes Ziel von Kommunikation und Partizipation benennen die ExpertInnen die Sicherstellung eines reibungsarmen Projekt- bzw. Bauablaufs. Untergeordnete Ziele sind Informationsvermittlung, Vertrauensaufbau, Verständnisförderung, Konfliktvermeidung und Akzeptanzschaffung [25 - I5, I9]. Um das übergeordnete Ziel zu erreichen, ist ein vorausschauendes und proaktives Management möglicher Konfliktthemen, die in der Bauabwicklung entstehen können,

notwendig. Stakeholder können frühzeitig informiert und eingebunden werden. *„Wenn man die Menschen nicht mit einer Baustelle überrascht, dann überraschen die Menschen, in der Regel, nicht mit ihrem Protest. Dann ist der Protest vorneweg und man kann ihn bearbeiten, während die Planungen am Laufen sind. Wenn die Baustelle anfängt, ist das eigentlich ein alter Hut.“* [25 - 19, S. 293]. Es wird jedoch darauf hingewiesen, dass zu viele Informationen potenzielle Anknüpfungspunkte für das Verhindern bzw. Anfechten von Baugenehmigungen bieten oder zu größeren Erwartungshaltungen führen können [25 - 15, 19, 110]. Trotz der Notwendigkeit von Baumaßnahmen, insbesondere im Wohnungsbau, stehen Auftraggebende vor der Herausforderung, dem NIMBY-Phänomen zu begegnen und KritikerInnen vom jeweiligen Bauvorhaben zu überzeugen. Der gesellschaftliche Mehrwert derartiger Maßnahmen ist für diese Personen oftmals nicht direkt ersichtlich [25 - 13, 14, 15, 16, 17, 18]. Zusammenfassend soll eine frühzeitige und umfassende Kommunikation und Partizipation eine positive Stimmung und Identifikation der Stakeholder mit dem Bauprojekt erzeugen. Zur Sicherstellung von ausreichender Glaubwürdigkeit und ausreichendem Vertrauen betonen die ExpertInnen zudem die Relevanz einer Abgrenzung von Marketingzielen und Kommunikations- bzw. Partizipationsmaßnahmen. Der Einsatz von Marketinginstrumenten ist möglich, wobei deren Anwendung abgewogen und sensibel durchgeführt werden sollte [25 - 11, 12, 15, 19, 110].

### **Kommunikationsinhalte und Instrumente**

Die ExpertInnen empfehlen für eine strukturierte Kommunikation und zur Vermeidung von zu vielen Informationen kurze Antworten auf die W-Fragen (Warum? Was? Wer? Wann? Wie? Wo?). Grundlegende Fragen zum Charakter des Bauvorhabens, die Zuständigkeiten und Ansprechpartner, die Aktivitäten rund um die Baustelle sowie die damit verbundenen Einschränkungen für die umgebenden Strukturen sollen beantwortet werden. Bspw. sollen im Zusammenhang mit der Baustellenlogistik Angaben der Befragten zu Baustelleneinfahrten, zu eventuellen Wegeumleitungen oder Parkplatzsperrungen abgestimmt und kommuniziert werden [25 - 14, 16, 17, 19, 110]. Weiterhin wird die Bauzeit bei den Anrainenden als maßgebender Bestandteil von Informationen bewertet: Fragen wie bspw. *„In welchen Zeiträumen finden besonders störende Arbeiten statt? Wann sind welche Bauabschnitte abgeschlossen?“* gilt es von Auftraggebenden zu beantworten [25 - 12, 13, 19, 110]. Neben den Fragen zu „Was, wie und wann“, sind insbesondere die Fragestellungen „Warum und weshalb“ zu erläutern. Der Mehrwert und die Besonderheiten der Baumaßnahme können hervorgehoben und kommuniziert werden. Anknüpfungspunkte zu gesellschaftlichen Themen wie Umwelt, Klima und Mobilität können hergestellt werden. Dies kann die Akzeptanz des Bauvorhabens bei den Stakeholdern ermöglichen oder bestenfalls steigern. Rückmeldungen zu ausführungsspezifischen Fragen erfordern eine sachliche Begründung und eine Erläuterung der Entscheidungsschritte. Allgemein verständliche Beschreibungen sollen benutzt und technische Fachsprachen vermieden werden [25 - 12]. *„Wenn so eine Baumaßnahme stattfindet und die finden in der Regel innerhalb der Öffentlichkeit statt, also sichtbar, spürbar, hörbar, es gibt Umwege, Staub, Lärm, usw. alles, was dazu gehört. Dann ist meine Haltung immer, dass ich probiere, aus Sicht des Stakeholders auf das Projekt zu schauen, um dann festzustellen, welche Fragen könnten sie sich stellen?“* [25 - 11, S. 143].

Die nachfolgende Tabelle stellt die Instrumente und Methoden dar, die im Rahmen der Interviews mit den ExpertInnen diskutiert und als geeignet für den Einsatz in der Bauabwicklung eingestuft wurden.

Die Werkzeuge sind den entsprechenden Kategorien Information, Konsultation, Mitgestaltung und Marketing zugeordnet.

Kategorie	Instrument	Beispiele
Information	- Anlaufstelle vor Ort	Baustellenbüro, Info-Container, persönlicher Kontakt, Ansprechperson, Aushang, Info-Tafel vor Ort
	- Drucksachen zur Information	Flyer, Newsletter, Pressemitteilung, FAQ-Katalog
	- Social Media	Projektwebsite, App, Baustellenportal IHK
	- Informationsveranstaltung	Vorab-Informationsveranstaltung
Konsultation	- neutrale Ansprechperson	externer Dienstleistender wie Beratungsagentur
	- Beschwerde-Management	Hotline (Kummertelefon), zentrale E-Mail-Adresse
	- Baustellen-Sprechstunde	Gespräch mit Bauleitung, Projektleitung
	- Partizipationsveranstaltung	Dialog und Zusammenarbeit zwischen Bauunternehmen und Anwohnenden
Mitgestaltung	- Runder Tisch	Zusammenkommen verschiedener Interessensgruppen zur Diskussion
	- Mediation, Schlichtung	Mediationssitzung, um Bedenken und Standpunkte zu äußern
	- Ausgleichsmaßnahmen	Aufwandsentschädigungen, Alternativparkplätze, Gehörschutz
Marketing	- Meilenstein-Veranstaltung	Spatenstich, Grundsteinlegung, Richtfest (inkl. Anrainende)
	- Veranstaltungen auf der Baustelle	Baustellenführung, Tag der offenen Baustelle
	- Einsicht in die Baustelle	Web-Cam, Guckloch/Fenster im Bauzaun
	- Social Media	Einblick hinter die Kulissen durch aktuelle Bilder

*Tab. 4-1: Kommunikations- und Partizipationsinstrumente während der Bauausführung [23, S. 76 ff.]*

Die Eignung und Einsatzmöglichkeiten der Instrumente sind von diversen projektspezifischen Faktoren abhängig. Eine umfassende Umfeld- und Stakeholder-Analyse bietet dafür Anknüpfungspunkte. Die verschiedenen Instrumente sollen optimal ausgewählt bzw. kombiniert werden. Dadurch sollen die Kommunikations- und Partizipationsziele, die aus den Analyseergebnissen abgeleitet wurden, erreicht, die festgelegten Inhalte vermittelt und die entsprechenden Stakeholder-Gruppen gezielt angesprochen werden [25 - I1, I2, I5, I9, I10]. Dafür wird der nachfolgende Leitfaden entwickelt.

## 5 Leitfaden

Aufbauend auf den Erkenntnissen der empirischen Erhebung und den theoretischen Grundlagen wurde der in Abbildung 5-1 dargestellte Zyklus für die Kommunikation und Information in der Bauabwicklung entwickelt. Dieser ist in vier übergeordnete Phasen: Initialisierung, Analyse, Planung und Umsetzung sowie Wissensmanagement und sieben untergeordnete Phasen gegliedert. Die übergeordneten Schritte werden im Folgenden näher beschrieben.

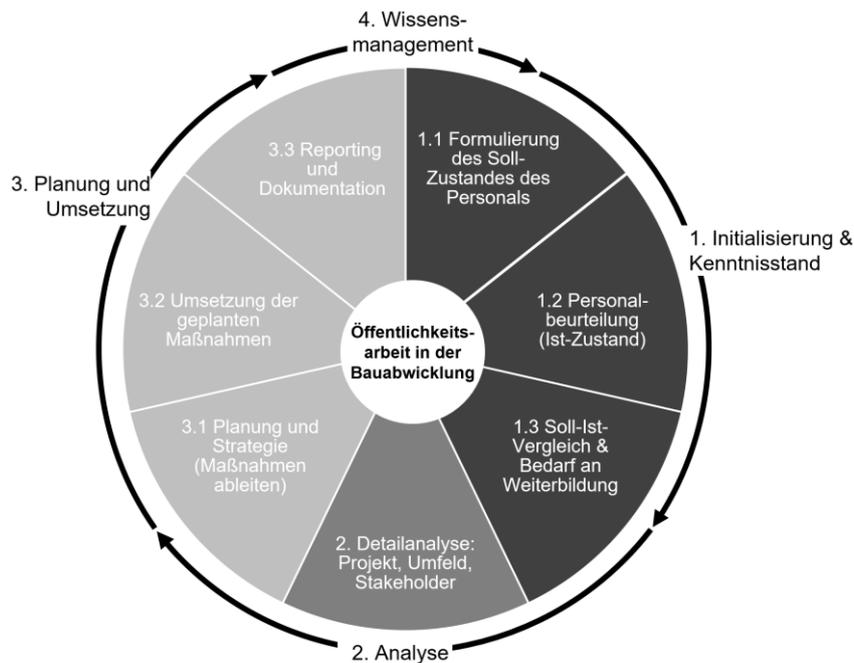


Abb. 5-1: Ablaufschema des partizipativen Ansatzes für Baustellen im Hochbau

1. **Initialisierung und Kenntnisstand:** In dieser Phase werden die Anforderungen an das Baustellenpersonal formuliert, um dies anschließend dem aktuellen Ist-Zustand gegenüberzustellen. Auf diese Weise wird die notwendige Expertise für Kommunikation und Partizipation im Projektteam geprüft und sichergestellt. Je nach Ergebnis kann der Bedarf von externen Beratungsleistungen und Weiterbildungen sinnvoll sein. Die Sensibilisierung für Kommunikation und Partizipation bei Führungskräften (Projekt- und Bauleitung) stellt einen Erfolgsfaktor und „Multiplikator“ für das Baustellenpersonal dar. Zu berücksichtigen ist, welche finanziellen und zeitlichen Ressourcen für die Kommunikation und Partizipation zur Verfügung stehen und welchen Stellenwert derartige Maßnahmen im Kontext von Wahrnehmung und Image beim Auftraggebenden haben.
2. **Analyse:** Die Analyse unterteilt sich in mehrere Teilschritte. Die projektbezogenen Rahmenbedingungen mit der Projektart und -größe werden untersucht. Bspw. kann die Umsetzung von Maßnahmen bei weniger AnsprechpartnerInnen (Generalunternehmer gegenüber Einzelvergabe) oder der integrierten Projektabwicklung (Kultur/Soziales: höherer Stellenwert) vereinfacht werden. Anschließend erfolgt eine Untersuchung des Umfelds sowie der Stakeholder des Bauprojektes, wodurch potenzielle Problemfelder frühzeitig identifiziert werden und eine Reaktion bereits möglich ist. Insbesondere die Berücksichtigung der Haltung der Stakeholder gegenüber dem Bauprojekt ist entscheidend, um diese nach deren Interessen und Bedürfnissen in Kategorien einzuteilen und gezielt ansprechen zu können. In einer Gesamtbetrachtung der gewonnenen Erkenntnisse werden die Zusammenhänge und Abhängigkeiten der analysierten Faktoren identifiziert, der Bedarf an Kommunikation und Partizipation ermittelt und Priorisierungen vorgenommen.
3. **Planung und Umsetzung:** Auf Basis der vorangegangenen Schritte wird eine Kommunikations- und Partizipationsstrategie entwickelt. Es wird festgelegt, welche Instrumente (siehe u. a. Tab. 4-1) genutzt werden, um die projektspezifischen Informationen zielgerichtet an die Stakeholder zu

vermitteln und die zuvor abgeleiteten Ziele zu erreichen. Im Anschluss findet die Umsetzung der Maßnahmen statt.

- 4. Wissensmanagement:** Parallel zur Umsetzung erfolgt ein prozessbegleitendes Monitoring. Die eingesetzten Instrumente werden geprüft und Feedback der internen sowie externen Stakeholder eingeholt. Je nach Bedarf können der Umfang und die Intensität gesteigert werden. Der letzte Schritt „Wissensmanagement“ umfasst einen kontinuierlichen Prozess der Überprüfung von Veränderungen bei Stakeholdern und Rahmenbedingungen, wodurch eine neue Iteration des Zyklus veranlasst werden kann. Dadurch kann im Projektverlauf auf die Veränderungen reagiert werden. Ergebnisse werden in regelmäßigen Abständen mit dem Baustellenpersonal und ggf. externen Stakeholdern geteilt. Nach Abschluss der Baumaßnahme erfolgt die Evaluation, bei der kritisch hinterfragt wird, inwiefern die Kommunikations- und Partizipationsstrategie zu einer erfolgreichen Umsetzung des Bauprojekts beigetragen hat (siehe bspw. Scrum Review und Retrospektive). Die Erkenntnisse aus dem abgeschlossenen Projekt können für zukünftige Projekte genutzt werden.

Nachfolgend werden die einzelnen Phasen mit jeweiligen Fragestellungen aufgeführt, um geeignete Maßnahmen abzuleiten. Dies stellt eine Hilfestellung (Checkliste) für die Durchführung der einzelnen Schritte sowie Umsetzung von Kommunikation und Partizipation dar:

Nr.	Phase	Fragestellungen	Einschätzungen/ Bemerkungen (zutreffendes Ankreuzen)		
<b>1. Initialisierung und Kenntnisstand</b>					
1.1 Soll-Zustand Personal		Welche Erwartung wird intern an die Verantwortlichen für die Bauausführungsphase bzgl. K&P gestellt?	<input type="checkbox"/> keine Erwartungen	<input type="checkbox"/> sporadische, bedarfsabhängige K&P	<input type="checkbox"/> umfassende und regelmäßige K&P für reibungslosen Ablauf
		Wie ausgeprägt muss das Wissen und Verständnis der Beteiligten bzgl. K&P sein?	gering ----- mittelmäßig ----- hoch		
1.2 Personalbeurteilung (Ist-Zustand)		Welche Einstellung haben AG und Beteiligte bzgl. K&P?	<input type="checkbox"/> kein Mehrwert in K&P oder keine klare Haltung zu K&P; keine Umsetzung	<input type="checkbox"/> K&P wichtig, Priorität aber bei anderen Aspekten; je nach Bedarf und Situation im Projekt	<input type="checkbox"/> K&P als entscheidendes Element für Projekterfolg; aktiver Austausch aller Betroffenen
		Wurden bereits Hochbauprojekte durchgeführt, bei denen K&P durch das Personal berücksichtigt wurden?	<input type="checkbox"/> ja, bereits mehrere	<input type="checkbox"/> ja, aber nur einmalig	<input type="checkbox"/> nein
		Wurden bereits Schulungen oder Weiterbildungen mit dem Personal durchgeführt?	<input type="checkbox"/> ja, bereits mehrere	<input type="checkbox"/> ja, aber nur einmalig	<input type="checkbox"/> nein
		Gibt es eine Person, die als "Gesicht des Projektes" eine offene K&P nach außen vermittelt? Wenn ja, welche?	<input type="checkbox"/> ja, Person ist bereits in der Planung am Projekt beteiligt	<input type="checkbox"/> ja, Person ist ab der Bauabwicklung beteiligt	<input type="checkbox"/> nein, keine zugewiesene Person
1.3 Soll-Ist-Vergleich		Wie groß sind die vorhandenen Kompetenzen im Projektteam für K&P?	hoch ----- mittelmäßig ----- gering		
		Welche Maßnahmen leiten sich daraus ab?	<input type="checkbox"/> es bedarf externe Unterstützung <input type="checkbox"/> es bedarf Schulungen und Weiterbildungen für das Personal <input type="checkbox"/> weitere Maßnahmen: _____ <input type="checkbox"/> keine weiteren Maßnahmen notwendig		
<b>2. Analyse</b>					
2.1 Detail-Analyse		Um welche Projektart handelt es sich?	<input type="checkbox"/> Wohngebäude <input type="checkbox"/> Bürogebäude <input type="checkbox"/> Handels- und Lagergebäude <input type="checkbox"/> Industrie- und Gewerbegebäude <input type="checkbox"/> sonstiges Gebäude: _____		
		In welcher Größenordnung ist das Projekt?	<input type="checkbox"/> kleines Bauprojekt (bis 5.000 m² BGF)	<input type="checkbox"/> mittleres Bauprojekt (5.000 - 20.000 m² BGF)	<input type="checkbox"/> großes Bauprojekt (ab 20.000 m² BGF)
		Welche Bauzeit ist für das Projekt angesetzt?	<input type="checkbox"/> bis 8 Wochen	<input type="checkbox"/> bis zu einem Jahr	<input type="checkbox"/> länger als ein Jahr
		Folgende Belastungen gehen von der Baustelle aus (phasenweise):	<input type="checkbox"/> Lärm <input type="checkbox"/> Erschütterungen <input type="checkbox"/> Staub <input type="checkbox"/> Geruch <input type="checkbox"/> sonstiges Belastungen: _____		
2.2 Umfeld-Analyse		Die Baustelle hat Auswirkungen auf	direktes Umfeld (bis 50 m im Umkreis) ----- Umfeld (bis 100 m) ----- erweitertes Umfeld (> 150 m)		
		Im direkten Umfeld der Baustelle befindet sich...	<input type="checkbox"/> eine Schule <input type="checkbox"/> eine Kindertagesstätte <input type="checkbox"/> Schul- und Kindergartenwege <input type="checkbox"/> ein Krankenhaus, eine Klinik <input type="checkbox"/> sonstige soziale Träger mit sensibler Nutzung: _____		

	Aufgrund der Baustelle ergeben sich für den Verkehr folgende Einschränkungen:	<input type="checkbox"/> Wegfall von Parkplätzen <input type="checkbox"/> Sperrung von Straßen <input type="checkbox"/> Sperrung von Radwegen <input type="checkbox"/> Sperrung von Gehwegen <input type="checkbox"/> Einschränkung der Barrierefreiheit <input type="checkbox"/> Einschränkung des ÖPNV <input type="checkbox"/> sonstiges: _____
2.3 Stakeholder-Analyse	Welche Personengruppen sind von der Baumaßnahme betroffen?	<input type="checkbox"/> Anwohnende <input type="checkbox"/> Gewerbetreibende <input type="checkbox"/> Kundschaft <input type="checkbox"/> Verkehrsteilnehmende <input type="checkbox"/> SchülerInnen, StudentInnen <input type="checkbox"/> Arbeitnehmende <input type="checkbox"/> sonstige Personengruppen: _____
	In welchem Gebiet befinden sich die maßgebenden betroffenen Personen?	direktes Umfeld (bis 50 m im Umkreis) ----- Umfeld (bis 100 m) ----- erweitertes Umfeld (> 150 m)
	Welche Stakeholder aus dem Bereich Politik & Verwaltung gibt es?	<input type="checkbox"/> lokale Gremien wie Stadt-, Gemeinde- und Bezirksräte <input type="checkbox"/> BürgermeisterIn <input type="checkbox"/> Genehmigungsbehörden <input type="checkbox"/> Planungs- und Bauämter <input type="checkbox"/> sonstige Stakeholder aus dem Bereich Politik & Verwaltung: _____
	Wie hoch ist deren Einflussmöglichkeit auf die Bauabwicklung?	gering ----- mittelmäßig ----- hoch
	Wie hoch ist das Konfliktpotenzial für die Bauabwicklung?	gering ----- mittelmäßig ----- hoch
<b>3. Planung und Umsetzung</b>		
3.1 Planung der K&P-Strategie	Welche Ergebnisse sollen mit der K&P-Strategie erreicht werden?	<input type="checkbox"/> verbesserte Transparenz <input type="checkbox"/> erhöhte Beteiligung und Partizipation <input type="checkbox"/> effektivere Zusammenarbeit <input type="checkbox"/> erhöhte Akzeptanz und Unterstützung <input type="checkbox"/> frühzeitige Konflikterkennung und -bewältigung <input type="checkbox"/> Qualitätsverbesserung <input type="checkbox"/> weitere Ziele: _____
	Wie hoch ist der Bedarf an K&P?	gering ----- mittelmäßig ----- hoch
	Welche Inhalte sollen vermittelt werden?	<input type="checkbox"/> Projektziele und -umfang <input type="checkbox"/> Auswirkungen und Nutzen (ökologisch, sozial, ökonomisch) <input type="checkbox"/> Entscheidungsprozesse <input type="checkbox"/> Risiken und Chancen <input type="checkbox"/> Kommunikationskanäle und -mittel <input type="checkbox"/> Feedback und Beteiligungsmöglichkeiten <input type="checkbox"/> weitere Inhalte: _____
	Welche Kommunikationsinstrumente können eingesetzt werden? (vgl. Tab. 4-1)	<input type="checkbox"/> aus Bereich <i>Information</i> : <input type="checkbox"/> Anlaufstelle vor Ort <input type="checkbox"/> Drucksachen zur Information <input type="checkbox"/> Social Media <input type="checkbox"/> Informationsveranstaltung
		<input type="checkbox"/> aus Bereich <i>Konsultation</i> : <input type="checkbox"/> neutrale Ansprechperson <input type="checkbox"/> Beschwerde-Management <input type="checkbox"/> Baustellen-Sprechstunde <input type="checkbox"/> Partizipationsveranstaltung
Welche spezifischen Vor- und Nachteile existieren für die Instrumente?	<input type="checkbox"/> aus Bereich <i>Mitgestaltung</i> : <input type="checkbox"/> Runder Tisch <input type="checkbox"/> Mediation, Schlichtung <input type="checkbox"/> Ausgleichsmaßnahmen <input type="checkbox"/> aus Bereich <i>Marketing</i> : <input type="checkbox"/> Meilenstein-Veranstaltung <input type="checkbox"/> Veranstaltungen auf der Baustelle <input type="checkbox"/> Einsicht in die Baustelle <input type="checkbox"/> Social Media	
3.2 Umsetzung	Werden die Stakeholder frühzeitig und kontinuierlich einbezogen und informiert?	ja ----- mittelmäßig ----- nein
	Wird sachlich und verständlich informiert?	ja ----- mittelmäßig ----- nein
	Werden unterschiedliche Interessen berücksichtigt?	ja ----- mittelmäßig ----- nein
	Werden die Entscheidungsprozesse erklärt und begründet?	ja ----- mittelmäßig ----- nein
3.3 Beurteilung	Wurden alle Kommunikationsziele erreicht?	ja ----- mittelmäßig ----- nein
	Waren die Instrumente zur Erreichung der Ziele entsprechend geeignet?	ja ----- mittelmäßig ----- nein
	Haben K&P zu einer erfolgreichen Umsetzung des Bauprojektes beigetragen?	ja ----- mittelmäßig ----- nein
	Welche Instrumente waren gut geeignet? Aus welchen Gründen?	Instrument: Begründung:
	Welche Instrumente waren nicht geeignet? Aus welchen Gründen?	Instrument: Begründung:
<b>4. Wissensmanagement</b>		
Reflexio n	Welche Erkenntnisse konnten aus den durchgeführten Projekten gewonnen werden?	
	Worauf ist beim nächsten Projekt explizit zu achten?	

	Welche Schulungen oder Ressourcen benötigen die Beteiligten, um K&P effektiver umsetzen zu können?	
	Wie können Feedbackmechanismen implementiert werden, um kontinuierlich die Qualität der K&P zu bewerten und zu verbessern?	
	Welche Best Practices aus anderen Hochbauprojekten können adaptiert werden, um die K&P beim eigenen Projekt zu verbessern?	

*Tab. 5-1: Leitfaden für die Entwicklung und Anwendung eines partizipativen Ansatzes für Baustellen im Hochbau*

## 6 Diskussion

Der Leitfaden berücksichtigt vorrangig die sozialen Kosten einer Baustelle. Konflikte sollen dadurch reduziert und eine Governance im Bereich des Stakeholdermanagements in der Bauabwicklung gewährleistet werden. Anliegen der Stakeholder sollen frühzeitig identifiziert und mit geeigneten Maßnahmen zu adressiert werden, um Eskalationen vorzubeugen und negative Einflüsse auf die Bauabwicklung zu vermeiden. Mit dem aufgezeigten Leitfaden soll zudem ein Beitrag zu den SDGs bzw. ESG-Kriterien in der Bauabwicklung geleistet werden.

Trotz der Relevanz eines Leitfadens entsteht mit der aktuellen Version durch das Ausfüllen und Abschätzen der Angaben für die Nutzenden ein administrativer Aufwand. Demnach müssen die Eingaben leicht und schnell möglich sein, um Zeit und Ressourcen einzusparen und eine höhere Akzeptanz für den Leitfaden zu erzielen. Die Autor:innen schlagen als Weiterentwicklung eine Entscheidungsunterstützungshilfe in Verbindung mit Eingabemasken bzw. Dropdownmenüs vor. Dies reduziert den Aufwand bei der zuständigen Projekt- und Bauleitung und vereinfacht den Prozess für die Auswahl geeigneter Kommunikations- und Partizipationsmaßnahmen. Zusätzliches Optimierungspotenzial besteht in der Verknüpfung der Maßnahmen aus Tab. 4-1 mit den Inhalten aus Tab. 5-1, wodurch weitere Mehrwerte für die Implementierung des Zyklus in Abb. 5-1 entstehen. Durch die Eingabe der projektspezifischen Werte sollen automatisiert konkrete Maßnahmen dem Nutzenden vorgeschlagen werden. Der Zyklus soll in unterschiedlichen Intervallen wiederholt werden.

## 7 Fazit und Ausblick

Aufbauend auf den steigenden gesellschaftlichen Erwartungshaltungen und der Notwendigkeit zur Dokumentation von Maßnahmen, die im Bezug zu SDG bzw. ESG (Environmental, Social und Governance) stehen, wurden über die Experteninterviews geeignete Kommunikations- und Partizipationsinstrumente erarbeitet und die hohe Relevanz dieser bestätigt. Zudem wurden die Faktoren, die für die Wahl der jeweiligen Instrumente maßgebend sind, in Abhängigkeit der Charakteristika des Projekts und des Umfelds identifiziert. Eine individuelle und frühzeitig definierte Strategie ist erforderlich, um potenziellen Eskalationen präventiv zu begegnen. Als erster Schritt für die Umsetzung einer derartigen Kommunikations- und Partizipationsstrategie wurde ein Leitfaden entwickelt, der als Orientierungshilfe dient. Durch die frühzeitige Auseinandersetzung und die fortlaufende Überwachung von Maßnahmen in der Bauabwicklung kann auf potenzielle Unklarheiten der externen Stakeholder sowie die verändernde Umgebungsbedingungen eingegangen bzw. reagiert werden.

In Analogie zum aufgezeigten Leitfaden sind zukünftig weiterführende Konfiguratoren oder Entscheidungsunterstützungshilfen notwendig, um mit möglichst geringem Aufwand, die Beiträge von Maßnahmen zu den Nachhaltigkeitszielen (SDGs) sowie ESG-Kriterien aufzuzeigen. Dadurch könnten Widerstände oder bürokratische Aufwendungen im Zusammenhang mit der nachhaltigen Entwicklung abgebaut werden.

## 8 Literaturverzeichnis

- [1] Wadenpohl, F. (2010), *Stakeholdermanagement bei grossen Verehrsinfrastrukturprojekten*, Dissertation, ETH Zürich, Zürich, 2010.
- [2] ZIA Zentraler Immobilien Ausschuss (2013), *Bürgerbeteiligung in der Projektentwicklung*. Immobilien Manager Verlag IMV, Köln, 2013.
- [3] Immerschitt, W. (2017), *Kommunikationsmanagement von Bauprojekten*. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden, 2017.
- [4] Çelik, T.; Budayan, C. (2016), *How the Residents are Affected from Construction Operations Conducted in Residential Areas*. Procedia Engineering, Vol. 161, pp. 394-398, 2016.
- [5] United Nations (2015), Resolution adopted by the General Assembly on 25 September 2015, 70/1. Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development. pp. 1-35, 2015.
- [6] Europäische Union (2020), *Verordnung (EU) 2020/852 des europäischen Parlamentes und des Rates vom 18. Juni 2020 über die Einrichtung eines Rahmens zur Erleichterung nachhaltiger Investitionen und zur Änderung der Verordnung (EU) 2019/2088*. pp. 1-31, 2020.
- [7] F. Krebber (2016), *Akzeptanz durch inputorientierte Organisationskommunikation*. Springer Fachmedien, Wiesbaden, 2016.
- [8] N. Moser (2023), *User Personas und User Stories im Kontext von Hochbau-Baustellen* [Bachelorarbeit]. Institut für Baubetriebslehre, Universität Stuttgart, 2023.
- [9] Scheufele, B. (2022), *Kommunikation, Medien und Massenmedien: Grundbegriffe und Konzepte für die Unternehmenskommunikation*, in: Zerfaß, A., u. a. (Hrsg.): *Handbuch Unternehmenskommunikation: Strategie – Management – Wertschöpfung*. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden, 2022.
- [10] Zerfaß (2022), *Unternehmenskommunikation und Kommunikationsmanagement: Grundlagen, Handlungsfelder und Wertschöpfung*, in: Zerfaß, A., u. a. (Hrsg.): *Handbuch Unternehmenskommunikation: Strategie – Management – Wertschöpfung*. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden, 2022.
- [11] Rhim, I.; Kaiser, D. (2014), *ZORA-Projekt „Mitwirkung der Bevölkerung bei der Nutzung und Gestaltung des öffentlichen Raums“ Synthesebericht mit Arbeitshilfe*. Basel, 2014.
- [12] Enke, N.; Reinhardt, I. (2015), *Akzeptanz durch Beteiligung*, in: Bentele, G., u. a. (Hrsg.): *Akzeptanz in der Medien- und Protestgesellschaft: Zur Debatte um Legitimation, öffentliches Vertrauen, Transparenz und Partizipation*. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden, 2015.
- [13] VDI e. V. (2021), *VDI-MT 7001: Kommunikation und Öffentlichkeitsbeteiligung bei Bau- und*

- Infrastrukturprojekten: Standards für die Leistungsphasen der Ingenieure.* Berlin: Beuth Verlag, 2021.
- [14] Rögele, S. (2020), *Baustellenbeirat und Baggerballett - Kommunikation und Öffentlichkeitsbeteiligung in der Ausführungsphase von Bauprojekten*, in: F. Brettschneider (Hrsg.), *Bau- und Infrastrukturprojekte, Politik gestalten – Kommunikation, Deliberation und Partizipation bei politisch relevanten Projekten*. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden, 2020.
- [15] Hausmann, A., u. a. (2016), *Baustellenmarketing: Umsatz trotz Baustelle: Praxishandbuch für Unternehmen, Kommunen und Verbände*. 1. Auflage, Friedberg: Industrie- und Handelskammer Gießen-Friedberg, 2016.
- [16] Brettschneider, F. (2015), *Richtig kommunizieren "Stuttgart 21" und die Lehren für die Kommunikation bei Infrastruktur- und Bauprojekten*, in: Bentele, G., u. a. (Hrsg.): *Akzeptanz in der Medien- und Protestgesellschaft: Zur Debatte um Legitimation, öffentliches Vertrauen, Transparenz und Partizipation*. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden, 2015.
- [17] Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (Hrsg.) (2014), *Handbuch für eine gute Bürgerbeteiligung*. Berlin: Eigenverlag, 2014.
- [18] Staatsministerium Baden-Württemberg (2014), *Leitfaden für eine neue Planungskultur*. Stuttgart, 2014
- [19] Bayrisches Staatsministerium für Wohnen, Bau und Verkehr (Hrsg.) (2019), *Bürgerbeteiligung im Städtebau - Ein Leitfaden*. München, 2019.
- [20] Brettschneider, F.; Müller, U. (2020), *Vorhabenträger auf dem Weg zu gesellschaftlich tragfähigen Lösungen - Dialogorientierte Kommunikation bei Bau- und Infrastrukturprojekten*, in: Brettschneider, F. (Hrsg.), *Bau- und Infrastrukturprojekte: Dialogorientierte Kommunikation als Erfolgsfaktor. Politik gestalten - Kommunikation, Deliberation und Partizipation bei politisch relevanten Projekten*. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden, 2020.
- [21] Bundesministerium für Digitales und Verkehr, Forschungsprojekt: Partizipative Gestaltung nachhaltiger Mobilität anhand (teil-)automatisierter Visualisierungen von BIM-Modelldaten - BIM4People, Internetquelle, <https://bmdv.bund.de/SharedDocs/DE/Artikel/DG/mfundprojekte/bim4people.html>, Abgerufen am 25.05.2024.
- [22] Bender, A.-L.; Weissinger, M.; Jünger H. C. (2023), *Anwohner-Informations- und Feedbacksystem für Baustellen*. Bautechnik, 2023.
- [23] BDFSmart GmbH, Digitale Anwohnerinformation, Internetquelle: <https://www.bdfsmart.ch/1%C3%B6sungen/digitale-anwohnerinformation-1/>, Abgerufen am 25.05.2024.
- [24] Kuckartz, U.; Rädiker, S. (2020), *Fokussierte Interviewanalyse mit MAXQDA: Schritt für Schritt*. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden, 2020.
- [25] Wolf, L. (2023), *Partizipativer Ansatz für Baustellen im Hochbau* [Masterarbeit]. Institut für Baubetriebslehre, Universität Stuttgart, 2023.

# Identifikation aktueller Bedürfnispräferenzen im Kontext motivationstheoretischer Betrachtungen im Bauprojektmanagement

*Nane Roetmann<sup>1</sup> und Manfred Helmus<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> *Bergische Universität Wuppertal, roetmann@uni-wuppertal.de*

<sup>2</sup> *Bergische Universität Wuppertal, helmus@uni-wuppertal.de*

## **Kurzfassung**

Die vorliegende Forschung zielt darauf ab, die Bedürfnisse und Vorlieben von Beschäftigten im Bauprojektmanagement unter Verwendung motivationstheoretischer Ansätze zu erfassen. Die wachsenden Anforderungen im Bauprojektmanagement erfordern qualifizierte Beschäftigte, um komplexe Projekte erfolgreich umzusetzen. Der aktuelle Fachkräftemangel in der Branche beeinflusst die Attraktivität des Berufs für potenzielle Nachwuchskräfte negativ. Zukünftige Führungskräfte legen verstärkt Wert auf die Vereinbarkeit von Beruf und Privatleben sowie auf die Sinnhaftigkeit ihrer Arbeit. Unternehmen müssen ihre Strukturen anpassen, um wettbewerbsfähig zu bleiben und den Fachkräftemangel zu überwinden. Hierbei wird der Fokus auf die inhaltstheoretischen Ansätze von Maslow und Herzberg gelegt. Durch die Analyse von aktuellen Forschungsergebnissen und Studien aus diesem Bereich werden im Gegensatz dazu die vorherrschenden Bedürfnisse und Präferenzen von jungen Nachwuchskräften herausgearbeitet. Diese Gegenüberstellung und Kombination von motivationstheoretischen Ansätzen mit aktuellen Bedürfnispräferenzen ermöglichen eine bessere Ausgestaltung von Anreizsystemen und Arbeitsbedingungen, um die Motivation und Zufriedenheit der Mitarbeitenden zu steigern und damit die Effizienz und Qualität von Bauprojekten zu verbessern.

*Schlagwörter: Bauprojektmanagement, Fachkräftemangel, Motivationstheorien, Attraktivitätssteigerung*

# 1 Personelle Herausforderungen im Bauprojektmanagement

Die Anforderungen an Bauprojekte nehmen kontinuierlich zu; sie sollen in immer kürzeren Zeitspannen mit begrenzten Ressourcen und gleichzeitig vielseitigen, interdisziplinären sowie hochvernetzten Projekthaltungen umgesetzt werden. Aktuelle Bauvorhaben zeichnen sich heutzutage durch ihre erhebliche Komplexität und umfangreiche Struktur aus, welche die Notwendigkeit eines qualifizierten Projektmanagements unumgänglich machen, um eine erfolgreiche Umsetzung zu gewährleisten. [1] Im Bereich des Projektmanagements liegt eine entscheidende Herausforderung darin begründet, den Gesamtüberblick über das Projektvorhaben zu wahren, die Koordination der Schnittstellen zwischen den Projektbeteiligten zu gewährleisten und das Projekt im Spannungsfeld zwischen Zeit, Kosten und Qualität zu steuern. Insbesondere angesichts des derzeitigen Fachkräftemangels in der Bauwirtschaft erweisen sich diese Rahmenbedingungen als wenig attraktiv für potenzielle Nachwuchskräfte, insbesondere, weil ihre Vorstellungen von modernen Arbeitsbedingungen wenig mit der aktuellen Realität übereinstimmen. Zukünftige Führungskräfte legen besonderen Wert auf die Vereinbarkeit von Beruf und Privatleben sowie auf die Wahrnehmung eines sinnvollen Zwecks in ihren Tätigkeiten. [2]

Die Unternehmen sind demnach mit der Notwendigkeit konfrontiert, ihre Strukturen zu überdenken und eine Umorganisation hin zu mehr Attraktivität und Anpassungsfähigkeit vorzunehmen, um nicht nur wettbewerbsfähig zu bleiben, sondern auch dem Fachkräftemangel in der Baubranche erfolgreich zu begegnen sowie die Bindung der Mitarbeitenden zu stärken. [3] Hierfür ist es von entscheidender Bedeutung, die bereits angesprochenen veränderten Bedürfnisse von potenziellen Nachwuchskräften und der vorhandenen Belegschaft zu kennen, um diese entsprechend bedienen zu können.

## 2 Motivationstheoretische Grundlagen

Motivation ist ein zentraler Aspekt menschlichen Verhaltens und hat eine direkte Auswirkung auf die Arbeitsleistung und Zufriedenheit am Arbeitsplatz. Dieses Kapitel untersucht die motivationstheoretischen Grundlagen, die hinter dem Verständnis von Motivation und Verhalten stehen. Dabei werden die Zusammenhänge von Motiv, Motivation und Verhalten beleuchtet und ihre Zusammenhänge erläutert. Besonderes Augenmerk liegt auf der Arbeitsmotivation und -zufriedenheit, da diese Faktoren entscheidend für das Engagement und die Leistung der Mitarbeitenden sind. Zudem werden zwei Inhaltstheorien, nämlich Maslows Bedürfnispyramide und Herzbergs Zwei-Faktoren-Theorie, eingehend betrachtet, um ein umfassendes Verständnis für die Determinanten der Motivation am Arbeitsplatz zu erlangen.

### 2.1 Zusammenhänge von Motiv, Motivation und Verhalten

Das Ziel der Motivationspsychologie ist es, die Ausrichtung, das Durchhaltevermögen und die Intensität zielgerichteten Verhaltens zu verstehen. Dabei spielen eine Vielzahl von Faktoren eine Rolle, die im Allgemeinen in personen- und situationsbezogene Komponenten unterteilt werden können. [4] Abbildung 1 veranschaulicht die Entstehung der Motivation einer Person, während im folgenden Abschnitt auf die einzelnen Komponenten eingegangen wird und diese im Kontext der Arbeitsmotivation betrachtet werden.

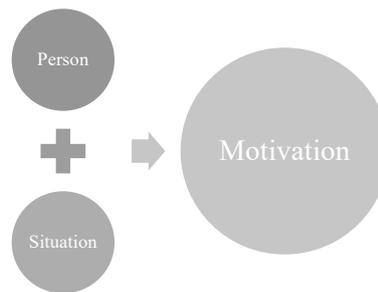


Abbildung 3: Entstehung von Motivation, eigene Darstellung in Anlehnung an Heckhausen [4]

### 2.1.1 Personenfaktoren

Motivationale Einflüsse, die in der Tiefe der individuellen Persönlichkeit einer Person verwurzelt sind, manifestieren sich in Form von Motiven, Bedürfnissen und Werten. Ein Motiv wird in der Psychologie als ein Beweggrund verstanden, der menschliches Verhalten antreibt und sowohl positive als auch negative emotionale Konsequenzen haben kann. McClelland identifizierte drei zentrale Motivklassen, bekannt als "the big three motives", die das menschliche Handeln maßgeblich beeinflussen: Machtmotiv, Leistungsmotiv und Anschlussmotiv. Das Machtmotiv reflektiert das Verlangen nach Einflussnahme auf andere Menschen und beinhaltet das Streben nach persönlicher Stärke und Effektivität. Das Leistungsmotiv konzentriert sich auf einen individuellen Standard der Exzellenz und zielt darauf ab, die eigene Leistung kontinuierlich zu verbessern und mit anderen zu vergleichen. Das Anschlussmotiv ist auf zwischenmenschlichen Kontakt und das Streben nach positiven Beziehungen zu anderen Menschen ausgerichtet. [5] Bedürfnisse, als eine Form von Motiven, sind mit Defizitempfindungen verbunden, während Werte erstrebenswerte Zielzustände darstellen, die nicht an Defiziten, sondern an persönlicher Entwicklung und gesellschaftlichen Normen orientiert sind. Geteilte Werte fungieren als maßgebliche Einflussfaktoren, die die Gestaltung sozialer Gruppen und Gemeinschaften entscheidend beeinflussen. [6] Insgesamt prägt die Gesamtheit der Motive die individuelle Motivstruktur eines Menschen. [7]

### 2.1.2 Situationsfaktoren

Eine detaillierte Analyse motivierten Verhaltens verdeutlicht die Notwendigkeit, sowohl personenbezogene als auch situationsbezogene Aspekte zu berücksichtigen. Der Kontext, in dem eine Person handelt, spielt eine entscheidende Rolle bei der Entwicklung ihrer Motivation. Merkmale von Situationen, die Motive auslösen können, werden als Anreize bezeichnet. Diese Anreize dienen als äußere oder innere Signale, die die Möglichkeit bieten, Wünsche und Ziele zu verwirklichen, aber auch potenzielle Bedrohungen signalisieren können. Anreize können uns dazu anregen, bestimmte Handlungen auszuführen oder davon abzusehen. Daher müssen sie bei der Erklärung von Motivation immer berücksichtigt werden, da Motivation aus der Interaktion zwischen situativen Anreizen und den menschlichen Motiven entsteht. [8]

Bei der Erklärung motivierten Verhaltens sollte eine Priorisierung zwischen Personen- und Situationsfaktoren vermieden werden. Diese beiden Faktoren sind eng miteinander verbunden, da eine Person immer in einen bestimmten Kontext eingebettet ist und umgekehrt eine Situation immer das Vorhandensein einer Person erfordert. Die Situation beeinflusst das Verhalten einer Person nicht

objektiv, sondern wird aufgrund ihrer subjektiven Bedeutung für das individuelle Erleben wirksam. Anreize von Handlungen, Ergebnissen und Konsequenzen existieren nicht an sich, sondern werden durch die individuelle Wahrnehmung aktiviert. Daher ist es nicht die Situation an sich, wie sie objektiv oder von Außenstehenden beschrieben wird, die Handlungen motiviert, sondern ihre individuelle Bedeutung im Erleben des Handelnden. [4]

### 2.1.3 Motivation

Gemäß Nerdinger ist Motivation das Resultat einer Interaktion zwischen individuellen Merkmalen von Personen, ihren Motiven und den Eigenschaften einer aktuellen wirksamen Situation, in der Anreize auf die Motive einwirken und sie aktivieren. Solche Umstände werden für eine Person zu Anreizen, die als Gelegenheiten zur Befriedigung vorhandener Motive betrachtet werden. [8] Wie in Abbildung 1 veranschaulicht, entsteht eine Wechselwirkung zwischen Bedürfnissen, Motiven und Anreizen.

Daher ist Motivation ein psychischer Zustand oder eine Triebkraft, die das Verhalten eines Individuums in eine spezifische Richtung lenkt und aufrechterhält, um ein bestimmtes Ziel oder eine spezielle Belohnung zu erreichen. Es wird zwischen intrinsischer und extrinsischer Motivation unterschieden. Intrinsische Motivation umfasst Motive, die das individuelle Handeln von innen heraus antreiben, wie z. B. Leistungs- und Lernmotive oder das Interesse und die Freude an der Arbeit. Diese Art der Motivation wird auch als Motivation durch den Weg bezeichnet, bei der die Arbeit selbst als Anreiz dient. Extrinsische Motivation hingegen bezieht sich auf Handlungsmotive, die durch äußere Anreize wie Entlohnung, Aufstiegsmöglichkeiten oder externen Druck entstehen. Die Wirksamkeit eines äußeren Anreizes als Motivationsfaktor hängt stark von der persönlichen Bedeutung ab, die eine Person dem angestrebten Ziel beimisst. Insgesamt ist die Motivation das Ergebnis einer komplexen Interaktion zwischen individuellen Merkmalen wie persönlichen Motiven und den Umständen der aktuellen Situation, in der Anreize auf die Motive einwirken und sie aktivieren. Daher ist es wichtig, bei der Förderung der Motivation sowohl intrinsische als auch extrinsische Motivationsfaktoren angemessen zu berücksichtigen. [9]

## 2.2 Arbeitsmotivation und -zufriedenheit

Nach der Untersuchung der generellen Entstehung von Motivation bei Individuen erfolgt in den folgenden Abschnitten eine eingehende Analyse der Themenbereiche Arbeitsmotivation und -zufriedenheit sowie ihrer gegenseitigen Abhängigkeiten, wobei spezifische theoretische Ansätze einbezogen werden.

Im Allgemeinen wird Arbeitsmotivation als die "Erklärung der inhaltlichen Ausrichtung, Intensität und Dauer des Arbeitsverhaltens einer Person" [10] definiert. Sie reflektiert die innere Antriebskraft eines Mitarbeiters, um seine Arbeitsaufgaben erfolgreich zu bewältigen und definierte Ziele zu erreichen. Auf der anderen Seite beschreibt Arbeitszufriedenheit die "positive (bei Arbeitsunzufriedenheit negative) Einstellung eines Mitarbeiters, die aus subjektiven Bewertungen der jeweiligen allgemeinen und spezifischen Arbeitssituationen und der Erfahrung mit diesen resultiert." [11] Es handelt sich also um ein subjektives Empfinden und eine Bewertung darüber, ob individuelle Erwartungen und Bedürfnisse im Zusammenhang mit der beruflichen Tätigkeit befriedigend erfüllt werden. Darauf aufbauend kann Motivation als die zugrundeliegende Neigung zu einem beabsichtigten und zielgerichteten Verhalten eines Mitarbeiters verstanden werden, während

Arbeitszufriedenheit als eine Konsequenz der erbrachten Leistung und der entsprechenden Belohnung oder Entlohnung betrachtet wird. In diesem Kontext stellt die Arbeitszufriedenheit das Ergebnis des Motivationsprozesses dar. Während Arbeitszufriedenheit eher rückblickend ausgerichtet ist, weist Arbeitsmotivation eine ausgeprägte zukunftsorientierte Perspektive auf, da sie konkrete Auswirkungen auf die Effizienz und das Engagement einer Person bei der Erfüllung ihrer beruflichen Aufgaben hat. [12]

Zur Erklärung der Entstehung von Arbeitsmotivation und -zufriedenheit werden in der Literatur verschiedene theoretische Ansätze diskutiert. Im Folgenden werden zwei bedeutende Theorien näher betrachtet und ihre Schwerpunkte herausgearbeitet. Einerseits wird die Bedürfnispyramide von Maslow als einer der bekanntesten theoretischen Ansätze zur Arbeitsmotivation vorgestellt, andererseits wird die Zwei-Faktoren-Theorie von Herzberg als wichtiger Beitrag aus der Forschung zur Arbeitszufriedenheit präsentiert.

### **2.2.1 Bedürfnispyramide nach Maslow**

Theorien der Arbeitsmotivation können in zwei Hauptgruppen unterteilt werden. Wenn sie sich hauptsächlich mit den angestrebten Zielen und den Auslösern für menschliches Verhalten befassen, werden sie als Inhaltstheorien bezeichnet. Wenn sie sich jedoch hauptsächlich mit dem Prozess zur Zielerreichung beschäftigen, ohne die Ziele selbst inhaltlich zu betrachten, werden sie als Prozesstheorien bezeichnet. [7] Da der Schwerpunkt dieser Arbeit auf den zentralen Inhalten der Motive und den damit verbundenen Motivquellen eines Mitarbeitenden liegt, wird im Folgenden nur ein Modell der Inhaltstheorien betrachtet.

Die von Abraham Maslow (1908–1970) konzipierte Bedürfnispyramide ist die älteste und vermutlich weitverbreitetste Theorie zur Arbeitsmotivation. Sie postuliert eine hierarchische Struktur der Motive bzw. Bedürfnisse [13], was die Gestaltung der tetraedrischen Form in Abbildung 2 erklärt.

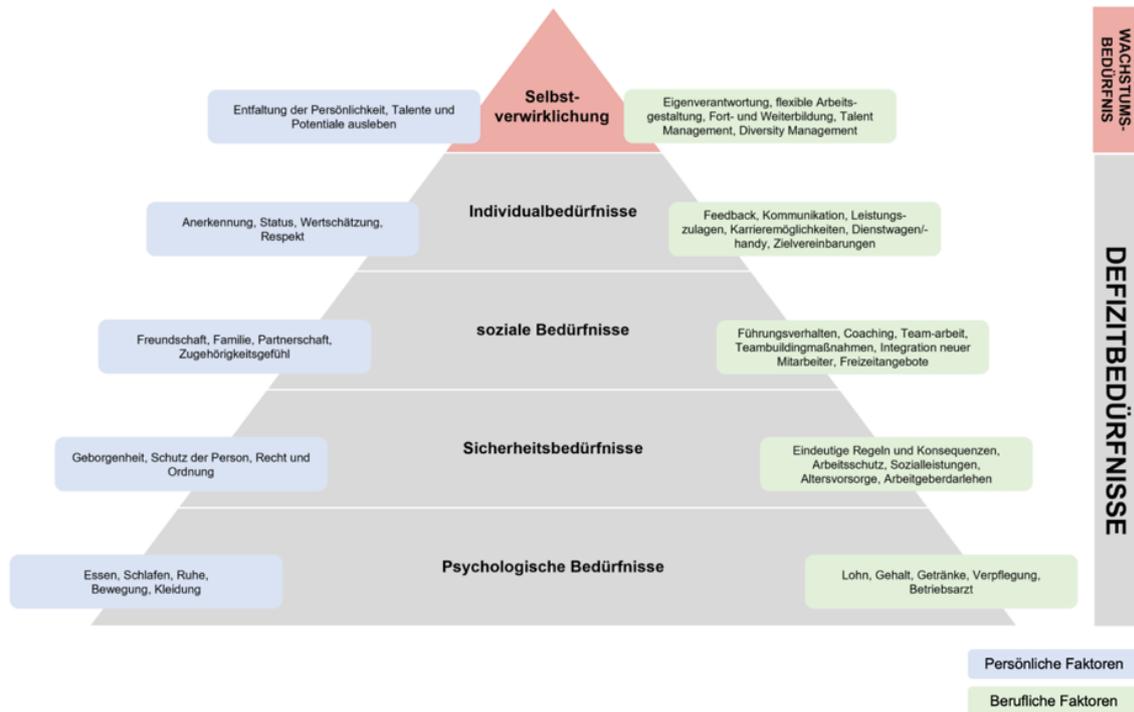


Abbildung 4: Bedürfnispyramide nach Maslow, in Anlehnung an [9]

Maslows Bedürfnispyramide umfasst verschiedene Stufen von Grundbedürfnissen, beginnend mit den physischen Bedürfnissen wie Nahrung und Schlaf, gefolgt von Sicherheitsbedürfnissen wie Geborgenheit und Ordnung. Dann kommen soziale Bedürfnisse wie Freundschaft und Zusammenarbeit sowie das Bedürfnis nach Anerkennung und Selbstwert. An der Spitze steht das Bedürfnis nach Selbstverwirklichung, das persönliche Entfaltung und Eigenverantwortung einschließt. Diese Bedürfnisse sind hierarchisch strukturiert, und jede höhere Stufe wird erst aktiviert, wenn die darunterliegenden befriedigt sind. [6] Die unteren Stufen gelten als Defizitbedürfnisse, während das Streben nach Selbstverwirklichung als Wachstumsbedürfnis betrachtet wird. [7]

Obwohl Maslows Theorie als bedeutender Eckpfeiler der Motivationsforschung anerkannt wird, ist sie nicht von kritischen Betrachtungen unberührt geblieben. Verschiedene Kritikpunkte lassen sich aus der Literatur zusammenfassen, darunter eine Vielzahl gescheiterter Versuche empirischer Überprüfungen, vermutete Willkürlichkeit bei der Bildung von Motivkategorien, vorherrschende Überschneidungen und unklare Zuordnung von Motiven innerhalb der Bedürfniskategorien, eine nicht-hierarchische Entwicklung von Bedürfnissen abhängig vom Lebensalter und persönlichen Lebensumständen sowie eine fehlende allgemeine Gültigkeit der Motiv-Rangfolge für Beschäftigte. [8] [9] [12]

Trotz dieser Kritikpunkte bietet Maslows Theorie verschiedene Vorzüge, die sich in ihrer Plausibilität, Übersichtlichkeit und Berücksichtigung der Diversität von Motiven zeigen. Ein weitgehender Konsens besteht darin, dass, solange grundlegende Bedürfnisse nicht befriedigt sind, Bedürfnisse höherer Ordnung nicht vorherrschend werden. [8] Laut Becker kann sie somit als eine Art Checkliste dienen, um zu identifizieren, wo gegebenenfalls noch Motivationspotenzial für Mitarbeitende liegt, und weiterhin Ideen für Anreize bieten. [6]

### 2.2.2 Zwei Faktoren Theorie nach Herzberg

Die Untersuchung des Verhaltens in Bezug auf die Entstehung von Arbeitszufriedenheit führt häufig zur Anwendung der Zwei-Faktoren-Theorie von Herzberg, Mausner und Snyderman aus dem Jahr 1956. Dieser theoretische Ansatz knüpft eng an die zuvor beschriebene Bedürfnispyramide von Maslow an, da beide Theorien zu den Inhaltstheorien gehören und gleichermaßen die elementaren menschlichen Bedürfnisse in den Fokus rücken. Die Theorie basiert auf den Ergebnissen der sogenannten Pittsburgh-Studie, in der zahlreiche Arbeitnehmende aus verschiedenen Branchen und Hierarchieebenen zu konkreten Situationen ihres Arbeitslebens befragt wurden. Die Umfrageteilnehmenden sollten Situationen schildern, in denen sie sich besonders zufrieden oder unzufrieden fühlten. Aufgrund dieser Erkenntnisse identifizierte Herzberg als Ergebnis zwei distinkte Gruppen von Faktoren – Hygienefaktoren und Motivatoren. [9]

Hygienefaktoren beschreiben das Arbeitsumfeld und haben einen signifikanten Einfluss auf das Vorhandensein von Unzufriedenheit. Sind diese Faktoren günstig gestaltet, kann Unzufriedenheit vermieden werden. Jedoch allein durch ihre Erfüllung ist noch keine Motivation oder Zufriedenheit der Mitarbeitenden gewährleistet. Kontextfaktoren repräsentieren demnach Aspekte, die den Erwartungen entsprechend die grundlegenden Bedingungen der Arbeit widerspiegeln. Sind diese Faktoren erfüllt, herrscht ein Zustand, der als selbstverständlich angesehen wird und keine Unzufriedenheit hervorruft. Doch das Fehlen oder die Nichterfüllung dieser Kontextfaktoren führt zu der Entstehung von Unzufriedenheit. Motivatoren hingegen konzentrieren sich auf die Aspekte der Arbeit selbst und haben das Potenzial, Zufriedenheit und Motivation herzustellen, jedoch erst nachdem die Hygienefaktoren optimiert wurden. [8] Wenn die Kontextfaktoren erfüllt sind, führt dies zur Zufriedenheit der Mitarbeitenden. Werden sie jedoch nicht erfüllt, resultiert dies nicht in Unzufriedenheit, sondern in einem neutralen Zustand der Nicht-Zufriedenheit. Eine Erkenntnis daraus ist, dass Unzufriedenheit und Zufriedenheit auf unterschiedliche Facetten menschlicher Bedürfnisse verweisen und somit zwei eigenständige Dimensionen darstellen, anstatt sich lediglich als Gegenpole einer einzigen Dimension zu erweisen. Das Gegenteil von Unzufriedenheit ist daher nach Herzberg nicht Zufriedenheit, sondern nur das Ausbleiben von Unzufriedenheit. [6] Diese Feststellung spiegelt sich in Abbildung 3 wider.

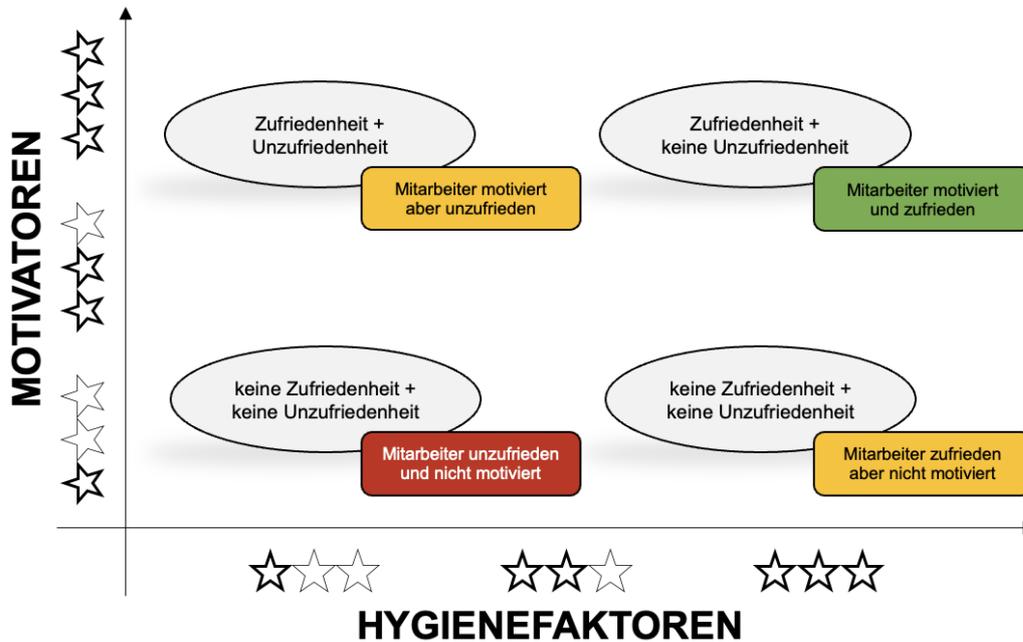


Abbildung 5: Dimensionen der Zwei-Faktoren-Theorie nach Herzberg, eigene Darstellung in Anlehnung an [6]

Die Übergänge zwischen den Zuständen sind graduell, jedoch fassen die vier Zustände prägnant den zentralen Gedanken der Herzbergschen Theorie zusammen: In einem Zustand der Unzufriedenheit bleibt jegliche Form der Motivation wirkungslos.

Die Zwei-Faktoren-Theorie von Herzberg wurde in zahlreichen Studien untersucht und ist trotz Kritik in der aktuellen Forschung weiterhin relevant. Die Ergebnisse der Pittsburgh-Studie zeigen, dass die Theorie unter spezifischen Bedingungen nur mit der Methode der kritischen Ereignisse nachgewiesen werden kann. Jedoch ist das Kategorien-Schema von Herzberg inhaltlich problematisch, da eine klare Trennung zwischen Motivatoren und Hygienefaktoren fehlt und sogar Doppeldeutigkeiten bestehen. Trotzdem wird Herzbergs Modell bei der Erklärung von Arbeitszufriedenheit weiterhin geschätzt und betont die Bedeutung sowohl intrinsischer als auch extrinsischer Anreize für die Motivation der Mitarbeitende. [8] [9] [12]

### 2.2.3 Zusammenfassung der betrachteten Motivationstheorien

Organisationspsychologische Motivationstheorien widmen sich der Analyse der Antriebe, die Menschen zu Handlungen bewegen, die als Leistung, Kreativität oder Innovation bewertet werden können. Diese Erklärungsansätze sind vielfältig und haben eine breite Palette von Theorien und Modellen hervorgebracht. In den vorangegangenen Kapiteln wurden zwei wesentliche Inhaltstheorien der Motivation behandelt. Maslows Bedürfnispyramide unterteilt die Motive in fünf hierarchische Kategorien, während Herzbergs Zwei-Faktoren-Theorie auf Anreize, insbesondere Arbeitsbedingungen, eingeht. Die Hygienebedürfnisse entsprechen den grundlegenden Bedürfnissen, während die Motivationsbedürfnisse höhere Stufen abdecken. [13] Im Folgenden werden die fünf Bedürfniskategorien nach Maslow der Kategorisierung von Herzberg zugeordnet, um eine

Ausgangsbasis für die weitere Forschung zu erhalten.

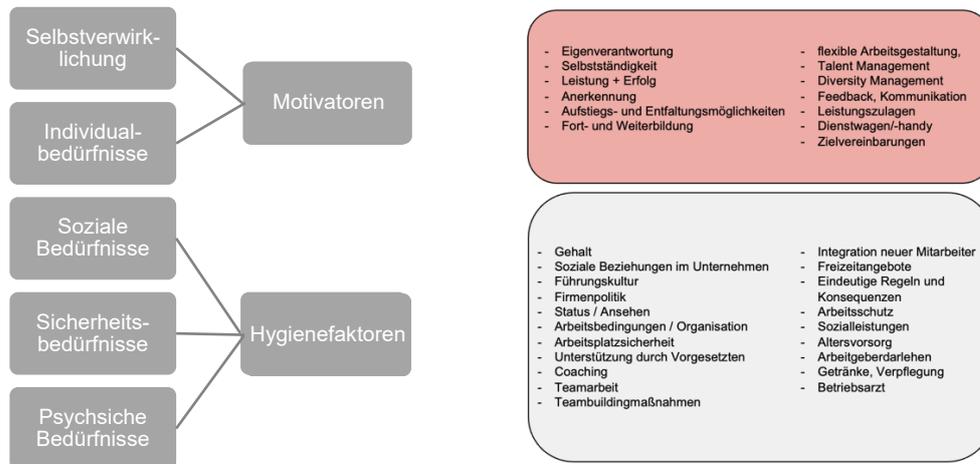


Abbildung 6: Zusammenführung der Theorien nach Maslow und Herzberg, eigene Darstellung in Anlehnung an [7]

Bei isolierter Untersuchung der von Maslow definierten Bedürfnisse und Motive in den Stufen der "Selbstverwirklichung" sowie eines Teils der "Individualbedürfnisse" und deren Verknüpfung mit den Anreizen gemäß Herzberg, ergibt sich eine Konstellation von Beweggründen, die auf Basis der selektierten Inhaltstheorien als förderliche Motivatoren für Mitarbeitende gelten. Diese Aspekte sind in Abbildung 4 innerhalb des roten Rahmens aufgeführt. Hierzu zählen Aspekte wie Eigenverantwortung, Anerkennung, flexible Arbeitsgestaltung sowie Zielvereinbarungen. Indes sind Motive und Anreize, die laut der Literatur nicht als nachhaltige Motivatoren ausgewiesen wurden, im grauen Bereich aufgeführt und beziehen sich auf die Hygienefaktoren gemäß Herzberg bzw. auf die unteren Stufen der Bedürfnispyramide gemäß Maslow. Becker stellt in diesem Zusammenhang die Hypothese auf, dass die von Maslow definierten physiologischen, sicherheitsrelevanten sowie sozialen Bedürfnisse heute in industriellen Organisationen weitgehend befriedigt sind. [6] Exemplarisch hierfür sind Gehalt, Bereitstellung von Sozialleistungen und Teambuilding-Maßnahmen zu erwähnen.

Die weitere Ausarbeitung wird sich auf förderliche Aspekte der Mitarbeitermotivation und -zufriedenheit konzentrieren. Trotz individueller Variationen in Bedürfnissen und Motiven von Person zu Person dienen die Theorien dennoch als konzeptionelle Grundlage zur Entwicklung angemessener Elemente zur Steigerung der Motivation und Zufriedenheit. [9] Angesichts der Ursprünge der Theorien in den 1940er und 1950er Jahren wird im weiteren Verlauf auf zeitgenössische Studien verwiesen, die die Wünsche und Bedürfnisse aktueller Generationen untersuchen. Die Verbindung der Inhaltstheorien mit gegenwärtigen Entwicklungen legt folglich den Grundstein für die Formulierung der Bausteine zur Förderung von Arbeitsflexibilität.

### 3 Aktuelle Forschungsergebnisse zu Bedürfnispräferenzen

Die im vorausgehenden Abschnitt erörterten Motivationstheorien dienen in ihren essenziellen Strukturen als Grundlage zur Identifikation von Motiven und Anreizen zur Förderung der Mitarbeitermotivation. Um für die Ausarbeitung Aktualität zu gewährleisten, werden im weiteren

Verlauf zwei zeitgemäße Studien zur Untersuchung der Bedürfnispräferenzen gegenwärtiger Generationen im beruflichen Kontext analysiert und miteinander in Beziehung gesetzt. Hierbei werden einerseits die Forschungsergebnisse von Jobst-Jürgens (siehe Kapitel 3.1) einbezogen und andererseits die Ergebnisse der Studierendenbefragung des Forschungsprojekts "Moderne Bauleitung" an der Bergischen Universität Wuppertal (siehe Kapitel 3.2) betrachtet.

### 3.1 Studienergebnisse von V. Jobst-Jürgens

In der Studie von Jobst-Jürgens aus dem Jahr 2018 wurden 1.200 Beschäftigte befragt, um Daten zu den Merkmalen von New Work in Verbindung mit den Bedürfnissen verschiedener Arbeitnehmergruppen zu erfassen. Unter dem Projekttitel "Make work great (again)" wurden qualitative Vorstudien durchgeführt, gefolgt von einer umfangreichen quantitativen Umfrage. [14] Die Ergebnisse wurden priorisiert und in Tabelle 1 dargestellt. Weitere Einzelheiten zu den Merkmalen von New Work finden sich in der einschlägigen Literatur.

Nr.	New-Work-Merkmal	Nr.	New-Work-Merkmal
1	Recruiting	9	Arbeitsweisen und Organisationsstrukturen
2	Digitalisierung	10	Gleichberechtigung
3	Bürokonzepte	11	Persönliche Weiterentwicklung
4	Unternehmenskultur	12	Team
5	Mitarbeiter Vorteile	13	Zeitliche Flexibilität
6	Unterstützung bei Lebensereignissen	14	Kommunikation
7	Vereinbarkeit	15	Gehalt
8	Führungsverhalten		

*Tabelle 16: Priorisierung der New-Work-Merkmale nach Jobst-Jürgens, eigene Darstellung in Anlehnung an [2]*

Die Expertenbefragung zur Priorisierung von New-Work-Merkmalen zeigt eine klare Hierarchie der Aspekte. An erster Stelle steht das Recruitment, gefolgt von der Digitalisierung und neuen Bürokonzepten. Die Unternehmenskultur und Mitarbeiter Vorteile folgen auf den Plätzen 4 und 5. Flexibilität bei Arbeitszeit und -ort sowie das Führungsverhalten des Vorgesetzten liegen auf den Plätzen 7 und 8. Gleichberechtigung und persönliche Weiterentwicklung rangieren auf den Plätzen 10 und 11, gefolgt von Teambuilding auf Platz 12. Die zeitliche Flexibilität und das Gehalt belegen die Plätze 13 und 15, wobei letzteres nicht als alleiniger Einflussfaktor betrachtet wird. Dies verdeutlicht die Vielschichtigkeit der Prioritäten bei der Arbeitsplatzwahl.

Durch die Ermittlung einer generationenübergreifenden Rangfolge unterschiedlicher Merkmale von New Work soll eine zeitgemäße Aktualisierung der Erkenntnisse aus den Motivationstheorien erreicht werden. Zusätzlich werden hierbei die nachfolgenden Forschungsergebnisse der Bergischen Universität Wuppertal herangezogen, um spezifische Präferenzen von jungen Nachwuchskräften aus dem Bauingenieurwesen zu berücksichtigen.

### 3.2 Forschungsergebnisse aus dem Projekt „Moderne Bauleitung“

Das Forschungsprojekt "Moderne Bauleitung" der Bergischen Universität Wuppertal zielt darauf ab, Arbeitsmodelle zur Steigerung der Arbeitsflexibilität in der Bauleitung zu entwickeln und zu testen, um den Fachkräftemangel zu reduzieren und die Attraktivität des Berufs zu steigern. Eine

deutschlandweite Studierendenbefragung im Jahr 2021 mit 287 Teilnehmenden aus den Studiengängen Bauingenieurwesen und Architektur lieferte Einblicke in die Wahrnehmung des Berufsfelds Bauleitung und die Rangordnung der wichtigsten Aspekte bei der Berufswahl. [2] Die Ergebnisse sind in einer Tabelle dargestellt und können detailliert in weiteren Veröffentlichungen eingesehen werden.

Nr.	Rahmenbedingungen und Aspekte bei der Berufswahl	Nr.	Rahmenbedingungen und Aspekte bei der Berufswahl
1	Angenehmes Arbeitsklima	9	Flexible Arbeitszeiten
2	Gleichberechtigtes Arbeiten	10	Weiterbildungsmöglichkeiten
3	Sicherheit für Körper und Gesundheit	11	Digitale Arbeitsmittel
4	Privat- und Berufsleben miteinander vereinbaren	12	Übernahme von Verantwortung
5	Vielfalt und Abwechslung im Arbeitsumfeld	13	Aufstiegchancen
6	Teamwork	14	Bezahlung
7	Sicherer Arbeitsplatz	15	Dienstwagen /-handy
8	Selbstbestimmtes Arbeiten		

*Tabelle 17: Priorisierung der Rahmenbedingungen und Aspekte bei der Berufswahl nach Becker et. al., eigene Darstellung in Anlehnung an [2]*

Die Priorisierung der Arbeitsplatzanforderungen zeigt deutliche Präferenzen junger Nachwuchskräfte. An erster Stelle steht das Arbeitsklima, gefolgt von der Gleichberechtigung am Arbeitsplatz und der Sicherheit für Körper und Gesundheit. Die Vereinbarkeit von Privat- und Berufsleben sowie Vielfalt und Abwechslung im Arbeitsalltag nehmen weitere Spitzenpositionen ein. Teamarbeit und Effizienz sind ebenfalls von großer Bedeutung, gefolgt von der Arbeitsplatzsicherheit und der Möglichkeit zum selbstbestimmten Arbeiten. Flexible Arbeitszeiten werden ebenfalls hoch geschätzt, ebenso wie Weiterbildungsmöglichkeiten und die Verfügbarkeit digitaler Arbeitsmittel. Die Übernahme von Verantwortung, Aufstiegchancen und Entlohnung folgen in der Priorisierung. Dienstwagen oder -handy stehen am Ende der Liste der Berufswahlkriterien für junge Nachwuchskräfte.

### **3.3 Zusammenfassung der aktuellen Forschungsergebnisse zu Bedürfnispräferenzen**

Im folgenden Abschnitt werden die Studien- und Forschungsergebnisse von Jobst-Jürgens und Becker et al. systematisch zusammengefasst und miteinander in Beziehung gesetzt. Das Ziel ist es, die wesentlichen Erkenntnisse beider Untersuchungen zu kontrastieren und in einen Zusammenhang zu bringen, um sie als Grundlage für weitere Forschung zu nutzen.

Die Zusammenführung basiert auf den Tabellen 1 und 2 zur Priorisierung der New-Work-Merkmale und der Rahmenbedingungen bei der Berufswahl junger Nachwuchskräfte im Bauwesen. Dabei wurden die einzelnen Aspekte Punkt für Punkt miteinander verknüpft und gezielt zusammengefasst. Die obersten zehn Zeilen spiegeln Überschneidungen und Gemeinsamkeiten wider und werden durch eine gestrichelte rote Linie von vier weiteren Merkmalen abgetrennt, bei denen es keine Übereinstimmungen innerhalb der Forschung gab. Eine Rangfolge wird dabei nicht berücksichtigt, alle Aspekte werden als gleich wichtig erachtet. Die Ergebnisse dieser Zusammenstellung werden in

der anschließenden Tabelle dargestellt.

Studienergebnisse V. Jobst-Jürgens	Forschungsergebnisse Becker et. al.
- Digitalisierung	- Digitale Arbeitsmittel
- Arbeitsweisen und Organisationsstrukturen	- Vielfalt und Abwechslung im Arbeitsumfeld
- Unternehmenskultur	- Angenehmes Arbeitsklima
- Kommunikation	- Dienstwagen /-handy
- Mitarbeitervorteile	- Privat- und Berufsleben miteinander matchen
- Unterstützung bei Lebensereignissen	- Gleichberechtigtes Arbeiten
- Vereinbarkeit	- Weiterbildungsmöglichkeiten
- Gleichberechtigung	- Aufstiegschancen
- Persönliche Weiterentwicklung	- Übernahme von Verantwortung
- Team	- Teamwork
- Zeitliche Flexibilität	- Flexible Arbeitszeiten
- Gehalt	- Bezahlung
- Führungsverhalten	/
- Bürokonzepte	/
- Recruiting	/
/	- Sicherheit für Körper und Gesundheit
/	- Sicherer Arbeitsplatz

Tabelle 18: Zusammenfassung aktueller Bedürfnispräferenzen, eigene Darstellung

Die Untersuchungen zu den Präferenzen junger Nachwuchskräfte im Bauwesen zeigen, dass digitale Arbeitsmittel und flexible Arbeitsweisen in modernen Arbeitsumgebungen bevorzugt werden. Besonders Technologien wie BIM (Building Information Modeling) und virtuelle Realität werden geschätzt, da sie die Effizienz und Effektivität von Bauvorhaben steigern können. Zudem legen junge Talente Wert auf agile Organisationsstrukturen, die ihnen ermöglichen, eigenverantwortlich zu arbeiten und ihre Ideen einzubringen. Eine abwechslungsreiche Tätigkeit, eine kooperative Unternehmenskultur und die Förderung von Vielfalt und Inklusion sind ebenfalls wichtige Kriterien bei der Wahl des Arbeitgebers. Zusatzleistungen wie flexible Arbeitszeiten, Weiterbildungsmöglichkeiten und Unterstützung bei der Work-Life-Balance werden als attraktiv angesehen. Gleichberechtigung und die Förderung von Diversität sind grundlegende Werte, die von Unternehmen vertreten werden sollten, um junge Fachkräfte anzusprechen. Neben Karrieremöglichkeiten und angemessener Vergütung spielen auch Teamarbeit und eine transparente Kommunikation eine entscheidende Rolle. Obwohl weitere Faktoren wie Führungsverhalten und Sicherheitsaspekte von Bedeutung sind, zeigten sie keine signifikanten Zusammenhänge mit den Präferenzen der Nachwuchskräfte. Die Integration dieser Erkenntnisse ermöglicht eine vertiefte Analyse der Bedürfnisse junger Fachkräfte im Kontext der Motivationstheorien und eröffnet neue Forschungsperspektiven.

#### 4 Herleitung wesentlicher Bedürfnispräferenzen

Im vorliegenden Abschnitt ist das Ziel, die bisher diskutierten Ergebnisse der Arbeitsmotivations- und -zufriedenheitstheorien mit den aktuellen Forschungsergebnissen über die Anforderungen und Präferenzen heutiger Generationen auf dem Arbeitsmarkt zu verknüpfen. Dieser Prozess beginnt mit einem Vergleich der Ergebnisse aus Abbildung 4 und Tabelle 3 in der nachfolgenden Tabelle, um anschließend wesentliche Bedürfnispräferenzen abzuleiten. Diese Ableitung soll durch weitere

aktuelle Studienergebnisse im weiteren Verlauf bestätigt und gestärkt werden.

Zusammenfassung Motivationstheorien	Forschungs- bzw. Studienergebnisse
- Flexible Arbeitsgestaltung	- Zeitliche Flexibilität
- Aufstiegs- und Entfaltungsmöglichkeiten	- Arbeitsweisen und Organisationsstrukturen
- Fort- und Weiterbildung	- Digitalisierung im Unternehmen
- Talent Management	- Persönliche Weiterentwicklung
- Leistungszulagen	- Bezahlung
- Dienstwagen /-handy	- Mitarbeitervorteile
- Diversity Management	- Gleichberechtigung
- Anerkennung	- Unternehmenskultur
- Feedback, Kommunikation	/
- Eigenverantwortung	/
- Selbstständigkeit	- Vereinbarkeit
- Leistung und Erfolg	- Teamwork
- Zielvereinbarung	
/	
/	

*Tabelle 19: Gegenüberstellung und Zusammenführung der Motivationstheorien mit aktuellen Forschungs- bzw. Studienergebnissen, eigene Darstellung*

Die Bedürfnispräferenzen, die sowohl aus den Motivationstheorien von Maslow und Herzberg als auch aus den definierten Prioritäten aktueller und zukünftiger Generationen am Arbeitsmarkt resultieren, bieten Einblicke in die divergierenden Schwerpunkte und Präferenzen, die sowohl in historischen als auch zeitgenössischen Theorien zur Arbeitsmotivation erkennbar sind. Im Rahmen gemeinsamer Bereiche liegt ein Schwerpunkt auf der flexiblen Arbeitsgestaltung, die es Arbeitnehmenden ermöglicht, Berufs- und Privatleben auszugleichen. Arbeitsweisen und Organisationsstrukturen spielen eine entscheidende Rolle, indem sie innovative und anpassungsfähige Umgebungen schaffen, wobei die fortlaufende Digitalisierung im Unternehmensbereich als bedeutender Faktor angesehen wird. Des Weiteren sind Aufstiegs- und Entfaltungsmöglichkeiten sowie Fort- und Weiterbildungen von essentieller Bedeutung für die Beschäftigten, um ihr Potenzial auszuschöpfen. Leistungszulagen und Mitarbeitervorteile dienen dabei als Anreiz und Anerkennung für herausragende Leistungen. Trotzdem bleibt die Bezahlung als entscheidender Faktor für die Würdigung der geleisteten Arbeit. Neben diesen Aspekten liegt ein weiterer starker Fokus auf der Förderung von Gleichberechtigung und einer inklusiven Unternehmenskultur. Eine angenehme Arbeitsatmosphäre, die Diversität würdigt und eine wertschätzende Umgebung schafft, ist ein entscheidender Faktor für das Wohlbefinden am Arbeitsplatz. Jedoch zeigen sich in den Präferenzen aktueller und zukünftiger Arbeitnehmenden weniger die Bedürfnisse nach Leistungsstreben und individuellem Erfolg, wie sie aus den klassischen Motivationstheorien abgeleitet werden können. Stattdessen gewinnen Aspekte wie eine verbesserte Work-Life-Balance und der Teamgedanke an Bedeutung, die eng mit dem Wertewandel in der Gesellschaft verbunden sind und zunehmend an Gewicht in der modernen Arbeitswelt gewinnen.

## 5 Zusammenfassung und Ausblick

Zunehmende Anforderungen an Bauprojekte erfordern kürzere Zeit- und Ressourcenbudgets sowie interdisziplinäre Fähigkeiten im Bauprojektmanagement. Gerade dies ist entscheidend für komplexe Bauvorhaben, um Zeit, Kosten und Qualität zu steuern. Der Fachkräftemangel in der Bauwirtschaft verschärft diese Herausforderungen und macht es schwierig, Nachwuchskräfte zu gewinnen, die moderne Arbeitsbedingungen erwarten. Unternehmen müssen ihre Strukturen überdenken, um attraktiver zu werden, Nachwuchskräfte zu gewinnen und Mitarbeiterbindung zu stärken. Dazu ist es wichtig, die veränderten Bedürfnisse der potenziellen Nachwuchskräfte und der aktuellen Belegschaft zu verstehen. Organisationspsychologische Motivationstheorien untersuchen die Antriebe hinter Leistung, Kreativität und Innovation. Maslows Bedürfnispyramide und Herzbergs Zwei-Faktoren-Theorie sind zwei bedeutende Ansätze, wobei Maslow die Motive in fünf hierarchische Kategorien einteilt und Herzberg sich auf Arbeitsbedingungen konzentriert. Durch die Kombination der beiden Theorien werden förderliche Motivatoren wie Eigenverantwortung, Anerkennung und flexible Arbeitsgestaltung identifiziert. Diese motivationstheoretischen Ansätze werden durch aktuelle Studien und Forschungsergebnisse zu Bedürfnispräferenzen gestützt. Digitale Arbeitsmittel und flexible Arbeitsweisen werden bevorzugt, insbesondere Technologien wie BIM und virtuelle Realität. Junge Talente schätzen agile Organisationsstrukturen, abwechslungsreiche Tätigkeiten und eine kooperative Unternehmenskultur. Zusatzleistungen wie flexible Arbeitszeiten und Weiterbildungsmöglichkeiten sind ebenfalls attraktiv. Gleichberechtigung, Diversität und transparente Kommunikation werden als grundlegende Werte angesehen. Die Integration dieser Erkenntnisse eröffnet neue Forschungsperspektiven im Kontext der Motivationstheorien. Im Rahmen der Verknüpfung bisherigen Ergebnisse der Arbeitsmotivations- und -zufriedenheitstheorien mit den aktuellen Forschungsergebnissen über die Anforderungen und Präferenzen heutiger Generationen auf dem Arbeitsmarkt wird gezeigt, dass sowohl historische als auch zeitgenössische Theorien einen Schwerpunkt auf flexibler Arbeitsgestaltung, innovative Organisationsstrukturen und die Bedeutung von Fort- und Weiterbildungen für die Mitarbeitende legen. Anerkennung und Leistungszulagen sind Anreize für herausragende Leistungen, während Gleichberechtigung und eine inklusive Unternehmenskultur zunehmend an Bedeutung gewinnen. Beschäftigte auf dem aktuellen Arbeitsmarkt legen mehr Wert auf Work-Life-Balance und Teamarbeit als auf individuellen Erfolg, was den Wertewandel in der Gesellschaft widerspiegelt und sich in der modernen Arbeitswelt manifestiert. Basierend auf diesen Erkenntnissen ist es angebracht, weitere Forschungen anzustreben, die dazu dienen, betriebliche Anreizsysteme für den Bereich des Bauprojektmanagements zu entwickeln und umzusetzen. Dadurch wird Unternehmen die Möglichkeit geboten, ihre Attraktivität zu steigern, um potenzielle Mitarbeiter zu akquirieren und die Bindung der bestehenden Belegschaft zu stärken. Dies würde zu einer verbesserten Work-Life-Balance für Arbeitnehmer führen, was den aktuellen Werthaltungen entspricht und somit deren Bedürfnissen gerecht wird. Zudem wäre es von Nutzen, zusätzlich zu den bereits diskutierten motivationstheoretischen Ansätzen auch weitere Prozesstheorien wie das Leistungsdeterminantenkonzept<sup>39</sup> in Betracht zu ziehen. Dies würde dazu

---

<sup>39</sup> Weiterführende Literatur: F. Becker und J. Berthel, „Unternehmensführung“. Schäffer-Poeschel Verlag, S. 108 ff.

beitragen, die Forschung auf dem Gebiet der Arbeitsmotivation auf dem neuesten Stand zu halten und ihre Relevanz zu gewährleisten.

## 6 Literaturverzeichnis

- [1] S. Wörwag und A. Cloots, "Flexible Arbeitsmodelle Für Die Generation 50". Springer, 2018.
- [2] R. Becker, M. Eilers, N. Roetmann, V. Jobst-Jürgens, und M. Helmus, "Attraktivitätssteigerung der Bauleitung durch die Arbeitsmethode ‚New Work‘," presented at the Tagungsband zum 31. BBB-Assistent:innentreffen Innsbruck 2022 : Fachkongress der wissenschaftlichen Mitarbeiter:innen Bauwirtschaft, Baubetrieb, Baumanagement, Tunnelbau, Beiträge zum 31. BBB Assistent:innentreffen vom 12. bis 14. Juli 2022 in Innsbruck, Innsbruck, Österreich, 2022. [Online]. Available: <http://dx.doi.org/10.25651/1.2022.0004>.
- [3] N. Roetmann, R. Becker und M.Helmus "Moderne Arbeitsmodule in der Baupraxis", *Bauingenieur*, vol. 99, no. 03, 2024, doi: 10.37544/0005-6650-2024-03, pp: 84-88.
- [4] J. Heckhausen und H. Heckhausen, "Motivation und Handeln: Einführung und Überblick," *Motivation und Handeln*, pp. 493-540, 2018.
- [5] M. R. Furtner, "Wie beeinflussen Motive das Führungsverhalten," *Journal Psychologie des Alltagshandelns*, vol. 5, no. 2, pp. 52-65, 2012.
- [6] F. Becker, *Mitarbeiter wirksam motivieren: Mitarbeitermotivation mit der Macht der Psychologie*. Springer, 2018.
- [7] G. Roth, E. Regnet, und B. H. Mühlbauer, "Organisationskultur und Motivation," *Mitarbeitermotivation ist lernbar: Mitarbeiter in Gesundheitseinrichtungen motivieren, führen, coachen*, pp. 17-48, 2010.
- [8] F. W. Nerdinger, G. Blickle, N. Schaper, und N. Schaper, "Arbeitsmotivation und Arbeitszufriedenheit," *Arbeits-und Organisationspsychologie*, pp. 463-486, 2019.
- [9] S. Franken, *Verhaltensorientierte Führung: Handeln, Lernen und Diversity in Unternehmen*. Springer-Verlag, 2019.
- [10] R. N. Prof. Dr. Günter W. Maier. "Definition „Arbeitsmotivation“." <https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/arbeitsmotivation-30764/version-254340> (accessed 26. März, 2024).
- [11] R. N. Prof. Dr. Günter W. Maier. "Definition „Arbeitszufriedenheit“." <https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/arbeitszufriedenheit-28618/version-252244> (accessed 26. März, 2024).
- [12] S. Kauffeld und C. C. Schermuly, "Arbeitszufriedenheit und Arbeitsmotivation," *Arbeits-, Organisations-und Personalpsychologie für Bachelor*, pp. 237-259, 2019.
- [13] E. Eyer, T. Haussmann, E. Eyer, und T. Haussmann, *Zielvereinbarung und variable Vergütung*. Springer, 2021.

- [14] V. Jobst-Jürgens, "New Work," *Was relevante Arbeitnehmergruppen im Job wirklich wollen - eine empirische Betrachtung*", Wiesbaden, 2020.

# Quality Function Deployment und das Kano-Modell der Kundenzufriedenheit

Natalia Bienkowski<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Technische Universität Dresden, natalia.bienkowski@tu-dresden.de

## Kurzfassung

Im vorliegenden Artikel werden die Methoden des Quality Function Deployment (QFD) und des Kano-Modells vorgestellt und deren Anwendung in der Bedarfsplanung von Bauprojekten aufgezeigt. Die Motivation hinter dieser Untersuchung ist die Verbesserung der Kundenorientierung und Qualität von Bauprojekten. QFD wird als strukturierte Methode beschrieben, die systematisch Kundenanforderungen erfasst und in technische Spezifikationen und Entwicklungspläne umsetzt. Das House of Quality (HoQ) dient dabei als zentrales Werkzeug, um diese Anforderungen zu priorisieren und umzusetzen. Das Kano-Modell kategorisiert Kundenanforderungen in Basis-, Leistungs-, Begeisterungs-, indifferente und Rückweisungsmerkmale. Der Artikel erläutert die praktische Anwendung dieser Methoden anhand eines Beispielszenarios im Bereich „Coworking Space“, bei dem die Erhebung und Gewichtung von Begeisterungsmerkmalen besonders betont wird.

*Schlagwörter: QFD, Kano, Bedarfsplanung, Optimierung, Kundenanforderungen*

# 1 Begriffserklärungen

## 1.1 Quality Function Deployment (QFD)

Quality Function Deployment (QFD) ist eine strukturierte Methodik, die darauf abzielt, Kundenanforderungen systematisch zu erfassen und in technische Spezifikationen sowie Entwicklungspläne zu überführen. Diese Methode gewährleistet, dass die Stimme des Kunden (Voice of the Customer, VoC) im gesamten Produktentwicklungsprozess Berücksichtigung findet, um qualitativ hochwertige und kundenorientierte Produkte zu entwickeln. [1]

Der QFD-Prozess beginnt mit der Erhebung und Dokumentation der Kundenanforderungen. Dies erfolgt durch unterschiedliche Methoden wie Interviews, Umfragen und Fokusgruppen, um ein umfassendes Verständnis der Kundenwünsche und -bedürfnisse zu erlangen. Die gesammelten Anforderungen werden anschließend priorisiert, um deren relative Wichtigkeit zu bestimmen.[2]

Ein zentrales Element der QFD-Methodik ist das House of Quality (HoQ). Dabei handelt es sich um eine Matrix, die die Kundenanforderungen den technischen Spezifikationen gegenüberstellt. Diese Matrix besteht aus mehreren Komponenten: den Kundenanforderungen („Was“), den technischen Anforderungen („Wie“), einer Beziehungsmatrix, die die Stärke der Beziehung zwischen den beiden Anforderungstypen darstellt, technischen Bewertungsmaßstäben und einer Wettbewerbsanalyse, die die eigenen Produkte im Vergleich zur Konkurrenz bewertet. [3] Durch diese strukturierte Darstellung wird die Komplexität des Entwicklungsprozesses reduziert und ein klarer Fahrplan für die Umsetzung der Kundenanforderungen erstellt.

In der nächsten Phase des QFD-Prozesses werden die Beziehungen und Abhängigkeiten zwischen den Kunden- und technischen Anforderungen analysiert. Dies ermöglicht eine fundierte Priorisierung der technischen Spezifikationen basierend auf ihrer Bedeutung und ihrem Einfluss auf die Kundenzufriedenheit. Diese Priorisierung ist entscheidend, um sicherzustellen, dass die wichtigsten Kundenanforderungen effizient und effektiv adressiert werden. [4]

Auf Basis der priorisierten technischen Anforderungen entwickeln Ingenieure und Designer Konzepte und Prototypen. Diese Konzepte werden daraufhin getestet, inwieweit sie die definierten Kundenanforderungen erfüllen. Durch iterative Tests und Anpassungen wird sichergestellt, dass die entwickelten Lösungen optimal auf die Bedürfnisse der Kunden abgestimmt sind. [5]

Nach der Konzeptentwicklung erfolgt die Umsetzung der ausgewählten Konzepte in die Produktion. Der QFD-Prozess endet jedoch nicht mit der Produktfertigung. Kontinuierliche Überwachung und Feedback-Schleifen sind integrale Bestandteile von QFD, um sicherzustellen, dass die Produkte kontinuierlich den Kundenanforderungen entsprechen und gegebenenfalls Anpassungen vorgenommen werden können. [6]

Die Anwendung von QFD bringt zahlreiche Vorteile mit sich. Einer der wichtigsten Vorteile ist die Erhöhung der Kundenzufriedenheit, da die entwickelten Produkte und Dienstleistungen genau auf die Bedürfnisse und Erwartungen der Kunden zugeschnitten sind. [7] Darüber hinaus trägt QFD zur Reduktion von Entwicklungszyklen bei, da klare Spezifikationen und Prioritäten den Entwicklungsprozess effizienter gestalten. Dies führt auch zu einer Kosteneffizienz, da Fehler und Nacharbeiten durch die frühzeitige Identifikation und Umsetzung der Kundenanforderungen minimiert

werden. Schließlich ermöglicht QFD die Entwicklung von Produkten, die sich durch besondere Kundenorientierung und Qualität vom Wettbewerb abheben und somit einen Wettbewerbsvorteil bieten. [8]

## 1.2 Kano-Modell der Kundenzufriedenheit

Das Kano-Modell basiert auf der Annahme, dass nicht alle Produktmerkmale gleichermaßen zur Kundenzufriedenheit beitragen. Es unterscheidet zwischen verschiedenen Kategorien von Kundenanforderungen, die jeweils einen unterschiedlichen Einfluss auf die Zufriedenheit haben:

1. **Basismerkmale (Must-be Attributes):** Basismerkmale sind grundlegende Anforderungen, die der Kunde als selbstverständlich voraussetzt. Ihre Nichterfüllung führt zu Unzufriedenheit, während ihre Erfüllung kaum zur Zufriedenheit beiträgt, da sie als selbstverständlich angesehen werden. [9]
2. **Leistungsmerkmale (One-dimensional Attributes):** Leistungsmerkmale sind explizit geforderte Eigenschaften eines Produkts oder einer Dienstleistung. Es besteht eine lineare Beziehung zwischen der Erfüllung dieser Merkmale und der Kundenzufriedenheit. Je besser diese Merkmale erfüllt werden, desto zufriedener sind die Kunden. [10]
3. **Begeisterungsmerkmale (Attractive Attributes):** Begeisterungsmerkmale sind Eigenschaften, die der Kunde nicht erwartet, deren Erfüllung jedoch zu hoher Zufriedenheit führt. Ihre Nichterfüllung führt nicht zu Unzufriedenheit, da sie vom Kunden nicht erwartet werden. Diese Merkmale haben das Potenzial, die Kundenzufriedenheit signifikant zu erhöhen. [11]
4. **Indifferente Merkmale (Indifferent Attributes):** Indifferente Merkmale haben weder einen positiven noch einen negativen Einfluss auf die Kundenzufriedenheit, unabhängig davon, ob sie vorhanden sind oder nicht. [12]
5. **Rückweisungsmerkmale (Reverse Attributes):** Rückweisungsmerkmale sind Eigenschaften, die von einigen Kunden abgelehnt werden und daher Unzufriedenheit hervorrufen können, wenn sie vorhanden sind. [11]

## 2 Anwendung des Kano-Modells

Die Anwendung des Kano-Modells in der Praxis beginnt mit der Erhebung von Kundenmeinungen zu verschiedenen Produktmerkmalen. Hierfür wird häufig ein spezieller Fragebogen verwendet, der die Kunden zu ihrer Zufriedenheit bei Erfüllung und Nichterfüllung eines Merkmals befragt. Die Ergebnisse dieser Befragungen werden dann analysiert, um die Merkmale den entsprechenden Kategorien des Kano-Modells zuzuordnen. [13]

Diese Klassifizierung hilft Unternehmen dabei, ihre Ressourcen gezielt einzusetzen, um Merkmale zu verbessern, die einen hohen Einfluss auf die Kundenzufriedenheit haben. Insbesondere das Identifizieren und Implementieren von Begeisterungsmerkmalen kann einen Wettbewerbsvorteil bieten, da diese Merkmale die Kundenerwartungen übertreffen und somit die Zufriedenheit signifikant steigern können. [10]

## 3 Vorteile und Grenzen des Kano-Modells

Das Kano-Modell bietet mehrere Vorteile:

- **Differenzierte Sichtweise:** Es ermöglicht eine differenzierte Analyse der Kundenanforderungen und deren Einfluss auf die Zufriedenheit.
- **Priorisierung:** Es hilft bei der Priorisierung von Entwicklungsressourcen durch die Identifikation von Merkmalen, die die Kundenzufriedenheit am meisten beeinflussen.
- **Innovationsförderung:** Durch die Identifikation von Begeisterungsmerkmalen unterstützt es die Entwicklung innovativer Produkteigenschaften.

Jedoch gibt es auch Grenzen:

- **Subjektivität:** Die Klassifizierung der Merkmale kann subjektiv sein und von der Interpretation der Kundenantworten abhängen.
- **Dynamische Natur der Erwartungen:** Kundenanforderungen und -erwartungen können sich im Laufe der Zeit ändern, was eine kontinuierliche Überprüfung und Anpassung erfordert (Matzler et al., 1996).

## 4 Anwendungsbeispiel in der Bedarfsplanung

Wie bereits erläutert, hat das Erfüllen von Begeisterungsmerkmalen einen überproportionalen Einfluss auf die Kundenzufriedenheit. Für eine marktgerechte und lukrative Ausrichtung eines Konzeptes sollte daher das Erfüllen von Begeisterungsmerkmalen anvisiert werden. Das Finden der Begeisterungsmerkmale und deren Gewichtungen kann durch zuvor durchgeführte Befragungen und deren Auswertung erleichtert werden.

### 4.1 Begeisterungsmerkmale im Beispielszenario „Coworking Space“

Um den Bereich „Coworking Space“ markt- und bedarfsgerecht auszurichten, sollen für das gewählte Beispiel Begeisterungsmerkmale des Coworking Space gefunden und gewichtet werden.

Der Workshop wird mit Vertretern des Betreibers des Coworking Space, Bauherrenvertretern, dem Bedarfsplaner sowie dem moderierenden Wertanalytiker durchgeführt, so dass dessen Erfahrungswerte und Bedarfe berücksichtigt und mit den Zielen des Bauherrn in Einklang gebracht werden können.

Zunächst werden die Begeisterungsmerkmale/Kundenanforderungen im Rahmen eines Brainstormings gesammelt. Um die Kundenanforderungen nach Priorität sortieren zu können, werden die zuvor gefundenen Merkmale mittels eines Dualvergleiches gewichtet. Im Dualvergleich werden jeweils zwei Kundenanforderungen miteinander verglichen, indem in eine Matrix jeweils der Wert 1 für „gleich wichtig“, 3 für „wichtiger“ und 5 für „viel wichtiger“ eingetragen wird. Hierbei wird betrachtet, ob das Merkmal der linken Spalte jeweils wichtiger ist als das Merkmal der oberen Zeile. Das Gegenteil, also 1/3 und 1/5, wird ebenfalls entsprechend eingetragen, wenn das Merkmal der linken Spalte weniger wichtig ist. Die Summen dieser Punkte werden pro Zeile addiert und die prozentualen Anteile errechnet.

Um eine Konsensentscheidung zu erwirken, erfolgt das Ausfüllen der Tabelle im Team. Die Entscheidung, welche einzelnen Werte letztendlich in die Tabelle eingetragen werden, wird ausdiskutiert, um auch die Beweggründe für die jeweilige Einschätzung einfließen lassen zu können.

Diese Werte spiegeln die Rangordnung der Kundenanforderungen wider. Dies ermöglicht eine klare Bewertung der relativen Wichtigkeiten der Anforderungen und eine Hierarchisierung entsprechend ihrer Bedeutung für den Kunden.

Im vorliegenden Beispiel werden von den Nutzern als wichtigste Kundenanforderungen „In Ruhe arbeiten“ und „Hippe Möbel“ angesehen. Am unwichtigsten sind den Nutzern „Schöne Aussicht“ und „Obstkorb“. Daher kann die Planung sich auf die Ausgestaltung einer ansprechenden Ausstattung und Möblierung und eines ruhigen Arbeitsumfeldes konzentrieren. Das Einbeziehen einer schönen Aussicht kann vernachlässigt werden, da es nach der vorliegenden Priorisierung kaum Kundennutzen und daher auch keinen Marktvorteil bringt. Im vorliegenden Beispiel bedeutet dies beispielsweise, dass die anteilige Flächenvergabe an die Nutzung „Coworking-Space“ flexibel im Gebäude erfolgen kann, unabhängig von der jeweiligen Aussicht.

	Hippe Möbel	Obstkorb	Grünpflanzen bereitstellen	In Ruhe arbeiten	Café-Atmosphäre	Getränke bereitstellen	Gruppenarbeit / Besprechungen	Gemeinschaftsräume	Arbeitsplatz reservierbar	Schöne Aussicht	Rund um die Uhr	Summe der vergebenen Punkte	Prozentuale Wichtigkeit
Hippe Möbel	1	5	5	1	3	5	5	5	5	5	5	45	20%
Obstkorb	0,2	1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	3	1%
Grünpflanzen bereitstellen	1	3	1	0,3	1	1	0,2	0,2	1	1	5	14,7	6%
In Ruhe arbeiten	1	5	5	1	5	5	5	5	5	5	5	47	21%
Café-Atmosphäre	1	3	1	0,2	1	0,3	0,3	1	0,2	1	5	14	6%
Getränke bereitstellen	0,3	5	0,3	0,2	1	1	1	3	1	5	5	22,8	10%
Gruppenarbeit / Besprechungen	1	5	3	1	5	5	1	3	1	5	5	35	15%
Gemeinschaftsräume	0,3	5	0,3	0,2	1	0,3	0,3	1	0,3	3	5	16,7	7%
Arbeitsplatz reservierbar	0,2	5	0,3	0,2	1	1	1	0,3	1	3	5	18	8%
Schöne Aussicht	0,2	1	0,3	0,2	1	0,2	0,2	0,3	0,2	1	3	7,6	3%
Rund um die Uhr	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	1	3	1%

## 4.2 Erstellung des Funktionenbaumes („Produktmerkmale“)

In einem Team-Brainstorming werden die Funktionen gesammelt und anschließend als Diagramm in einer Wertehierarchie / einem Funktionenbaum strukturiert. Das übergeordnete Ziel wird an der Spitze platziert. Es ist wichtig, dass die Wertehierarchie auf einem Konsens innerhalb des Teams beruht.

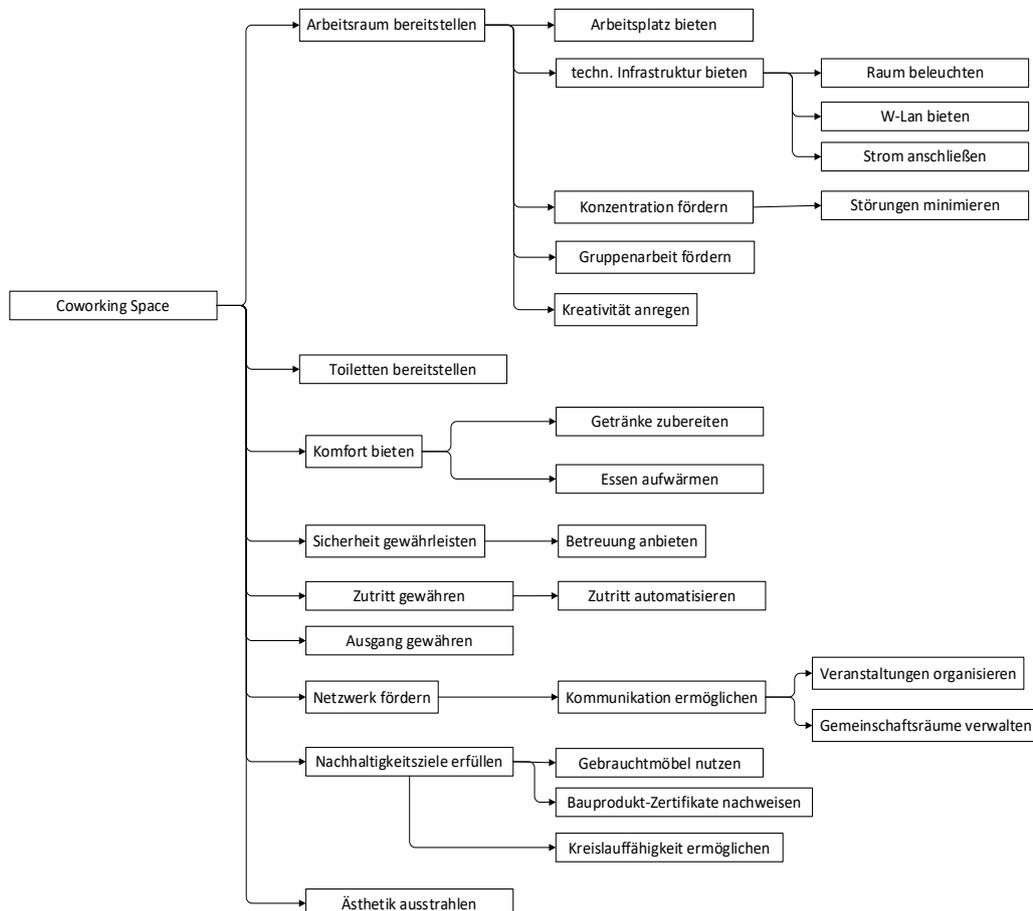
### 4.2.1 Funktionenbaum im Beispielszenario

Um den Bereich „Coworking Space“ sowohl bedarfsgerecht als auch den Zielen des Bauherrn entsprechend auszurichten, sollen für das gewählte Beispiel die Funktionen des Coworking Space analysiert. Der Workshop wird mit dem Betreiber des Coworking Space, dem Bauherrn, dem Bedarfsplaner sowie dem moderierenden Wertanalytiker durchgeführt, so dass dessen Erfahrungswerte und Bedarfe berücksichtigt und mit den Zielen des Bauherrn in Einklang gebracht werden können.

Das Finden und hierarchische Sortieren der Funktionen erfolgt im Team und als Konsensentscheidung. Im vorliegenden Beispiel wurde für den Coworking Space folgender Funktionenbaum im Team erarbeitet:

Wie →

← Warum



Um die Bedeutung und Rangfolge der Funktionen zu ermitteln, wird ein Dualvergleich durchgeführt.

#### 4.2.2 Gewichtung der Funktionen im Beispielszenario:

Im vorliegenden Beispiel werden die Funktionen der erste Ebene des Funktionenbaumes gewählt, um einen Dualvergleich durchzuführen. Das Ausfüllen der Matrix erfolgt im Team, wobei diskutiert wird, welche Werte eingetragen werden, um eine Konsensentscheidung zu erwirken. Hierbei ergibt sich, dass die Funktionen „Netzwerk fördern“, „Komfort bieten“ sowie „Ästhetik ausstrahlen“ nachrangig sind.

	<div style="display: flex; justify-content: space-around; text-align: center;"> <div style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Arbeitsraum bereitstellen</div> <div style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Toiletten bereitstellen</div> <div style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Komfort bieten</div> <div style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Sicherheit gewährleisten</div> <div style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Zutritt gewähren</div> <div style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Ausgang gewähren</div> <div style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Netzwerk fördern</div> <div style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Nachhaltigkeitsziele erfüllen</div> <div style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Ästhetik ausstrahlen</div> <div style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Summe</div> <div style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Prozentualer Anteil</div> </div>											
Arbeitsraum bereitstellen	1	1	5	1	1	1	5	5	1		21	15%
Toiletten bereitstellen	1	1	3	1	1	1	5	5	3		21	15%
Komfort bieten	0,3	0,2	1	0,2	0,2	0,2	3	1	1		7,1	5%
Sicherheit gewährleisten	1	1	5	1	1	1	5	3	3		21	15%
Zutritt gewähren	1	1	5	1	1	1	5	3	3		21	15%
Ausgang gewähren	1	1	5	1	1	1	5	3	3		21	15%
Netzwerk fördern	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	1	0,2	0,2		2,6	2%
Nachhaltigkeitsziele erfüllen	1	1	5	1	1	1	5	1	3		19	13%
Ästhetik ausstrahlen	0,2	0,2	1	1	0,3	0,3	5	1	1		10	7%

### 4.3 Korrelationen zwischen Kundenanforderungen und Funktionen:

Im nächsten Schritt werden die Korrelationen zwischen den Kundenanforderungen / Begeisterungsmerkmalen und den Funktionen untersucht. Die Aussagekraft dieser Untersuchung besteht darin, dass ersichtlich gemacht wird, ob eine Funktion hohen oder niedrigen Einfluss auf die Erfüllung der Begeisterungsmerkmale / Kundenanforderungen hat. Funktionen, die die Kundenanforderungen stark beeinflussen, müssen bei der Planung besonders im Fokus stehen. Dagegen können Funktionen mit geringem Einfluss auf die Erfüllung der Kundenanforderungen nachrangig und mit geringerem Budget geplant werden.

Das Analysieren der Korrelationen erfolgt in einer Matrix, in welcher die Funktionen und Kundenanforderungen gegenübergestellt werden.

Im vorliegenden Beispiel ergibt die Korrelationsanalyse, dass die Funktionen „Arbeitsraum bereitstellen“ und „Komfort bieten“ den größten Einfluss auf die Erfüllung der Kundenanforderungen (Nutzeranforderungen) haben. Die Werte werden gemeinsam im Team eingetragen und bei Bedarf diskutiert, um zu einer Konsensentscheidung zu gelangen. Da es sich hierbei um die Nutzersicht handelt und zu einer marktgerechten Ausrichtung dient, die weitere Bauherrenziele nicht berücksichtigt, hat die Analyse insofern nicht die Bedeutung, dass beispielsweise die Nachhaltigkeitsziele grundsätzlich im Projekt nachrangig wären.

Gewichtung der Funktionen Funktionen		Begeisterungsmerkmale												Summe Gewichtung Prozentualer Anteil	
		Hippe Möbel	Obstkorb	Grünpflanzen bereitstellen	In Ruhearbeiten	Café-Atmosphäre	Getränke bereitstellen	Gruppenarbeit / Besprechungen	Gemeinschaftsräume	Arbeitsplatz reservierbar	Schöne Aussicht	Rund um die Uhr	Summe Gewichtung		
Arbeitsraum bereitstellen	21	9	0	3	9	0	0	9	0	3	0	0	693	30%	
Toiletten bereitstellen	21	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	63	3%	
Komfort bieten	7,1	6	3	9	3	9	9	0	3	6	9	9	468,6	20%	
Sicherheit gewährleisten	21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%	
Zutritt gewähren	21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	189	8%	
Ausgang gewähren	21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	189	8%	
Netzwerk fördern	2,6	0	0	0	3	3	3	9	0	0	0	0	46,8	2%	
Nachhaltigkeitsziele erfüllen	19	9	0	3	0	0	3	0	0	0	0	0	285	12%	
Ästhetik ausstrahlen	10	9	0	9	0	9	0	0	0	9	0	0	360	16%	

## 5 Literaturverzeichnis

- [1] Akao, Y. (1990). Quality Function Deployment: Integrating Customer Requirements into Product Design. Productivity Press.
- [2] Bossert, J. L. (1991). Quality Function Deployment: A Practitioner's Approach. ASQC Quality Press.
- [3] Chan, L.-K., & Wu, M.-L. (2002). Quality function deployment: A literature review. European Journal of Operational Research, 143(3), 463-497.
- [4] Cohen, L. (1995). Quality Function Deployment: How to Make QFD Work for You. Addison-Wesley.
- [5] Govers, C. P. M. (1996). What and how about quality function deployment (QFD). International Journal of Production Economics, 46(1), 575-585.
- [6] Hauser, J. R., & Clausing, D. (1988). The house of quality. Harvard Business Review, 66(3), 63-73.
- [7] Prasad, B. (1998). Review of QFD and related deployment techniques. Journal of Manufacturing Systems, 17(3), 221-234.
- [8] Zairi, M., & Youssef, M. A. (1995). Quality function deployment: A main pillar for successful total quality management and product development. International Journal of Quality & Reliability Management, 12(6), 9-23.
- [9] Berger, C., Blauth, R., Boger, D., Bolster, C., Burchill, G., DuMouchel, W., ... & Walden, D. (1993). Kano's methods for understanding customer-defined quality. The Center for Quality of Management Journal, 2(4), 3-36.
- [10] Matzler, K., & Hinterhuber, H. H. (1998). How to make product development projects more successful by integrating Kano's model of customer satisfaction into quality function deployment. Technovation, 18(1), 25-38.

- [11] Kano, N., Seraku, N., Takahashi, F., & Tsuji, S. (1984). Attractive quality and must-be quality. *The Journal of the Japanese Society for Quality Control*, 14(2), 39-48.
- [12] Matzler, K., Hinterhuber, H. H., Bailom, F., & Sauerwein, E. (1996). How to delight your customers. *Journal of Product & Brand Management*, 5(2), 6-18.
- [13] Tan, K. C., & Shen, X. X. (2000). Integrating Kano's model in the planning matrix of quality function deployment. *Total Quality Management*, 11(8), 1141-1151.

# Evaluationbedarf des § 650c BGB: Berechnungsmodelle und deren systematische Klassifizierung nach Schottke

*Björn Bernhard Vauk<sup>1</sup> und Dennis Dalchau<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> *Leuphana Universität Lüneburg, bjoern.vauk@leuphana.de*

<sup>2</sup> *Leuphana Universität Lüneburg, dennis.dalchau@leuphana.de*

## **Kurzfassung**

Die Reform des Bauvertragsrechts ermöglicht es dem Besteller seit dem 01.01.2018 per Gesetz, Änderungen der Bauproduktion einseitig anzuordnen. Zudem wurde mit der Einführung des gesetzlichen Leitbildes der Ist-Kosten das Berechnungsmodell der Vergütung nachträglich geänderter Bauleistungen grundlegend verändert. Ziel dieser Forschungsarbeit ist die Untersuchung der Auswirkungen dieser Gesetzesänderung auf die baubetriebliche Praxis. Im Rahmen dieser Forschungsarbeit erfolgt zunächst eine Definition der Kalkulation als baubetriebliches Produktionsmodell. Anschließend wird eine baubetriebliche Würdigung der mit der Reform verfolgten übergeordneten Ziele aus der Lean Construction Perspektive sowie der Praktikabilität des eingeführten Berechnungsmodells gemäß § 650c BGB vorgenommen. Die Methodologie umfasst eine theoretische Analyse der Gesetzesgrundlagen sowie eine praxisnahe Bewertung der baubetrieblichen Umsetzung anhand des Berechnungsmodells nach Schottke. Die Ergebnisse legen nahe, dass die neuen gesetzlichen Regelungen eine erhebliche Herausforderung für die praktische Anwendung darstellen, insbesondere in Bezug auf die Nachvollziehbarkeit und Praktikabilität der Kostenermittlung. Als potenzielle Lösungsstrategie kann das Berechnungsmodell von Schottke identifiziert werden, welches eine einheitliche und transparente Kalkulation für Hauptvertrag und Nachträge unter Berücksichtigung von Auswirkungen aus gestörten Bauabläufen ermöglicht. Der Erfolg der Evaluierung der Gesetzesreform ist maßgeblich von der Entwicklung praktikabler, konsistenter und nachvollziehbarer Berechnungsmodelle abhängig, welche den Anforderungen der Baupraxis gerecht werden und die tatsächliche Bauproduktion als baubetrieblich substanziiertes Produktionsmodell abbilden können.

*Schlagwörter: Produktionsmodell, Nachtragskalkulation, § 650c BGB, Lean Construction*

# 1 Einleitung

Die Reform des Bauvertragsrechts hat durch die Einführung des § 650c BGB das Berechnungsmodell für Mehr- und Mindervergütungen grundlegend verändert. Ziel dieser Arbeit ist es, die Auswirkungen dieser gesetzlichen Änderungen auf die baubetriebliche Praxis zu analysieren. Dabei wird ein besonderes Augenmerk auf die Kalkulation als baubetriebliches Produktionsmodell und die aus der Gesetzesreform erwachsenen Anforderungen an Nachtragskalkulationen gelegt. Die vorliegende Arbeit untersucht die juristischen Zielsetzungen der Gesetzesreform sowie deren praktische Umsetzung aus der Perspektive des Lean Construction Ansatzes.

## 2 Methodologie

Die Methodik dieser Arbeit umfasst eine detaillierte theoretische Analyse des § 650c BGB sowie deren praxisorientierte baubetriebliche Bewertung. Die theoretische Analyse basiert auf einer umfassenden Literaturrecherche und der Auswertung einschlägiger Rechtsprechungen. Die praktische Bewertung erfolgt aus baubetrieblicher Perspektive durch Adaption des Lean Construction Ansatzes.

## 3 Kalkulation

### 3.1 Kalkulation als baubetriebliches Produktionsmodell

Die substantiierte Kalkulation von Bauprojekten stellt durch Abstraktion [1, S. 24] die wesentlichen eingesetzten Produktionsmittel in der instationären Baustellenproduktion überschaubar und nachvollziehbar dar. Die Kalkulation kann als baubetriebliches Produktionsmodell verstanden werden, welches die eingesetzten Ressourcen quantifiziert beschreibt und monetär bewertet. „Ein Modell ist ein durch Abstraktion gewonnenes Abbild der Realität. Die Abstraktion kann dabei durch Reduktion (Verzicht auf die Abbildung unbedeutender Details) oder Idealisierung (Vereinfachung vorliegender Gegebenheiten) erreicht werden.“ [1, S. 24]

Schmidt und Nyhus definieren in Anlehnung an Oertli-Cajacob [2] die allgemeinen Anforderungen an ein Modell wie folgt:

- a) „realitätsnahe Abbildung der Situation bzw. des Problems innerhalb des Realsystems,
- b) allgemeine Anwendbarkeit des Modells,
- c) Klarheit und Verständlichkeit der Aussagen,
- d) Beschränkung auf das Wesentliche und
- e) Schaffung eines umfassenden Verständnisses des Systemverhaltens.“ [1, S. 24]

Die im Bauwesen übliche vorkalkulatorische Preisermittlung (Schätzung) [3, S. 106] auf der Grundlage von Aufwands- und Leistungswerten stellt bereits eine modellhafte Idealisierung der tatsächlichen Baustellenproduktion dar. Die Kalkulation ist demnach eine Reduktion der tatsächlichen Produktion durch Annahmen über die zu erwartenden Randbedingungen. [4, S. 9] Die tatsächliche Granularität der Produktionsprozesse wird dabei leistungs- und abrechnungsorientiert abstrahiert. Leistungsverzeichnisse und Leistungsbeschreibungen sowie Aufwands- und Leistungswerte dienen als Grundlage für die Kalkulation und Preisermittlung. [5, S. 13]

## 3.2 Anforderung an Nachtragskalkulationen

Aufgrund der sich regelmäßig extrinsisch ändernden Randbedingungen der Baustellenproduktion sowie des Anordnungsrechts des Bestellers hinsichtlich nachträglicher Leistungsänderungen ist ein durchgängiges und widerspruchsfreies Berechnungsmodell für Mehr- und Mindervergütungen erforderlich. [6, S. 55]. Die Kalkulation kann gemäß § 650c Abs. 2 BGB als baubetriebliches Produktionsmodell herangezogen werden, um die monetäre Bewertung einer Vergütungsanpassung in Folge von Produktionsänderungen vorzunehmen. Die Erfüllung der zuvor genannten Modellanforderungen durch die Kalkulation ist eine notwendige Voraussetzung. [6, S. 56]

Die Bewertung von Veränderungen in der Baustellenproduktion sowie deren monetäre Folgen unterliegt unvermeidbaren Restungenauigkeiten [7, S. 24], was durch das Berechnungsmodell für Mehr- und Mindervergütungen bereits aus Gründen der allgemeinen Anwendbarkeit berücksichtigt werden muss. Das Ziel der baubetrieblichen Kalkulation ist die realitätsnahe Abbildung der tatsächlichen Baustellenproduktion auf Ressourcenebene für eine überschaubare und nachvollziehbare Darstellung der baubetrieblichen Folgen aus Veränderungen der Baustellenproduktion sowie deren sichere monetäre Bewertung.

## 4 Reform des Bauvertragsrechts

### 4.1 Einführung von Änderungsrechten des Bestellers

Aufgrund der Dauer und Komplexität von Bauprojekten soll der Besteller auch nach Vertragsschluss und während der laufenden Baustellenproduktion Änderungen der vereinbarten Bauleistung einseitig anordnen können. [6, S. 53] Im Rahmen der Reform des Bauvertragsrechts<sup>40</sup> wurde daher mit § 650b Abs. 2 BGB ein gesetzliches Anordnungsrecht des Bestellers eingeführt, das dem Besteller das Recht zur nachvertraglichen Änderung der geschuldeten Leistung gesetzlich sichert. Der Besteller ist berechtigt, von diesem Anordnungsrecht Gebrauch zu machen, sofern eine einvernehmliche Einigung gemäß § 650b Abs. 1 BGB gescheitert ist. Damit erhält der Besteller auch nach Beginn der Bauausführung ein weitreichendes Eingriffsrecht in die Baustellenproduktion des Unternehmers, wie es zuvor nur bei Vereinbarung der VOB/B [9] als Allgemeine Geschäftsbedingung üblich war, gesetzlich abgesichert.

### 4.2 Berechnungsmodell der Mehr- oder Mindervergütung

Mit der Einführung des gesetzlichen Anordnungsrechts des Bestellers wurde in § 650c BGB ein Berechnungsmodell der Mehr- oder Mindervergütung für die in Folge von Anordnungen gemäß § 650b Abs. 2 BGB veränderte Baustellenproduktion implementiert.

Der Gesetzgeber definiert als gesetzliches Leitbild in § 650c Abs. 1 BGB ein Berechnungsmodell für die Mehr- oder Mindervergütung der durch Anordnungen veränderten Baustellenproduktion nach den tatsächlich erforderlichen Kosten. Das gesetzliche Leitbild für die Vergütungsanpassung der

---

<sup>40</sup> „Vorschrift eingefügt durch das Gesetz zur Reform des Bauvertragsrechts [...] vom 28.04.2017 (BGBl. I S. 969), in Kraft getreten am 01.01.2018“ [8].

veränderten Baustellenproduktion bricht mit der bisherigen Fortschreibung der Wettbewerbspreise auf der Grundlage der Auftragskalkulation als baubetriebliches Produktionsmodell.

In Bezug auf das gesetzliche Leitbild der „Ist-Kosten“ gemäß § 650c Abs. 1 BGB erläutert der Gesetzgeber das zugrunde liegende Berechnungsmodell der Mehr- oder Mindervergütung wie folgt:

- a) *„Die für die unveränderten Vertragsleistungen vereinbarten Preise bleiben unberührt.*
- b) *Mehr- oder Minderleistungen werden nach den hierfür tatsächlich erforderlichen Kosten mit angemessenen Zuschlägen [...] abgerechnet.*
- c) *[Die Berechnung der tatsächlich erforderlichen Kosten soll aus der] Differenz zwischen den hypothetischen Kosten, die ohne die Anordnung des Bestellers entstanden wären, und den Ist-Kosten, die aufgrund der Anordnung tatsächlich entstanden sind, [ermittelt werden]. [...]*
- d) *Innerhalb einer Nachtragsberechnung darf es keine Kombination zwischen den tatsächlich erforderlichen Kosten einerseits und den kalkulierten Kosten andererseits geben[...]. Damit scheidet im Rahmen des Absatzes 1 ein Rückgriff auf die hinterlegte Urkalkulation aus.*
- e) *Die Berechnung der Mehr- oder Mindervergütung wird nicht um einen sogenannten Vertragspreisniveaufaktor ergänzt. [...]. Stattdessen soll die im Wettbewerb für die Ausgangsleistungen zustande gekommene anteilige Gewinn- oder Verlustspanne für die jeweilige Bezugsposition in ihrer ursprünglichen Höhe (d. h. als Absolutbetrag) erhalten bleiben [...].“ [6, S. 56]*

Die Praktikabilität des Berechnungsmodells soll gemäß § 650c Abs. 2 BGB sichergestellt werden. Der Gesetzgeber führt hierzu aus:

- f) *„Um die Abrechnung praktikabel zu gestalten, wird dem Unternehmer die Möglichkeit eröffnet, zur Berechnung der Vergütung [...] auf die Kostenansätze einer vereinbarungsgemäß hinterlegten Urkalkulation zurückzugreifen.*
- g) *Ergänzend greift eine widerlegliche Vermutung, dass die in dieser Urkalkulation enthaltenen beziehungsweise fortgeschriebenen Preis- und Kostenansätze den tatsächlich erforderlichen Kosten entsprechen und hinsichtlich der Zuschläge weiterhin angemessen sind. [...]*
- h) *Dadurch wird gewährleistet, dass die Vertragsparteien für die Ermittlung der tatsächlich erforderlichen Kosten keine Neuberechnung vornehmen müssen, sondern – wie bisher – auf die in der Regel vorhandene Urkalkulation des Unternehmers zurückgreifen können.*
- i) *Die Vermutungswirkung kann jedoch nur greifen, wenn die vom Unternehmer offenbarte [...] Urkalkulation ausreichend aufgeschlüsselt ist. Ein wichtiger Nebeneffekt dieser Regelung ist der Anreiz für den Unternehmer, die Kalkulationen nachvollziehbar zu gestalten, um sie – gestützt auf die gesetzliche Vermutung – für die Berechnung der „Ist-Kosten“ heranziehen zu können.*
- j) *Für den Unternehmer ergibt sich also ein Wahlrecht, ob er „Nachträge“ auf Basis seiner ursprünglichen Kalkulation (Absatz 2) oder nach den tatsächlich erforderlichen Kosten (Absatz 1) abrechnen will.*

- k) [...] *Je nachdem wie er sich entschieden hat, hat er konsequent entweder die Urkalkulation fortzuschreiben oder die tatsächlich erforderlichen Mehr- oder Minderkosten für die nachträglich angeordnete Leistung darzulegen*“ [6, S. 56]

### 4.3 Zielsetzung der eingefügten Regelungen

Im Rahmen der ersten Lesung des Gesetzentwurfs der Bundesregierung zur Reform des Bauvertragsrechts und zur Änderung der kaufrechtlichen Mängelhaftung am 10. Juni 2016 wurde seitens der Politik der Fokus auf den Verbraucherschutz beim privaten Wohnungsbau gelegt. Der Schutz von Handwerkern beim Einbau fehlerhafter Materialien erfolgte in diesem Kontext mit dem Ziel, Verbraucher vor Firmeninsolvenzen von Handwerkern zu schützen. [10, S. 1]

Die Intention des Gesetzgebers hinter der Baurechtsreform ist es,

- a) Streitigkeiten der Parteien über Preisanpassungen zu vermeiden,
- b) Anreize für die korrekte Ausschreibung durch den Besteller zu schaffen,
- c) Anreize für die korrekte und nachvollziehbare Kalkulation der Unternehmer zu schaffen,
- d) Spekulationen der Unternehmer (ungerechtfertigte Preisvorteile) einzuschränken,
- e) den Unternehmer vor der Fortschreibung nicht auskömmlicher Preise zu schützen. [6, S. 55]

Mit der Umsetzung der Reform des Bauvertragsrechts wurde das Werkvertragsrecht im Bürgerlichen Gesetzbuch (BGB) durch die Einführung der Regelungen des Bauvertrags in den §§ 650a bis 650h BGB erweitert. Die eingefügten Regelungen zielen darauf ab, den spezifischen Charakteristika bei der Erstellung von Bauwerken sowie den damit verbundenen besonderen komplexen Produktionsbedingungen Rechnung zu tragen, die bei einer Baustellenproduktion über einen längeren Erfüllungszeitraum typisch sind. Dadurch soll der Rechtsfrieden in Bauprojekten gewahrt werden. [6, S. 53]

### 4.4 Analyse der Rechtsprechung

Trotz der mittlerweile fünfjährigen Bewährungszeit des § 650c BGB gibt es nur wenig einschlägige Rechtsprechung zur ordnungsgemäßen Anwendung der tatsächlich erforderlichen Kosten einschließlich angemessener Zuschläge. Lediglich das OLG Koblenz [11, 12] sowie vorinstanzlich das LG Koblenz [13] hatten sich mit der Frage zu befassen, wie die tatsächlich erforderlichen Kosten darzulegen sind. Die Kernaussagen der Urteile beschränken sich im Ergebnis auf die Aussage, dass die tatsächlich erforderlichen Kosten schlüssig darzulegen sind. Will der Antragsteller mangels Nachweisbarkeit der tatsächlich erforderlichen Kosten auf Marktpreise zurückgreifen, erfordere dies eine substantiierte Darlegung der zum Zeitpunkt der Bauausführung geltenden Preise. [11, 12] Weiter wird ausgeführt, dass Baustellengemeinkosten (BGK) nicht als (angemessener) Zuschlag kalkuliert werden dürfen, sondern in die tatsächlich erforderlichen Kosten einzubeziehen sind. Lediglich die anderen Preisbestandteile dürfen über Zuschläge abgerechnet werden. Zum Nachweis der Angemessenheit reiche aber auch hier ein bloßer Verweis auf die eingereichte Auftragskalkulation nicht aus.

Eine umfangreiche Rechtsprechung existiert hinsichtlich der Fragestellung, inwieweit die wohlbewährten Regelungen des § 2 VOB/B weiterhin Anwendung finden können. Die Regelungen zur vorkalkulatorischen Preisfortschreibung stellten sich bisher als gängiges Mittel der Wahl dar,

werden jedoch insbesondere aufgrund der BGH Rechtsprechung aus Karlsruhe [14] in Frage gestellt. Die hier getroffene Entscheidung in Bezug auf § 2 Abs. 3 VOB/B wird von der einschlägigen Gerichtsbarkeit auch auf § 2 Abs. 5 und 6 VOB/B übertragen. [15–17] Die Anwendung des § 650c Abs. 1 bis 3 BGB sei auch im einschlägigen VOB-Vertrag gültig. [18]

Gegenständliche Urteile lassen sich dahingehend interpretieren, dass ein Rückgriff auf die gesetzlichen Anpassungsinstrumente im Sinne des § 650c Abs. 1 oder 2 BGB nur dann notwendig ist, wenn keine transparente Abrechnungsmethodik vorliegt oder sich die Parteien nicht anderweitig einigen. Der BGH Rechtsprechung entsprechend wird die ergänzende Vertragsauslegung gemäß § 133, 157 BGB als anwendbar erachtet, da die Parteien keine andere Grundlage zur Bildung eines Einheitspreises vereinbart haben. [19, Rnd. 27] Auch das OLG Düsseldorf führt ähnliche Überlegungen an und verweist in diesem Zusammenhang auf die BGH Rechtsprechung. Das Kammergericht Berlin wertet die Kalkulation lediglich als Hilfsmittel zur Ermittlung der Kostendifferenz, gelangt jedoch zu der Schlussfolgerung, dass die unstreitige Kalkulation im Zweifel auf Grundlage der tatsächlichen Mehrkosten ermittelt wurde. [20]

Zusammenfassend kann vorerst festgehalten werden, dass es einerseits einer substantiierten Auftragskalkulation des Unternehmers und andererseits einer transparenten und nachvollziehbaren Abrechnungssystematik bedarf, um Vergütungsansprüche durchzusetzen. Ergänzend dazu muss jedoch regelmäßig auf die Ist-Situation eingegangen werden, um die Ansprüche realitätsnah abzubilden.

## **4.5 Baubetriebliche Würdigung**

### **4.5.1 Würdigung der juristischen Zielsetzung aus Lean Construction Perspektive**

Lean Construction adaptiert eine aus der stationären Produktion stammende Produktionsphilosophie auf das Bauwesen. Die Philosophie von Lean Construction kann als Denkweise verstanden werden und basiert auf den fünf Schlüsselprinzipien Kundenwert, Wertstrom, Fluss, Pull und Streben nach Perfektion. [21, S. 23]

Das übergeordnete Ziel von Lean Construction besteht in der auf den Kundenwert fokussierten kontinuierlichen Verbesserung der Wertschöpfung. Die Zielsetzung von Lean Construction lässt sich anhand der juristischen Ziele der Baurechtsreform (vgl. Kapitel 4.3 a bis e) wie folgt adaptieren:

- a) gemeinsames Verständnis (Streitvermeidung) von Besteller und Unternehmer schaffen,
- b) auf Kundenwert (Werkerfolg, korrekte Ausschreibung) fokussieren,
- c) Wertschöpfung verbessern (Produktionsmodell, korrekte und nachvollziehbare Kalkulation),
- d) gerechtfertigte Preisvorteile für Besteller und Unternehmer sowie
- e) auskömmliche Preise für Unternehmer als Anreiz für kontinuierliche Verbesserung.

Der Kundenwert kann in den juristischen Kontext übertragen als Werkerfolg gemäß § 631 Abs. 1 BGB definiert werden. Im Kontext des § 7 VOB/A [9] basiert der Kundenwert auf einer korrekten Ausschreibung durch den Besteller.

Die Wertschöpfung (Weg zum Werkerfolg) kann durch baubetriebliche Produktionsmodelle abgebildet werden, deren Ziel die realitätsnahe und nachvollziehbare Abbildung der tatsächlichen Baustellenproduktion auf Ressourcenebene ist. [6, S. 56] Durch die monetäre Bewertung der

eingesetzten Produktionsmittel können korrekte und nachvollziehbare Kalkulationen mit auskömmlichen Preisen erstellt werden, auf deren Basis mögliche Veränderungen in der tatsächlichen Baustellenproduktion praktikabel abgebildet, quantifiziert und monetär bewertet werden können.

Um die kontinuierliche Verbesserung zu fördern, kann Auftragnehmern in bilateralen Verträgen die Möglichkeit gesichert werden, durch eine Optimierung der Wertschöpfung in ihrer Produktion begründete Preisvorteile zu erzielen. Diese Preisvorteile könnten auch an den Besteller bei zukünftigen Projekten durch strategische Partnerschaften oder im Wettbewerb weitergegeben werden.

Die mit der Baurechtsreform verfolgten übergeordneten Ziele (vgl. Kapitel 4.3 a bis e) stehen im Einklang mit den durch den Lean Construction Ansatz verfolgten Zielen und sind nach baubetrieblicher Würdigung als sinnvoll zu bewerten.

#### **4.5.2 Würdigung des Berechnungsmodells für Mehr- und Mindervergütung**

Das Äquivalenzverhältnis zwischen Leistung und Gegenleistung (Synallagma) bleibt für die unveränderte Vertragsleistung bestehen (Pacta sunt servanda). Abweichend vom bisherigen Berechnungsmodell „Fortschreibung der Wettbewerbspreise“ soll das Synallagma für den durch die Anordnung nach § 650b Abs. 2 BGB geänderten Teil der Vertragsleistung nicht fortbestehen.

Für den durch Anordnungen geänderten Teil der vertraglichen Leistung wird ein abweichendes Berechnungsmodell für dessen Mehr- oder Mindervergütung auf der Grundlage der für die Erbringung der geänderten Leistung tatsächlich erforderlichen Kosten als gesetzliches Leitbild eingeführt. (Vgl. Kap. 4.2 a und b).

Nach diesem Berechnungsmodell ist die Mehr- oder Mindervergütung für die durch Anordnung geänderte Vertragsleistung aus der Differenz zwischen den nicht entstandenen hypothetischen Kosten für die nicht erbrachte unveränderte Leistung und den tatsächlich entstandenen Ist-Kosten für die tatsächlich erbrachte geänderte Leistung zu ermitteln (vgl. Kap. 4.2 c). Weder für die Berechnung der hypothetischen Kosten, noch für die Berechnung der Ist-Kosten darf dabei auf die „Urkalkulation“ (Auftragskalkulation) zurückgegriffen werden, sofern die Ist-Kosten entsprechend § 650c Abs. 1 BGB ermittelt werden. (Vgl. Kap. 4.2 d).

Für eine Neuberechnung des Vergütungsanspruchs für den geänderten Leistungsteil nach dem gesetzlichen Leitbild der Ist-Kosten gemäß § 650c Abs. 1 BGB muss die Werkplanung für den nach der Anordnung nicht mehr unverändert auszuführenden Leistungsteil so weit konkretisiert sein, dass dessen Herstellung anhand eines baubetrieblichen Produktionsmodells in einer der tatsächlich ausgeführten Leistung vergleichbaren Granularität geplant und die hypothetischen Kosten monetär bewertet werden können. Erst dann können auf Basis der Differenzhypothese die hypothetischen Kosten für die unveränderte Leistung ermittelt werden, um als Grundlage für die Mehr- oder Mindervergütung gegenüber den tatsächlich angefallenen Ist-Kosten herangezogen werden zu können. Grundvoraussetzung für die Anwendbarkeit der Differenzhypothese zur Ermittlung der Ist-Kosten ist die Abgrenzbarkeit der unveränderten und geänderten Leistungsteile hinsichtlich des Produktionsmitteleinsatzes innerhalb einer stark vernetzten und instationären Baustellenproduktion. Die Angemessenheit der Zuschläge auf die Ist-Kosten für die Allgemeinen Geschäftskosten, Wagnis und Gewinn ist darüber hinaus glaubhaft darzulegen. (Vgl. Kap 4.2 b)

Die Formulierung der Gesetzesbegründung „um die Abrechnung praktikabel zu gestalten [darf gemäß § 650c Abs. 2 BGB] auf die Kostenansätze einer [...] Urkalkulation [zurückgegriffen werden]“ (vgl. Kap. 4.2 f) lässt bereits erkennen, dass eine Neuberechnung der tatsächlich erforderlichen Kosten gemäß § 650c Abs. 1 BGB ohne Rückgriff auf die „Urkalkulation“ als substantiiertes nachvollziehbares, überschaubares, korrektes baubetriebliches monetär bewertetes Produktionsmodell als unpraktikabel zu bewerten ist.

Die Unpraktikabilität der Neuberechnung der Mehr- und Mindervergütung gemäß § 650c Abs. 1 BGB soll die Unternehmen offenbar dazu veranlassen, entsprechend den Zielen der Baurechtsreform

- a) Einvernehmen mit dem Besteller über die Mehr- und Mindervergütung entsprechend § 650 b Abs. 1 BGB zu erzielen, oder
- b) eine substantiierte „Urkalkulation“ für den Besteller zu hinterlegen, die die tatsächliche Baustellenproduktion realitätsnah abbildet und eine sichere monetäre Bewertung baubetrieblicher Folgen aus angeordneten Leistungsänderungen ermöglicht (vgl. Kap. 4.2 f und i).

Die Frage, ob das Fortbestehen des Synallagmas für durch Anordnung geänderte Leistungsinhalte negiert werden kann, ist Gegenstand kontroverser Diskussionen. Aus juristischer Perspektive stellt sich die Frage, ob eine solche Negierung dem Ziel der Wahrung des Rechtsfriedens dient. Eine fundierte Würdigung dieser Frage kann aus baubetrieblicher Perspektive nicht abschließend ganzheitlich beantwortet werden. Aus baubetrieblicher Perspektive lässt sich jedoch festhalten, dass eine Differenzierung des Berechnungsmodells für die unveränderte und die durch Anordnung geänderte Vertragsleistung zu erheblichen Problemen hinsichtlich der Praktikabilität bei der Berechnung der Mehr- oder Mindervergütung führt.

Um die kontinuierliche Verbesserung der Baustellenproduktion zu fördern, sollte Auftragnehmern auch in bilateralen Verträgen die Möglichkeit eingeräumt werden, durch eine Optimierung ihrer Wertschöpfung in ihrer Produktion erzielte Preisvorteile in einem angemessenen Rahmen auch bei durch Anordnung geänderter Leistungsinhalte zu realisieren. Der Bauvertrag darf nicht durch Änderungsanordnungen im Bereich überdeckter Vertragsleistungen und deren Abrechnung nach Ist-Kosten in Kombination mit einer Unterdeckung unveränderter Vertragsleistungen zu einer Art Selbstkostenerstattung führen.

Die Erstellung einer belastbaren Auftragskalkulation und eine transparente und nachvollziehbare Systematik für die Berechnung von Mehr- und Mindervergütungen erlangt in der Baubranche zunehmend an Bedeutung, da eine faire Abrechnung geänderter Bauleistungen für alle Beteiligten von großem Interesse ist. Die Grundlage hierfür kann ein widerspruchsfreies und nachvollziehbares Abrechnungsmodell für den Hauptauftrag, Nachträge und gestörter Bauabläufe auf Grundlage einer substantiierten Auftragskalkulation und einer ordnungsgemäßen Baustellendokumentation sein.

## 5 Berechnungsmodell nach Schottke

### 5.1 Durchgängige Abrechnung von Hauptauftrag, Nachträgen und gestörtem Bauablauf

Als potenzielle Lösungsstrategie für die vielseitigen Herausforderungen, die in der vorliegenden Analyse dargelegt wurden, ist eine Kombination von Elementen und Modellen erforderlich, die in einer kohärenten Weise ineinandergreifen müssen. In diesem Zusammenhang kann der durchgängige Ansatz zur Abrechnung des Hauptauftrags, der Nachträge und des gestörten Bauablaufs von Schottke als vielversprechend erachtet werden.

Der Lösungsansatz basiert auf einem anwendungsbezogenen Modell, dessen Einsatz in der Praxis bereits erfolgreich nachgewiesen wurde. Das Modell umfasst drei Hauptkomponenten:

1. Einheitliche Auftrags- und Nachtragskalkulation (ANKE) [22–25],
2. Nachweissystematik gestörter Bauabläufe (NSTÖ) [7, 23, 26–29] und
3. Fünf Nachweisschritte mit Untervarianten (5NWS) [30–32] als verbindendes Element.

Die Komplexität des Berechnungsmodells bedingt, dass der Lösungsansatz von Schottke in dieser Veröffentlichung lediglich in konzeptioneller Form dargelegt werden kann. Für eine exemplarische Anwendung des Berechnungsmodells sowie dessen ausführliche Erläuterung wird auf die zuvor genannte Literatur von Schottke verwiesen.

#### 5.1.1 Einheitliche Auftrags- und Nachtragskalkulation (ANKE)

Die einheitliche Auftrags- und Nachtragskalkulation (ANKE) gewährleistet eine konsistente und transparente Kalkulation sowohl für den Hauptauftrag als auch für alle Nachträge. Die Anwendung der einheitlichen Angebots- und Nachtragskalkulation (ANKE) ermöglicht eine einheitliche und nachvollziehbare Berechnung aller Kostenpositionen, wodurch eine klare Abgrenzung und Zuordnung der Kosten ermöglicht wird.

#### 5.1.2 Nachweissystematik gestörter Bauabläufe (NSTÖ)

Die Nachweissystematik gestörter Bauabläufe (NSTÖ) bezeichnet eine strukturierte Vorgehensweise zur Dokumentation und Bewertung von Störungen im Bauablauf. Diese umfasst die Identifikation der Störungsursachen, die zeitliche Erfassung der Störungen sowie die Analyse der daraus resultierenden Auswirkungen auf den Bauablauf (Bauzeit und Baukosten).

#### 5.1.3 Fünf Nachweisschritte mit Untervarianten (5NWS)

Die fünf Nachweisschritte (5NWS) mit Untervarianten stellen das verbindende Element für die einheitliche Auftrags- und Nachtragskalkulation (ANKE) sowie die Nachweissystematik gestörter Bauabläufe (NSTÖ) dar.

Die fünf Nachweisschritte nach Schottke umfassen:

1. *Gestörtes Rechtsgut*
  - 1.1. *Gestörter Leistungsteil*: Bestimmung des durch die Störung betroffenen Leistungsteils.

- 1.2. *Äquivalente Vergütung*: Bestimmung der äquivalenten Vergütung für den gestörten Leistungsteil.
2. *Äquivalente Ist-Ressourcen*: Identifikation der Ressourcen, die ohne die Störung notwendig gewesen wären.
3. *Ist-Ressourcen infolge Rechtsgutstörung*: Feststellung der tatsächlich verwendeten Ressourcen infolge der Störung.
4. *Fortgeschriebene Ist-Ressourcen*: Fortschreibung der Ist-Ressourcen unter Berücksichtigung von Ressourcenniveaufaktoren.
5. *Monetäre Bewertung*
  - 5.1. *Mit Kalkulationsansätzen*: Bewertung der Ressourcen auf Basis von Kalkulationsmethoden.
  - 5.2. *Mit Aufwand, Kosten und Zeiten*: Bewertung der Ressourcen auf Basis der tatsächlichen Aufwendungen und Kosten.

Für die monetäre Bewertung (5. Nachweisschritt) existieren drei Hauptvarianten mit in Summe sieben Untervarianten:

1. *Variante A*: Fortschreibung der Wettbewerbspreise ohne Ist-Werte (*FdW*)
  - 1.1. *A1* Grobe Kausalität : Einfache Fortschreibung ohne detaillierte Ist-Werte.
2. *Variante B*: Fortschreibung der Wettbewerbspreise mit Ist-Werten (*FdWI*)
  - 2.1. *B1* Einfache und grobe Kausalität (*FdWI-T*): Kombination von groben und detaillierten Ist-Werten.
  - 2.2. *B2* Originäre Kausalität (*FdWI-V*): Detaillierter Nachweis der Ist-Werte.
  - 2.3. *B3* Wegfall der Wirtschaftsniveaufaktoren (*FdWI-W*): Fortschreibung ohne die Berücksichtigung von Wirtschaftsniveaufaktoren.
3. *Variante C*: Nachtragsberechnung mit Ist-Werten (*NmI*)
  - 3.1. *C1* Kosten gemäß § 650c Abs. (1) BGB (*NmI-K*): Detaillierte Berechnung der tatsächlich erforderlichen Kosten.
  - 3.2. *C2* Schadensersatz (*NmI-A*): Berechnung des Schadenersatzes auf Basis von Ist-Werten.
  - 3.3. *C3* Zeiten (*NmI-Z*): Berechnung der Bauzeitverlängerung basierend auf Ist-Werten.

Grundsätzlich existiert nur eine Nachweissystematik mit fünf Schritten. Vereinfachungen erfolgen durch Weglassen von Zwischenschritten (A), durch strengere Kausalitätskriterien (B) oder durch ausschließliche Verwendung von Ist-Werten (C). [32, S. 72]

Die Integration der Kalkulation, Dokumentation und Nachweiserbringung zu einem kohärenten System gewährleistet eine transparente und nachvollziehbare Abrechnung von Hauptaufträgen, Nachträgen und gestörten Bauabläufen.

## 6 Schlussbetrachtung

Die gesetzlichen Regelungen zur Nachtragskalkulation gemäß § 650c BGB stellen Herausforderungen für die baubetriebliche Praxis dar. Insbesondere die Anforderungen an die Nachvollziehbarkeit und Praktikabilität der Kostenermittlung sind hoch. Ein möglicher Lösungsansatz kann in dem Berechnungsmodell von Schottke gesehen werden, welches eine einheitliche und transparente Kalkulation für Hauptvertrag und Nachträge unter Berücksichtigung von Auswirkungen aus gestörten

Bauabläufen ermöglicht. Die erfolgreiche Evaluation der Gesetzesreform ist maßgeblich von der Entwicklung praktikabler, konsistenter und nachvollziehbarer Berechnungsmodelle abhängig, welche den Anforderungen der modernen Baupraxis gerecht werden und die tatsächliche Bauproduktion als baubetrieblich substanziiertes Produktionsmodell abbilden können.

## 7 Literaturverzeichnis

- [1] M. Schmidt und P. Nyhuis, *Produktionsplanung und -steuerung im Hannoveraner Lieferkettenmodell*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2021.
- [2] P. Oertli-Cajacob, *Praktische Wirtschaftskypbernetik: Ein praxisorientierter Leitfaden für die Gestaltung und Optimierung der Planung und Organisation in Industrie, Handel und Verwaltung ; neue Methoden und deren Anwendung*. Teilw. zugl.: Zürich, Eidgenössische Techn. Hochsch., Diss., 1975, 1. Aufl. München: Hanser, 1977.
- [3] A. Malkwitz, M. Kattenbusch, S. Mock und M. Grüber, *Kostenermittlung und -kalkulation im Bauprojekt: Grundlagen und Anwendung*. Wiesbaden: Springer Vieweg, 2022. [Online]. Verfügbar unter: <http://www.springer.com/>
- [4] E. Leimböck, U. R. Klaus und O. Hölkermann, *Baukalkulation und Projektcontrolling: Unter Berücksichtigung der KLR Bau und der VOB*, 13. Aufl. Wiesbaden: Springer Vieweg, 2015.
- [5] G. Girmscheid und C. Motzko, *Kalkulation, Preisbildung und Controlling in der Bauwirtschaft*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2013.
- [6] Deutscher Bundestag, Hg., *Gesetzentwurf der Bundesregierung: Entwurf eines Gesetzes zur Reform des Bauvertragsrechts und zur Änderung der kaufrechtlichen Mängelhaftung*. Drucksache 18/8486. Köln: Bundesanzeiger Verlag GmbH, 2016.
- [7] R. Schottke, *Störungen des Bauablaufs – baubetriebliche Nachweissystematik für alle Ansprüche*. Lüneburg, 2014.
- [8] dejure.org, § 650b BGB - Änderung des Vertrags; Anordnungsrecht des Bestellers - dejure.org. [Online]. Verfügbar unter: <https://dejure.org/gesetze/BGB/650b.html> (Zugriff am: 28. Mai 2024).
- [9] Beuth Verlag; Deutsches Institut für Normung; Deutscher Vergabe- und Vertragsausschuss für Bauleistungen, *Paket VOB Gesamtausgabe 2019 + VOB Ergänzungsband 2023: VOB Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen*. Berlin, Wien, Zürich: Beuth Verlag GmbH, 2023. [Online]. Verfügbar unter: <https://ebookcentral.proquest.com/lib/kxp/detail.action?docID=7294080>
- [10] P. Stütze, *Deutscher Bundestag - Fraktionen weitgehend einig bei Baurechtsreform*. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.bundestag.de/webarchiv/textarchiv/2016/kw23-de-bauvertragsrecht-426366> (Zugriff am: 18. April 2024).
- [11] OLG Koblenz, Urteil vom 21.04.2022 – 1 U 2211/21.

- [12] OLG Koblenz, Urteil vom 20.06.2022 – 1 U 2211/21, *IBRRS 2023*, 1200.
- [13] LG Koblenz, Urteil vom 08.11.2021 – 4 O 168/19.
- [14] BGH, Urteil vom 08.08.2019 – VII ZR 34/18, *NZBau 2019*, 706.
- [15] KG, Urteil vom 27.08.2019 – 21 U 160/18, *NZBau 2019*, 771.
- [16] OLG Düsseldorf, Urteil vom 19.12.2019 – 5 U 52/19, *NZBau 2020*, 509.
- [17] OLG Brandenburg, Urteil vom 22.04.2020 – 11 U 153/18, *IBR 2020*, 1424.
- [18] KG Berlin, Urteil vom 02.03.2021 – 21 U 1098/20, *IBRRS 2021*, 0743.
- [19] BGH, Urteil vom 08.08.2019 – VII ZR 34/18.
- [20] KG Berlin, Urteil vom 27.08.2019 – 21 U 160/18.
- [21] J. P. Womack und D. T. Jones, *Lean thinking: Ballast abwerfen, Unternehmensgewinne steigern*. Frankfurt am Main: Campus-Verl., 2004.
- [22] R. Schottke, *Vergütungsanspruch und Nachtragskalkulation gemäß §§ 1 und 2 VOB/B*, 1. Aufl. Neustadt a. Rbge.: Semina Verl., 2009.
- [23] R. Schottke, "Prüfbarkeit des Angebotes bei einem gegenständlichen Nachtrag und einem Nachtrag infolge Störungen des Bauablaufes" in *Schuldrechtsmodernisierung, Baustellen- und Nachtragscontrolling, Einstellung der Arbeiten: 4. Interdisziplinäre Norddeutsche Tagung für Baubetriebswirtschaft und Baurecht am 31. Mai/01. Juni 2002 in Nienburg/Weser ; Tagungsbericht Nr. 4*, R. Schottke, Hg., 1 Aufl., Neustadt a. Rbge: Semina-Verl., 2003, S. 112–139.
- [24] R. Schottke, "Kosteneigenschaften als Grundlage für den einheitlichen Nachweis der Anspruchshöhe bei Nachträgen" in *Neue Rechtsentwicklungen, Nachtragsberechnungen, Kooperationspflichten, Kündigung: 5. Interdisziplinäre Norddeutsche Tagung für Baubetriebswirtschaft und Baurecht am 16. und 17. Mai 2003 in Nienburg/Weser ; Tagungsbericht Nr. 5*, R. Schottke, Hg., 1 Aufl., Neustadt a. Rbge: Semina-Verl., 2004, S. 4–34.
- [25] R. Schottke, "Leitfaden zur "Einheitlichen Auftrags- und Nachtragskalkulation" bei der Deutschen Bahn AG" in *Störungen infolge "learning by doing", alternative Streitbeilegung, Einführung einer einheitlichen Nachtragsberechnung bei der DB AG: 6. Interdisziplinäre Norddeutsche Tagung für Baubetriebswirtschaft und Baurecht am 4./5. Juni 2004 in Bad Nenndorf ; Tagungsbericht Nr. 6*, R. Schottke, Hg., 1 Aufl., Neustadt a. Rbge: Semina-Verl., 2006, S. 140–187.
- [26] R. Schottke, "Ordnungsgemäßer baubetriebswirtschaftlicher Nachweis von veränderten Bauumständen" in *Störungen des Bauablaufes, aktuelle Probleme bei der Wertung von Angeboten: 7. Interdisziplinäre Norddeutsche Tagung für Baubetriebswirtschaft und Baurecht am 3./4. Juni 2005 in Hannover ; Tagungsbericht Nr. 7*, 1 Aufl., Neustadt a. Rbge: Semina-Verl., 2007, S. 13–55.
- [27] R. Schottke, "Varianten der Schätzung gemäß § 287 ZPO bei der haftungsausfüllenden Kausalität" in *Störungen im Bauablauf, Rechtsprechungsübersicht, Nachträge und*

*Nachtragskalkulation: 8. Interdisziplinäre Norddeutsche Tagung für Baubetriebswirtschaft und Baurecht am 5./6. Mai 2006 in Hannover ; Tagungsbericht Nr. 8, 1 Aufl., Neustadt a. Rbge: Semina-Verl., 2007, S. 4–28.*

- [28] R. Schottke, "Leistungsänderung und ihre Auswirkung auf die Vergütung des AN Baubetrieblicher Nachweis der Vergütung im Vergleich zum Schaden" in *Störung des Bauablaufes, Versicherungen im Bauwesen: 3. Interdisziplinäre Norddeutsche Tagung für Baubetriebswirtschaft und Baurecht am 18./19. Mai 2001 in Nienburg/Weser ; Tagungsbericht Nr. 3*, R. Schottke, Hg., 1 Aufl., Neustadt a. Rbge: Semina-Verl., 2003, S. 42–71.
- [29] R. Schottke, "Anwendung des vereinfachten Nachweisverfahrens für Störungen des Bauablaufs in der Praxis - Verhandelte Praxisbeispiele und Ausblick" in *Nationales und internationales Nachtragsmanagement, Kooperation und Schiedsgutachtervereinbarungen, Neue Entwicklungen im Baurecht: 10. Interdisziplinäre Norddeutsche Tagung für Baubetriebswirtschaft und Baurecht am 23./24. Mai 2008 in Hannover ; Tagungsbericht Nr. 10*, R. Schottke, Hg., Neustadt a. Rbge: SEMINA Verlag, 2010, S. 4–27.
- [30] R. Schottke, "Normative Nachweisschritte zur Ermittlung der Anspruchshöhe: Eine wirtschafts-, rechts- und baubetriebswissenschaftliche Theorie als Grundlage für eine Diskussion über die praktische Handhabbarkeit des § 650c BGB", *Bauwirtschaft*, Jg. 5, Nr. 3, S. 126–137, 2020, Art. no. 1.
- [31] R. Schottke, "Normative Nachweisschritte zur Ermittlung der Anspruchshöhe: Eine wirtschafts-, rechts- und baubetriebswissenschaftliche Theorie als Grundlage für eine Diskussion über die praktische Handhabbarkeit des § 650c BGB", *Bauwirtschaft*, Jg. 6, Nr. 1, S. 17–30, 2021, Art. no. 2.
- [32] R. Schottke, "Praktikable Vereinfachungen der wirtschafts-, rechts-, und baubetriebswissenschaftlichen Theorie zu den fünf Nachweisschritten und Konsequenzen bzgl. § 650c BGB", *Bauwirtschaft*, Jg. 6, Nr. 2, S. 69–82, 2021, Art. no. 3.

# Ökologische und soziale Anforderungen an die Bedarfsplanung von Hochbauprojekten

Kurt Philipp Rockenbauer<sup>1</sup> und Michael Dollmann<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Institut für Baubetrieb und Bauwirtschaft TU Graz, [k.p.rockenbauer@tugraz.at](mailto:k.p.rockenbauer@tugraz.at)

<sup>2</sup> Institut für Baubetrieb und Bauwirtschaft TU Graz, [michael.dollmann@tugraz.at](mailto:michael.dollmann@tugraz.at)

## Kurzfassung

Mit der bestehenden, gar zunehmenden Komplexität bei der Abwicklung von Bauvorhaben (u.a. Großprojekte, Nachhaltigkeit, Digitalisierung) gerät eine frühzeitige Planung des Bedarfs vermehrt in den Fokus. Eine vorhandene Bedarfsplanung kann dabei als Werkzeug gegen unrealistische Projektziele, fehlende nachhaltige Aspekte und Störungen eingesetzt werden. Dieser Beitrag behandelt am Beispiel ökologischer und sozialer Anforderungen den Nutzen der Bedarfsplanung. Dazu erfolgt eine Studie, in welcher relevante Stakeholder eines Hochbauprojekts (konkret: Bauherren, Planer, wissenschaftliche Experten) u.a. zu sozio-ökologischen Kriterien in der Projektplanung befragt werden. Diese ergab, dass in der Bedarfsplanung Anforderungen hinsichtlich der Gebäudezertifizierung, Ästhetik, Flexibilität, sozialer Trends, Langlebigkeit, Funktionalität, Wohlbefinden der Nutzer und einer wissenschaftlichen Begleitung festgelegt werden sollen. Zusätzlich erfolgt eine literarische Auseinandersetzung mit dem Ziel, exemplarisch die Vorgehensweise bei der Ermittlung wesentlicher Themenfelder der Nachhaltigkeit sowie geeigneter Treibhausgas-Ziele (THG-Ziele) darzustellen. Diese aus der Literatur gewonnenen Anforderungen und Ziele werden folglich den Ergebnissen der Studie gegenübergestellt. Daraus lässt sich weiterführend ein Vergleich zwischen den Ergebnissen der Befragung und der theoretischen Recherche ziehen. Dabei zeigen sich abweichende Arten von Kriterien. Während die interviewten Personen eher qualitative Kriterien identifizieren, liefert die Literaturrecherche detailliertere und teils quantitative Vorgaben zu – im gewählten Beispiel – THG-Kriterien. Abschließend kann aufbauend auf die erarbeiteten Erkenntnisse ein Fazit zum Umgang mit ökologischen und sozialen Anforderungen im Zuge eines Hochbauprojekts erarbeitet werden.

*Schlagwörter: Bedarfsplanung, soziale und ökologische Nachhaltigkeit, Stakeholder-Anforderungen, Ziele von Bauprojekten, Wesentlichkeit, THG-Ziele*

# 1 Einleitung

Ein Fehlen der Bedarfsplanung und die ausschließliche Verwendung des Phasenmodells der Honorarordnung für Architekten und Ingenieure (HOAI) wird als eines der wesentlichen Probleme für Störungen in den Planungsphasen und unrealistische Projektziele identifiziert. [1, S. 155] Die Bedarfsplanung wird dabei als Phase bezeichnet, die vor der Grundlagenermittlung und somit der ersten Leistungsphase der Phasenmodells der HOAI angesiedelt ist. [2, S. 2] Nach einer Studie von Ernst & Young sehen 38% der deutschen Bauherren den größten Verbesserungsbedarf in dieser Projektphase und 94% gehen hier nicht nach einem veröffentlichten Modell vor, sondern nach Best Practice Beispielen, eigenen Vorgaben oder gänzlich ohne Strukturierung. [3, S. 16-18] Auch die in Abb. 1-1 veranschaulichte Darstellung der ‚MacLeamy-Kurve‘ zeigt, dass die Beeinflussbarkeit der Kosten und Eigenschaften von Bauwerken in dieser Phase relativ gesehen am leichtesten und unkompliziertesten ist.

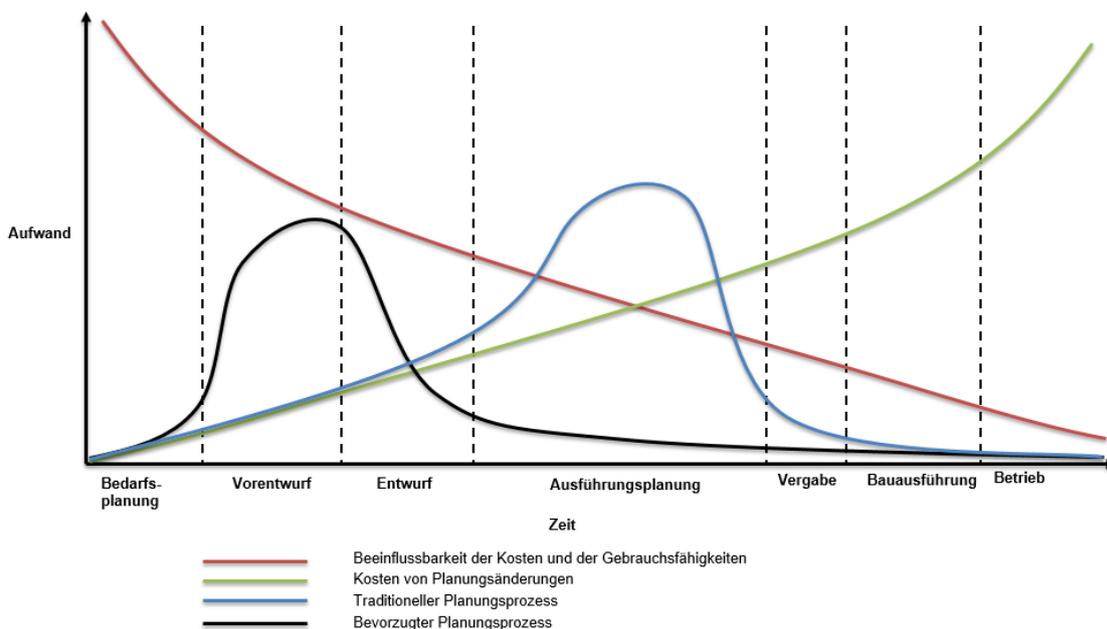


Abb. 1-1 MacLeamy-Kurve [4]

Der Bauherr muss die Führung und Organisation für die Initiierung, Definition, Planung, Steuerung sowie für den Abschluss von Projekten übernehmen. Das bedeutet, dass vor dem Projekt der Zweck, die Ziele sowie der Kosten- und der Terminrahmen festgelegt werden müssen. Kostenplanung, Terminplanung, Koordination und Planung der Qualität können dabei von anderen Stakeholdern wie Architekten, Ingenieuren, Projektsteuern oder Projektentwicklern durchgeführt werden. Besondere Bedeutung kommt der Tatsache zu, dass die präzise Definition der Nutzeranforderungen sowie die Entscheidungsfindung im Projekt unverzichtbare und nicht delegierbare Verantwortlichkeiten des Bauherrn darstellen. Diese sind in Übereinstimmung mit organisatorischen, ökonomischen, ökologischen, sozialen, rechtlichen, psychologischen und natürlichen Rahmenbedingungen zu bringen. [5, S. 106] Oftmals ist der Bauherr nicht in der Lage diese Anforderungen zu definieren. Dieses Problem ist auch damit zu begründen, dass Projektziele und Erwartungen hinsichtlich qualitativer Anforderungen zu unklar in frühen Phasen von Bauherren definiert werden und es dadurch

zu Änderungen während des Projektes kommen kann, da die Zielvorstellungen erst in der Planungs- und Ausführungsphase übereingestimmt werden. Daher ist es von zentraler Bedeutung vor oder zu Beginn eines Bauprojektes den Leistungsbedarf, die Anforderungen der Kunden und die eigenen Ziele des Bauherrn festzustellen. Eine umfangreiche Bedarfsplanung ist daher von erheblicher Bedeutung für den Projekterfolg [6, S. 15-16] In dieser Phase können somit auch neben den ökonomischen Messgrößen frühzeitig ökologische (z.B. THG-Fußabdruck) und soziale (z.B. Arbeitsbedingungen) Kriterien eingeplant und gesteuert werden.

## 1.1 Definition Bedarfsplanung

Die Bedarfsplanung basiert auf der Annahme, dass branchenunabhängig jedes Projekt mit einem Bedarf des Bedarfsträgers startet. Die Bedarfsplanung ist dabei in der DIN 18205 als „*gesamter Prozess der methodischen Ermittlung eines Bedarfs, einschließlich der hierfür notwendigen Erfassung der maßgeblichen Informationen und Daten, und deren zielgerichtete Aufbereitung als quantitativer und qualitativer Bedarf*“ [7, S. 5] und der Bedarfsträger als „*Person, Gruppe oder Organisation die den Bedarf hat bzw. ihn feststellt und die Bedarfsplanung auslöst*“ [7, S. 5], definiert. Diese Phase findet vor der tatsächlichen Planung, in welcher der Bauherr ihre mögliche Investition prüft, statt. [8, S. 10] Trotz des normierten Begriffes werden für diese Phase auch weitere Begriffe wie Leistungsphase Null, Projektvorbereitung, Projektinitiierung etc. verwendet.

## 1.2 Definition Stakeholder

Im Zuge der Nachhaltigkeitstransformation des Europäischen Wirtschaftsraums (EWR), maßgeblich vorangetrieben durch den European Green Deal, nimmt das Stakeholdermanagement eine Schlüsselrolle bei der Bewältigung zukünftiger Aufgaben der Bedarfsplanung und der Nachhaltigkeit ein. Das begründet sich darauf, dass diese in der Festlegung der wesentlichen Themenfelder (beispielsweise in einer Wesentlichkeitsmatrix, wie in Abb. 4-2 zu sehen) einer Organisation eine maßgebende Rolle einnehmen. [9, S. 7-12] Dabei bedarf es einer Erweiterung des klassischen Shareholder-Ansatzes, welcher sich hauptsächlich an wirtschaftlichen Interessen und Zielen orientiert. Gemäß Freeman lassen sich Stakeholder als jene Gruppen und Einzelpersonen, welche die Zielerreichung einer dauerhaften oder temporären Organisation beeinflussen können, klassifizieren. [10, S. 46] Abb. 1-2 zeigt dabei die allgemeinen acht Stakeholder-Gruppen aus Sicht einer Bauorganisation, beispielsweise eines ausführenden Bauunternehmens.

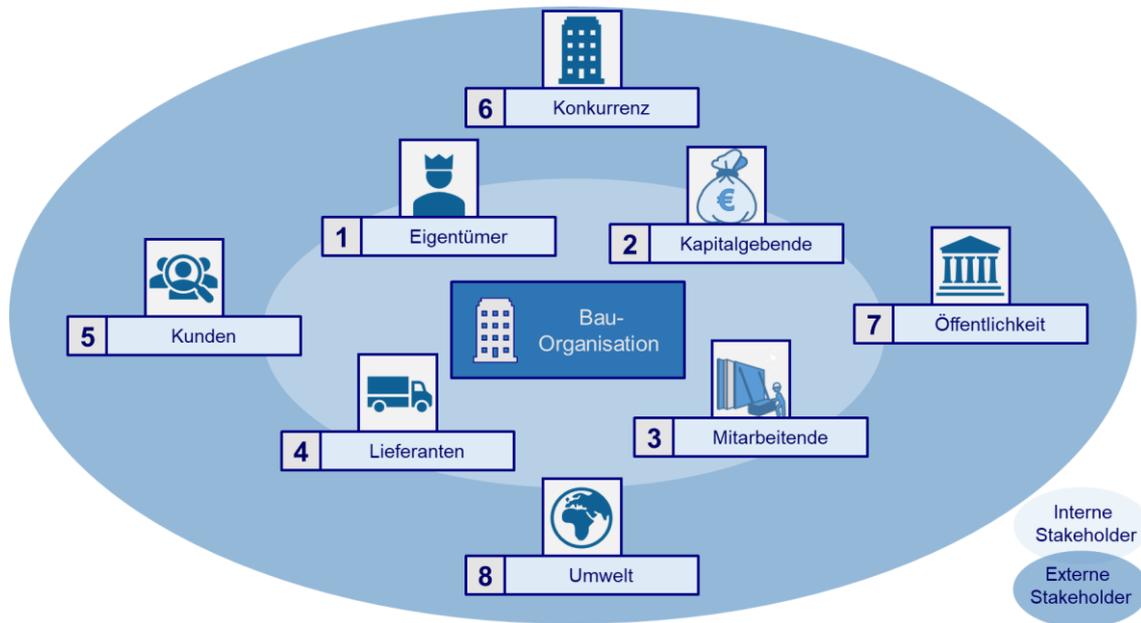


Abb. 1-2 Die acht allgemeinen Stakeholder-Gruppen (Eigene Darstellung)

Eigentümer, Kapitalgebende, Mitarbeitende und Lieferanten bilden die vier Gruppen der internen Stakeholder, während die Kunden, konkurrierende Organisation, die Öffentlichkeit sowie die (natürliche) Umwelt als externe Stakeholder-Gruppen angesehen werden. Die Umwelt wird dabei als eigenständiger Stakeholder mitaufgenommen, um deren Interessen (z.B. den Erhalt der Ökosysteme, Rechte von Anrainer, etc.) gesondert abbilden zu können.

Jede der acht Gruppen verfolgt dabei eigene, zum Teil konträre, Interessen und Ziele, wodurch zwangsweise regelmäßige Konflikte im unternehmerischen Denken, Entscheiden und Handeln auftreten. Hierbei steht die Organisation vor der Herausforderung diese Interessens- und Zielkonflikte zu identifizieren und dabei eine einheitliche Ausrichtung zu entwickeln.

Die Bauherren und Nutzer, werden dabei der Stakeholder-Gruppe Kunden zugewiesen, da diese für die Gewährleistung des Betriebs Sorge tragen müssen [11, S. 30] bzw. das Gebäude betreiben [11, S. 47]. Diese beiden Gruppen werden aufgrund dessen auch als entscheidend für diesen Fachbeitrag erachtet.

### 1.3 Zielsetzung der empirischen Studie

Während terminliche und monetäre Zielsetzungen oftmals vorhanden sind, werden in anderen Zielbereichen, wie etwa im ökologischen und sozialen Bereich von Projekten, selten ausreichende Definitionen in frühen Phasen gefunden. Ein weiterer Aspekt ist, dass aufgrund der fehlenden Standardisierung und häufig zu geringen Budgets in dieser Phase unstrukturiert vorgegangen wird. [2, S. 7-8] Daher sollen anhand einer qualitativen Studie folgende Ziele herausgearbeitet werden:

- Welche ökologischen und sozialen Anforderungen werden für den Projekterfolg als essenziell angesehen?

Dies geschieht insbesondere unter Betrachtung der hierfür notwendigen Stakeholder. Damit soll eine Schnittstelle zwischen dem praktischen Umgang mit nachhaltigkeitsbezogenen Herausforderungen

und der der einschlägigen Literatur geschaffen werden, um daraus die wesentlichen Themen ökologischer und sozialer Nachhaltigkeit abzuleiten und somit die Planung, Kontrolle und Steuerung passender Ziele zu ermöglichen.

## 2 Vorgehensweise und Methodik

Es wird eine empirische, qualitative Studie zum Erkenntnisgewinn im Bereich des definierten Ziels durchgeführt. Die Daten werden in halbstrukturierten Experteninterviews erhoben, die anhand eines Leitfadens geführt wurden. Der Interviewleitfaden umfasst einen Katalog offener Fragen, zu denen die Befragungsteilnehmenden in ihren eigenen Worten Stellung nehmen sollen. [12, S. 358] Diese Experteninterviews werden im Rahmen eines laufenden Dissertationsvorhabens von Autor Rockenbauer durchgeführt, in der ganzheitliche Anforderungen an die Bedarfsplanung erfasst werden. Daraus lässt sich weiterführend die für diesen Beitrag relevanten Textbausteine filtern und analysieren. Die Zielsetzung unterscheidet sich dahingehend von jener des Dissertationsvorhabens, da eine Explikation des Datenmaterials durchgeführt wird und somit nur ausgewählte Aspekte herangezogen werden, die von Bedeutung für die zuvor definierte Zielsetzung sind. Die Interviews werden transkribiert und nach dem Prinzip einer Explikation nach Mayrings [13, S. 66-67] qualitativer Inhaltsanalyse durchgeführt. Die daraus erhobenen Daten werden zur Theorie- und Hypothesenbildung herangezogen. Die Forschungsrichtung und die Auswertung unterscheiden sich somit grundlegend vom erwähnten Dissertationsvorhaben.

Gleichzeitig erfolgt eine Literaturrecherche zur ökologischen und sozialen Nachhaltigkeit, welche den Prozess von der Auswahl der wesentlichen Themenfelder und der Erarbeitung beispielhafter Zielsetzungen beschreibt. Das dient sowohl der Verknüpfung der Studie mit der Literatur als auch der Ergebnisdiskussion, wo die Interessen und Ziele der gesetz- und regelvorgebenden Stakeholder (z.B. Staatliche Behörden) mit jenen der Bauherren verglichen werden.

### 2.1 Aufbau des Leitfadens

Der Leitfaden stützt sich auf eine Literaturrecherche des erwähnten Dissertationsvorhabens und unterteilt sich in die Kategorien des Status Quo der Bedarfsplanung, den gewünschten Anforderungen, dem Prozess der strategischen Willensbildung und der Einbindung von Stakeholder unter besonderer Berücksichtigung von Bauherren und Nutzern. Hierbei werden in sechs verschiedenen Themenbereichen 35 offene Fragen definiert, die die oben definierten Themenfelder abdecken. Eine Änderung der Reihenfolge, Zusammenlegung und Andersformulierung der Fragen ist dabei durch die interviewende Person gegeben, um eine möglichst große Offenheit des Interviews zu ermöglichen. Bereits beantwortete Fragen dürfen in den Interviews ausgelassen werden. Folgende Kernfragen werden zur Erfüllung der Zielsetzung dieser Publikation als relevant betrachtet, da sich insbesondere mit diesen Antworten in Richtung des Ziels dieses Beitrags begeben wird:

- Beschreiben Sie verbesserungswürdige Aspekte der aktuellen Bedarfsplanung?
- Welche Anforderungen für das Projekt sollten in der Bedarfsplanung unbedingt definiert werden?
- Inwiefern sollten soziokulturelle Anforderungen an das Gebäude in der Bedarfsplanung Beachtung finden?
- Welche Beteiligten sind vor der Planung in ein Projekt einzubinden?

- Welcher dieser Beteiligten beeinflussen das Projekt entscheidend?

Eigene Ergänzungen und Anmerkungen – zusätzlich zu den gestellten, offenen Fragen – sind durch die Befragten möglich und werden ebenfalls in der Analyse berücksichtigt.

## 2.2 Fallauswahl, Feldzugang, Datenerhebung und -aufbereitung

Die durchgeführte Studie will Fachwissen von Experten erheben, welches sich einerseits auf deren Ausbildung und Position und andererseits deren Status in der Gesellschaft als angesehene Experten in diesem Feld stützt. [14, S. 13-14] Um einen möglichst breites Bild der Anforderungen zu erhalten, werden Experten aus folgenden drei Gruppen aus dem ganzen deutschsprachigen Raum befragt:

- Auftraggebern, sowie deren Vertretern;
- Planer, deren Arbeit in starker, direkter und unmittelbarer Abhängigkeit zu Entscheidungen der frühen Projektphasen stehen sowie
- Wissenschaftliche Experten dieses Themenfelds.

Manche Experten sind dabei auch mehr als einer dieser Gruppen zuzuordnen. Da keine einheitliche Datenbank für diese Experten vorhanden ist, wird ausgehend von persönlichen Netzwerken per Schneeballverfahren weitere geeignete Teilnehmer in Erfahrung gebracht. Alle Befragten werden telefonisch, persönlich oder per Email kontaktiert. Die Studie wird bis eine theoretische Sättigung eintritt, durchgeführt. Theoretische Sättigung besteht dann, wenn die Durchführung von weiteren Interviews keine neuen Informationen verspricht. [12, S. 302]

Vor der Studie wurde eine Pilotbefragung mit einer Person abgehalten, die sowohl den Auftraggeber wie auch den Planer-Expertenstatus erfüllt. Diese ergab, dass der Leitfaden des durchgeführten Interviews als vollständig zu betrachten ist. Die Transkription wird anhand eines einfachen Transkriptionssystems nach Kuckartz et. al. [15, S. 27-28] vollzogen.

## 2.3 Datenanalyse

In dem betrachteten Forschungsfeld ist zwar Literatur vorhanden, jedoch wurde diese von Einzelpersonen, mehreren Personen oder Gruppen beschrieben ohne das eine empirische Erhebung erfolgte. Somit ist nicht geklärt, ob die bestehenden Konzepte das Forschungsfeld ganzheitlich darstellen. Daher ist eine Forschungsmethodik notwendig, die möglichst große Offenheit fördert. Aus diesem Grund wird eine qualitative Inhaltsanalyse in Form einer Explikation nach Mayring gewählt. Bei einer qualitative Inhaltsanalyse sind nach Döring und Bortz „aus qualitativem Text- oder Bildmaterial systematisch v. a. die manifesten Inhalte durch Kategorienbildung herauszuarbeiten“. [12, S. 602] Das allgemeine Vorgehen für diesen Fall wird in Abb. 2-1 dargestellt.



Abb. 2-1 Allgemeines inhaltsanalytisches Ablaufmodell nach Mayring [13, S. 61]

Im Sinne der Explikation wird das Textmaterial nach relevanten Stellen durchsucht und diese ausgewertet. Aus diesen Auswertungseinheiten werden konkrete Anforderungen abgeleitet und versucht diese aus dem Textmaterial heraus zu erklären. Die Anforderungen werden anhand dieser Analyse danach paraphrasiert und die daraus folgenden Ergebnisse präsentiert und diskutiert.

## 2.4 Exemplarischer Prozess zur Identifikation wesentlicher ökologischer und sozialer Themenfelder

Um aus der Fülle an ökologischen und sozialen Themen die wesentlichen Aspekte zu identifizieren, bedarf es einer strukturierten Vorgehensweise, welche die Interessen und Ziele der in Abb. 1-2 eingeführten Stakeholder-Gruppen in das Projekt integriert. Ein möglicher Prozess ist dabei in Abb. 2-2 dargestellt. Dieser entspringt der Analyse diverser Geschäfts- und Nachhaltigkeitsberichte (Berichtszeitraum 2022), in welchen potenzielle Vorgehensweisen mehrerer

Bauunternehmen (u.a. STRABAG SE, PORR AG, HOCHTIEF, Implenia) betrachtet werden. [16, S. 73-75] [17, S. 70] [18, S. 21-25] [19, S. 3]



Abb. 2-2 Auswahl der wesentlichen Nachhaltigkeitsthemen (in Anlehnung an [17, S. 21])

Ausgehend von einer Identifikation der potenziellen Themenfelder erfolgt weiterführend eine Analyse und Bewertung mittels Recherchen sowie gezielten Stakeholder-Gesprächen. Daraus kann in Schritt 3, basierend auf den verschiedenen Interessen und Zielen, eine Wesentlichkeitsmatrix erstellt werden. Diese spiegelt die Relevanz der jeweiligen ökologischen und sozialen Themen im Kontext der Organisation oder des Projektes wider. [17, S. 70-71]

### 3 Ergebnisse der empirischen Studie

Als erstes wesentliches Ergebnis wird ein allgemeiner Ablauf der Bedarfsplanung definiert, der sich in fünf Phasen teilt und in Abb. 3-1 veranschaulicht ist.

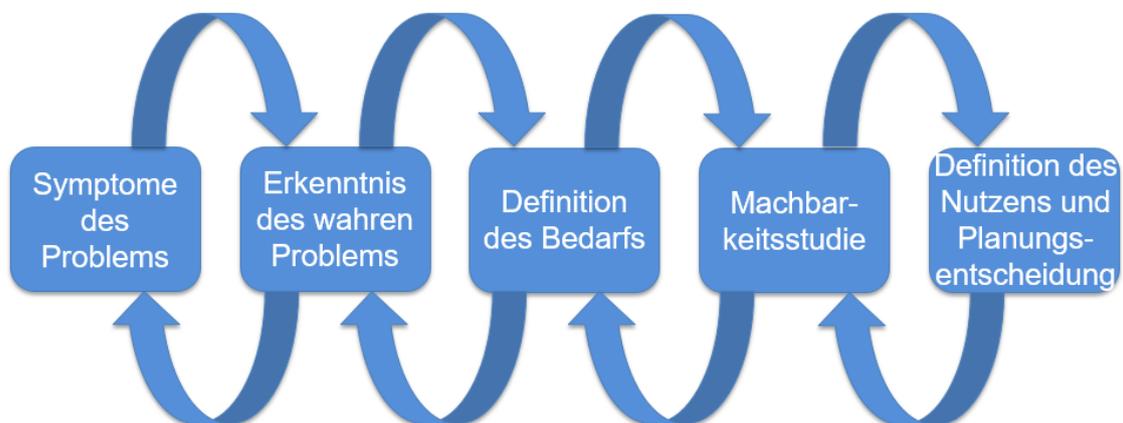


Abb. 3-1 Prozess der Bedarfsplanung (Eigene Darstellung)

Die durchgeführte Studie ergibt einen Ablauf einzelner Meilensteine und Phasen des Prozesses der Bedarfsplanung. Dieser Ablauf ist vor allem für nicht professionell agierende Bauherren und deren Stakeholder von Relevanz, da davon auszugehen ist, dass diese nicht auf Basis einer standardisierten Vorgangsweise handeln. Wenn sie in den Denkprozess geraten ein Projekt beginnen zu wollen, sind sich oftmals diese Projektbeteiligten nur der Symptome eines Problems bewusst. Erst im darauffolgenden Schritt soll durch die Einbindung von Stakeholdern und Experten das

zugrundeliegende Problem, beispielsweise anhand der Schilderung des Bauherren, erkannt werden. Die Problemdefinition sollte unabhängig von der künftigen Lösung gedacht werden. Ab diesem zweiten Schritt wird mit dem Aufbau einer Projektstruktur begonnen werden, in dem eine oder mehrere Teams zur Definition der Bedarfe und zudem ein entscheidungsverantwortliches Team definiert werden. Zu beachten ist, dass in den ersten Phasen grundsätzliche Probleme bzgl. eines Gebäudes definiert werden und nicht nur jene, welche die soziale und ökologische Nachhaltigkeit umfassen. Ist diese erste Projektstruktur geschaffen, gilt es die Bedarfe dieser Thematiken aus den Rahmenbedingungen und den Stakeholdergruppen zu erheben. Die Studie ergab folgende fünf Anforderungen an die ökologische und soziale Nachhaltigkeit:

- Entscheidung über das Anstreben und Niveau einer Gebäudezertifizierung;
- Möglichst hohe Ästhetik hinsichtlich der Objektes und der städtebaulichen Einfügung;
- Achtung der Funktionalität und Wohlbefinden der Nutzer;
- Hohe Nutzungsflexibilität und Langlebigkeit der verbauten Materialien und
- Beachtung sozialer Trends, um künftige Nutzungen abschätzen und daraus Anforderungen ableiten zu können.

Die Beachtung dieser Grundsätze soll zu einer möglichst langen Lebensdauer und zur Vermeidung bzw. Minderung von negativen Umweltaspekten und -auswirkungen des Gebäudes führen. Diese Anforderungen sind in einer Machbarkeitsstudie mit den übrigen Anforderungen übereinzustimmen, um die Realisierbarkeit des Gebäudes zu prüfen. Nach der erfolgten Machbarkeitsstudie muss, evtl. nach einer iterativen Anpassung der Anforderungen des Gebäudes, entschieden werden, ob und in welcher Form mit der Planung des Projektes begonnen werden soll. Dieser letzte Schritt definiert den tatsächlichen Nutzen sowie die Anforderungen und Ziele, welche das Gebäude erfüllen soll. Dies geschieht jedoch noch immer unabhängig von einer konkreten Lösung. Diese soll erst in der Planungsphase erarbeitet werden.

## **4 Entwicklung ökologischer und sozialer Zielsetzungen**

Basierend auf der vorgestellten Methodik wird im vierten Kapitel der exemplarische Prozess zur Identifikation der wesentlichen ökologischen und sozialen Themenfelder im Detail betrachtet. Daraus ergeben sich schlussendlich geeignete beispielhafte Ziele für den projektbezogenen Umgang mit Treibhausgas-Emissionen. Die Auswahl des THG-Themas erfolgt dabei auf Basis der Vorgaben der europäischen Nachhaltigkeitsberichterstattung (Corporate Sustainability Reporting Directive, kurz CSRD) und dessen Berichtsstandards, welche das Thema Klimawandel und der Anpassung an diesen als eine der zentralen Nachhaltigkeitsherausforderungen benennt. [9, S. 37] Dieser Prozess lässt sich dabei auf alle anderen Themenfelder analog umsetzen. [16, S. 9]

### **4.1 Identifikation der potenziellen ökologischen und sozialen Themenfelder**

Zunächst stellt sich die zentrale Frage, was die Nachhaltigkeit und im konkreten Fall die Ökologie und das Soziale umfasst. Als Inputparameter für potenzielle wesentliche Themenfelder können dabei die Regelwerke des European Green Deals (im konkreten die Nachhaltigkeitsberichterstattung nach CSRD und ESRS sowie die EU-Taxonomie) herangezogen werden, da sie gegenwärtig maßgeblich die Nachhaltigkeitsbestrebungen eines europäischen Unternehmens der Baubranche bzw. diese

zukünftig beeinflussen werden. Aus diesen Dokumenten lassen sich grundlegend 15 nachhaltigkeitsbezogene Themenfelder (Abb. 4-1) ableiten, davon fünf ökologische sowie drei soziale.

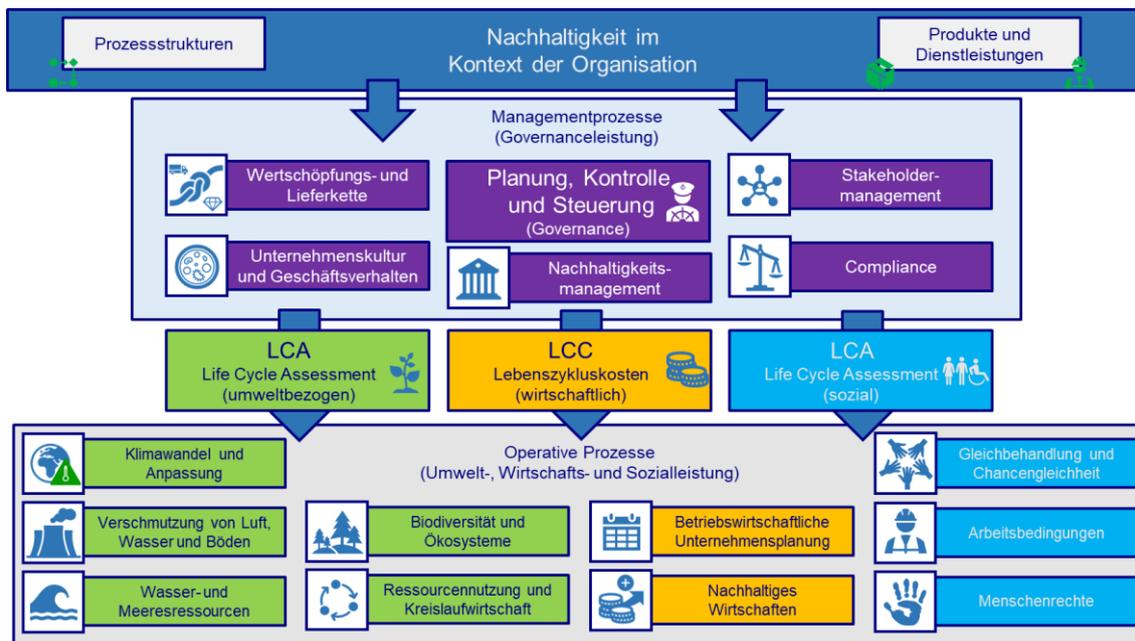


Abb. 4-1 Nachhaltigkeitsbezogene Themenfelder (Eigene Darstellung)

Nachhaltigkeitsbezogene Themenfelder können sich dabei nach dem Konzept der Wertschöpfungskette nach Porter im ersten Schritt in Management- und operative Prozesse unterteilen. Die Governance übernimmt dabei die Planung, Kontrolle und Steuerung der ökologischen, wirtschaftlichen und sozialen Prozesse. So benötigt beispielsweise jede der drei operativen Dimensionen eine Betrachtung der Wertschöpfungs- und dazugehörigen Lieferkette. Durch die verfügbare, detaillierte Ausarbeitung der EU-Taxonomie ergibt sich weiterführend bei den operativen Prozessen eine zwangsläufige Gliederung der ökologischen Nachhaltigkeit in 5 Blöcke (Klimaschutz sowie die Anpassung an den Klimawandel wurden dabei gemäß ESRS-Systematik fusioniert). Die 3 sozialen Felder orientieren sich dabei an der Erstfassung der Corporate Sustainability Reporting Directive [15, S. L 322/51f.] und dessen inhaltlichen Umfangs. Da sich dieser Beitrag mit den ökologischen sowie sozialen Themenfeldern beschäftigt, werden in weiterer Folge die Governance- sowie die wirtschaftlichen Bereiche nicht weiter thematisiert.

## 4.2 Unternehmens- und Umfeldanalyse

Nicht jedes der 8 ökologisch-sozialen Themenfeldern hat für ein spezifisches Hochbauprojekt gleiche Relevanz. Daher muss im 2. Schritt im Zuge einer klassischen Unternehmens-/Projekt- und Umweltanalyse die Wesentlichkeit der einzelnen Themen festgestellt werden. Dabei können u.a. folgende Werkzeuge genutzt werden:

- Nachhaltigkeitspolitik und -strategie, taktische Aktionspläne der Organisation;
- Interessen und Ziele der wesentlichen Stakeholder-Gruppen (unternehmensweit sowie projektspezifisch);
- Einzuhaltender Rechtsrahmen (Compliance-Management);

- Werkzeuge der Unternehmensanalyse (z.B. SWOT-Analyse, Kernkompetenzen) und
- Werkzeuge der Umweltanalyse (z.B. PESTEL, Porter).

Mithilfe dieser Werkzeuge soll für das Hochbauprojekt hervorgehen, welche ökologischen und sozialen Schwerpunkte gesetzt werden müssen und können. [17, S. 47-53]

### 4.3 Erstellung einer Wesentlichkeitsmatrix

Mit den gesammelten Daten und Informationen lässt sich im dritten Schritt, wie bereits angesprochen, eine Wesentlichkeitsmatrix erstellen. Diese ist schematisch in Abb. 4-2 dargestellt.

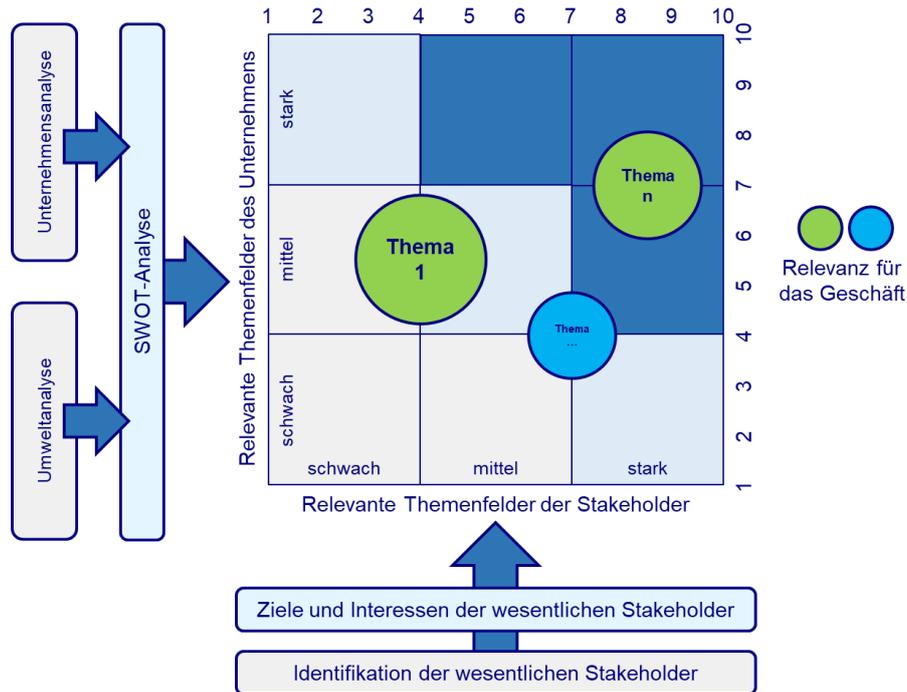


Abb. 4-2 Allgemeine Wesentlichkeitsmatrix (Eigene Darstellung, in Anlehnung an [20, S. 539])

Eine Wesentlichkeitsmatrix vereint die Wichtigkeit der Themenfelder für das Unternehmen sowie seiner Stakeholder unter Miteinbezug der geschäftlichen Relevanz. Dabei wird jedem der 8 Themenfelder eine Relevanz von 1-10 für das Unternehmen sowie für die Stakeholder zugewiesen und auf einer 9-feldrigen Matrix aufgetragen. Die Größe des Kreises ist dabei von der Relevanz für das Geschäft abhängig (je größer, desto relevanter). Erzielt das Themenfeld jeweils eine unternehmens- und Stakeholder-bezogene Relevanz von mindestens 6 Punkte, gilt es z.B. als wesentliches Themenfeld (die Grenzen, ab wann ein Thema als wesentlich gilt, obliegt der Organisation selbst, gemäß CSRD und ESRS muss nur der dabei gewählte Prozess klar erkennbar sein). Themen, welche außerhalb des Bereichs der wesentlichen Themenfelder liegen, können aufgrund der Geschäftsrelevanz jedoch auch in die Nachhaltigkeitspolitik und/oder -strategie aufgenommen werden, da sie einen erheblichen ökonomischen Einfluss auf die Organisation nehmen können (z.B. hoher Umsatzanteil, wichtige Zielgruppen/Regionen) [16, S. 7-11]

#### 4.4 Ableitung geeigneter Zielsetzungen am Beispiel eines projektbezogenen THG-Fußabdrucks

Mit der Auswahl der wesentlichen ökologischen und sozialen Themenfelder kann die konkrete Bearbeitung einzelner Schwerpunkte beginnen. Dabei unverzichtbar sind drei Bestandteile: konkrete qualitative und quantitative Ziele, eine Identifikation der Regelvorgaben sowie der Daten- und Informationsprozess. Diese Festlegung leitet sich aus einer Betrachtung der europäischen Berichtsstandards (European Sustainability Reporting Standards, kurz ESRS) ab, wo (konkret: ESRS 2) allgemeine Angaben an den Nachhaltigkeitsbericht sowie die Bestandteile eines Themenfelds festgelegt werden. [9, S. 40-71] Zuzüglich kann hier auch auf einschlägige Normen [21] und weitere Ausarbeitungen [22, S. 103-111] verwiesen werden. Um diese Vorgänge zu veranschaulichen, werden nachfolgend – basierend auf veröffentlichten Geschäfts- und Nachhaltigkeitsberichten [16, S. 68-164] [17, S. 80] [18, S. 21-25] [19, S. 163-229] sowie europaweiter Regularien – exemplarische Zielsetzungen für das Themenfeld „Klimawandel und Anpassung“ und detailliert für einen projektbezogenen THG-Fußabdruck gezeigt. Dabei soll noch festgehalten werden, dass es sich um Ziele für die Phase der Bedarfsplanung handelt, weswegen diese – im Vergleich zu späteren Projektphasen wie der Planung oder Ausführung – relativ allgemein definiert werden. Zunächst muss im Zielsetzungsprozess der unternehmensweite Rahmen erfasst werden, welcher als Ausgangspunkt für ein Projekt dient.

Der sich daraus ergebende beispielhafte Rahmen könnte u.a. folgende 5 unternehmensbezogene Ziele umfassen:

- Bis 2025 wird ein unternehmensweites Umwelt- sowie Energiemanagementsystem, zertifiziert nach den ISO-Normen 14001 und 50001, etabliert.
- Bis Ende 2024 wird eine stufenweise Dekarbonisierungsstrategie entwickelt, welche mit dem Ziel der Klimaneutralität 2040 endet.
- Das interne Stakeholdermanagement wird bis Ende 2024 um die Unterthemen (Treibhausgase, Energie) des ökologischen Themenfeldes „Klimawandel und Anpassung“ erweitert.
- Bis Ende 2025 wird sich für ein unternehmensweites THG-Berechnungsmodell (evtl. durch Unterstützung eines bzw. einer Anbietenden) entschieden, mit welcher die THG-Berechnung von Hochbauprojekten einheitlich erfolgt.
- Bis 2025 wird der Aufbau der THG-Benchmarks (interne sowie externe Referenzbauwerke, Kennzahlen etc.) abgeschlossen.

Diese Zielsetzungen dienen weiterführend als geeigneter Rahmen, um kaskadenartig (vom Groben/Ganzen ins Detail) projektbezogene Zielsetzungen zu definieren und diese dann mit den weiteren Projektbeteiligten vertraglich festzuhalten. Daraus kann sich für ein Hochbauprojekt beispielhaft das Ziel einer Nachhaltigkeitszertifizierung sowie 3 konkrete Unterziele – mit erhöhtem Fokus auf Treibhausgase – ergeben, welche bereits in der Bedarfsplanung implementiert werden:

1. Das Projekt soll mit einer Nachhaltigkeitszertifizierung (z.B. nach DGNB in Deutschland, oder klimaaktiv in Österreich) im höchsten Bewertungsmaß (Platin bei DGNB bzw. Gold bei klimaaktiv) bewertet werden. Dabei werden zu den gewählten Zertifizierungskriterien 3 zusätzlich THG-Ziele, speziell für die Bedarfsplanung gesetzt:

- a. Alle wesentlichen Projektbeteiligten verpflichten sich zu einer Erhebung des THG-Fußabdrucks nach einem transparenten und nachvollziehbaren Berechnungsmodells (beispielsweise nach: Technical Guidance for Calculating Scope 3 Emissions [23] sowie eigenen, entwickelten Modellen für Scope 1 und 2).
- b. Im Zuge der Bedarfsplanung wird eine gemeinsame Variantenstudie (mindestens 4 Varianten) zum THG-Ausstoß sowie eine Berechnung der damit verbundenen Kosten verschiedener Baumöglichkeiten vereinbart. Zusätzlich wird ein differenzierter Variantenvergleich vereinbart, orientiert nach der Entscheidungsmatrix nach Hofstadler [24, S. 348].
- c. Das Gebäude darf einen Wert von 7,5 kg CO<sub>2</sub>e/m<sup>2</sup>a (Hinweis: m<sup>2</sup>a bezieht sich auf die m<sup>2</sup> Bruttogeschossfläche für die Lebenszyklusphasen A1-A3, B4+B6, C3-C4 und D nach DIN EN 15978:2012) nicht überschreiten werden (Der gewählte Grenzwert orientiert sich dabei an eine Studie mit 50 ökobilanzierten Gebäuden, meist Bürosektor). [25, S. 1-5]

Damit wird zudem auf die Wichtigkeit der MacLeamy-Kurve (*siehe Abb. 1-1*) Rücksicht genommen, indem die maßgeblichen Überlegungen und Entscheidungen zur THG-Thematik – in diesem Beitrag stellvertretend für die ökologischen und sozialen Themenfelder – bereits im Zuge der Bedarfsplanung, wo die Einflussmöglichkeit am größten ist, von den Projektbeteiligten getroffen werden.

## 5 Diskussion der Ergebnisse

Der Vergleich zwischen den fünf Anforderungen an die ökologische und soziale Nachhaltigkeit sowie der Literaturrecherche zeigt ein Spannungsfeld hinsichtlich der Konkretheit der Anforderungen hinsichtlich der sozialen und ökologischen Nachhaltigkeit. Während die befragten Personen einen sehr baubezogenen Fokus setzen, geben die europäische Rahmenwerke eher allgemeine Vorgaben an. Das ist sicher auch dadurch bedingt, dass sich der europäische Rechtsrahmen der Nachhaltigkeit auch 2024 noch im Aufbau befindet und daher zunächst grobe (eher qualitative) Kriterien aufgestellt werden. Dennoch können Gemeinsamkeiten herausgefiltert werden.

Eine Gebäudezertifizierung gilt derzeit oft den Status Quo, um Bauwerke als nachhaltig zu klassifizieren. Hier bestehen derzeit noch vielfältige Auslegungen, was als nachhaltig angesehen und bewertet werden kann. Mit den Bestimmungen der EU-Taxonomie sowie der neuen Berichterstattung werden Zertifizierungen sich gegenwärtig sowie zukünftig an die Vorgaben des European Green Deals anpassen und die gezeigten Themenfelder (*siehe Abb. 4-1*) ganz oder teils umfassen müssen. Damit ergeben sich weitere konkrete Klassifizierungen für den Begriff Nachhaltigkeit. Die techno-sozialen Faktoren (Ästhetik, Wohlbefinden, Flexibilität) decken sich dabei mit ökologischen (z.B. eine erhöhte Flexibilität und Langlebigkeit des Gebäudes wirkt sich positiv auf die Ressourcennutzung aus) sowie sozialen (z.B. erhöhter Arbeitskomfort durch Ästhetik und Wohlbefinden) Anforderungen.

Aus der Gegenüberstellung geht hervor, dass eine wissenschaftliche Begleitung der Nachhaltigkeitsbestrebungen als sinnvoll bzw. zwingend notwendig erscheint, um die Möglichkeiten der ökologischen und sozialen Faktoren für die Projektbeteiligten vorzufiltern. Beispielsweise kann anhand des gezeigten Prozesses (*siehe Abb. 2-2*) und der darin enthaltenen Wesentlichkeitsmatrix (*siehe Abb. 4-2*) der Bedarf an ökologischen und sozialen Kriterien für ein spezifisches

Hochbauprojekt anfänglich heruntergebrochen werden. Damit würden u.a. auch Klein- und Mittelunternehmen bei der Bearbeitung des Nachhaltigkeitsthematik kostengünstig unterstützt werden. Zusammenfassend entsteht so der Vorteil, dass sozio-ökologische Kriterien frühzeitig eingebunden und deren Zielerfüllung gemäß der rechtlichen (z.B. ESRS, Taxonomie) sowie individuellen (z.B. Zertifizierung, Ästhetik, Wohlbefinden) Vorgaben gewährleistet wird.

## 6 Literaturverzeichnis

- [1] W. J. Hoffmann, "ZUM UMGANG MIT DER KOMPLEXITÄT VON BAUVORHABEN: Indikatorbezogenes Modell zur Bewertung von Komplexität in Bauprojekten" Dissertation, TU Kaiserslautern, Kaiserslautern, 2017.
- [2] H.-P. Achatzi, W. Schneider und W. Volkmann, *Bedarfsplanung in der Projektentwicklung*. Kurzanleitung Heft 6. Berlin: Springer Vieweg, 2017.
- [3] Ernst & Young Real Estate GmbH, "Strategie für Bau- und Immobilienprojekte: ein "Muss" für die Zukunft?", 2019.
- [4] Construction Users Roundtable, "Collaboration, Integrated Information and the Project Lifecycle in Building Design, Construction and Operation", 2004.
- [5] M. Fiedler, Hg., *Lean Construction in Bauherrenorganisationen: Agile Methoden und Lean Management im Bauwesen*. Berlin: Springer Gabler, 2018.
- [6] J. Wollensak, *Entscheidungsprozesse und Aufgaben eines Bauherrn*, 1. Aufl. Stuttgart: Universität Stuttgart, Inst. für Baubetriebslehre, 2013.
- [7] *Bedarfsplanung im Bauwesen*, DIN 18205, Deutsches Institut für Normung, 2016 11.
- [8] S. Scholz, K. Wellner, R. Zeitner, C. Schramm, M. Hackel und A. Hackel, *Architekturpraxis Bauökonomie: Grundlagenwissen für die Planungs-, Bau- und Nutzungsphase sowie Wirtschaftlichkeit im Planungsbüro*. Wiesbaden, Heidelberg: Springer Vieweg, 2017. [Online]. Verfügbar unter: <http://www.springer.com/de/book/978-3-658-17583-2>
- [9] *Delegierte Verordnung (EU) 2023/2772 der Kommission vom 31. Juli 2023 zur Ergänzung der Richtlinie 2013/34/EU des Europäischen Parlaments und des Rates durch Standards für die Nachhaltigkeitsberichterstattung: ESRS*, 2023.
- [10] R. E. Freeman, *Strategic management: A stakeholder approach*. Boston, Mass.: Pitman, 1984.
- [11] C. Jacob und S. Kukovec, Hg., *Auf dem Weg zu einer nachhaltigen, effizienten und profitablen Wertschöpfung von Gebäuden: Grundlagen – neue Technologien, Innovationen und Digitalisierung – Best Practices*. Wiesbaden, Heidelberg: Springer Vieweg, 2022. [Online]. Verfügbar unter: <http://www.springer.com/>
- [12] N. Döring et al., *Forschungsmethoden und Evaluation in den Sozial- und Humanwissenschaften*, 5. Aufl. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2016. [Online]. Verfügbar unter: <http://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:bsz:31-epflicht-1624548>

- 
- [13] P. Mayring, *Qualitative Inhaltsanalyse: Grundlagen und Techniken*, 13. Aufl. Weinheim, Basel: Beltz, 2022. [Online]. Verfügbar unter: [https://www.content-select.com/index.php?id=bib\\_view&ean=9783407258991](https://www.content-select.com/index.php?id=bib_view&ean=9783407258991)
- [14] A. Bogner, B. Littig und W. Menz, *Interviews mit Experten: Eine praxisorientierte Einführung*. Wiesbaden: Springer VS, 2014.
- [15] U. Kuckartz, T. Dresing, S. Rädiker und C. Stefer, *Qualitative Evaluation: Der Einstieg in die Praxis*, 1. Aufl. Wiesbaden: VS Verl. für Sozialwiss, 2007. [Online]. Verfügbar unter: <http://www.socialnet.de/rezensionen/isbn.php?isbn=978-3-531-15366-7>
- [16] STRABAG SE, "Work on Progress" Geschäftsbericht, Villach, 2023.
- [17] PORR AG, "Welcome..." Geschäftsbericht, Wien, 2023.
- [18] Implenla, "Nachhaltigkeit bei Implenla" Nachhaltigkeitsbericht, Glattpark (Opfikon), 2021 - Update 2022.
- [19] HOCHTIEF AG, "Konzernbericht 2022" Konzernbericht, Essen, 2023.
- [20] S. Hilbert, "Nachhaltigkeitscontrolling" in *Nachhaltiges Management: Nachhaltigkeit als exzellenten Managementansatz entwickeln*, A. Ternès und M. Englert, Hg., Springer, 2019, S. 521–549.
- [21] *Umweltmanagement - Umweltleistungsbewertung - Leitlinien*, ÖNORM EN ISO 14031, Austrian Standards International, 2021 09.
- [22] M. Dollmann, "Umweltbezogenes Kennzahlenmodell" Masterarbeit, Institut für Baubetrieb und Baumanagement, TU Graz, Graz, 2023.
- [23] World Resources Institute & World Business Council for Sustainable Development, "Technical Guidance for Calculating Scope 3 Emissions: Supplement to the Corporate Value Chain (Scope 3)", 2013.
- [24] C. Hofstadler, *Scholarbeiten: Technologische Grundlagen, Sichtbeton, Systemauswahl, Ablaufplanung, Logistik und Kalkulation*. Berlin: Springer, 2008.
- [25] Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen, "Benchmarks für die Treibhausgasemissionen der Gebäudekonstruktion", 2021.

# Integration von nachhaltigen Materialien und LCA in die Hochschulbildung – Aktueller Stand im Forschungsprojekt DiNaBau

*Aline Gruner*<sup>1</sup>, *Florian Kopf*<sup>2</sup> und *Johanna Schober*<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Dipl.-Ing., TU Dresden Institut für Baubetriebswesen, [aline.gruner@tu-dresden.de](mailto:aline.gruner@tu-dresden.de)

<sup>2</sup> Dipl.-Ing., TU Dresden Institut für Baubetriebswesen, [florian.kopf@tu-dresden.de](mailto:florian.kopf@tu-dresden.de)

<sup>3</sup> Dipl.-Ing., TU Dresden Institut für Baubetriebswesen, [johanna.schober@tu-dresden.de](mailto:johanna.schober@tu-dresden.de)

## Kurzfassung

Der Bausektor hat erhebliche Auswirkungen auf unsere Umwelt. Um die negativen Einflüsse des konventionellen Bauens zu reduzieren, müssen in Zukunft vermehrt alternative Bauweisen und Baustoffe eingesetzt werden. Die Zurückhaltung beim Einsatz von nachwachsenden Baumaterialien resultiert unter anderem aus der aktuellen Hochschulausbildung, die nicht primär auf nachhaltiges und kreislauforientiertes Bauen ausgerichtet ist. Infolgedessen fehlt oftmals das notwendige Fachwissen bei Planenden und Entscheidungstragenden.

In diesem Beitrag wird das Forschungsprojekt DiNaBau vorgestellt, welches sich mit der Entwicklung eines Lehrkonzeptes zur Integration des notwendigen Fachwissens über nachhaltige Baustoffe mit Hilfe der BIM-Methode und der Ökobilanzierung beschäftigt.

## Abstract

The construction sector has a significant impact on our environment. In order to reduce the negative impact of conventional construction, alternative construction methods and materials must be increasingly used in the future. The reluctance to use renewable building materials is partly due to current university education, which is not primarily focussed on sustainable and circular construction. As a result, planners and decision-makers often lack the necessary expertise.

This article presents the DiNaBau research project, which deals with the development of a teaching concept for integrating the necessary expertise on sustainable building materials with the help of the BIM method and life cycle assessment.

*Schlagerwörter: Ökobilanz, nachwachsende Rohstoffe, Hochschulintegration, nachhaltige Architektur, digitale Gebäudemodelle*

## 1 Einleitung

Im Mittelpunkt dieses Artikels und des wissenschaftlichen Projekts „DiNaBau - Digitale Vermittlung von Lehrinhalten zur Nachhaltigkeit im Bauwesen“ steht der Zusammenhang zwischen der Nachhaltigkeit von Gebäuden, der Bedeutung regionaler erneuerbarer Ressourcen für eine nachhaltigere Zukunft und digitale Planungsmethoden wie die Ökobilanzierung und BIM (Building Information Modeling). Im Rahmen der Projektrecherche wurde untersucht, wie die Ökobilanzierung (LCA) zur Bewertung der Nachhaltigkeit von Gebäuden genutzt werden kann, um übergeordnete Ziele wie die Ressourcenschonung sowie den Umwelt- und Klimaschutz zu unterstützen.

Die frühzeitige Durchführung einer Ökobilanzierung, möglichst bereits in der Entwurfsphase, ist essenziell, um Planungsentscheidungen für eine nachhaltige Ressourcennutzung zu unterstützen. Die folgende Veröffentlichung zielt darauf ab, den Zusammenhang zwischen der Anwendung von LCA im Bauwesen und dem steigenden Einsatz erneuerbarer Ressourcen aufzuzeigen. Zudem wird die Relevanz der Einbindung von LCA in die BIM-Planungsumgebung verdeutlicht. Eine Integration dieser Themen und ihrer Zusammenhänge in die Hochschulbildung ist notwendig, um künftige Planende, Ingenieure und Entscheidungstragende umfangreich auszubilden, sodass die Grundlagen des nachhaltigen Bauens vermittelt und anschließend in der Bauwirtschaft umgesetzt werden.

Das Projekt DiNaBau verfolgt das Ziel, ein Lehrkonzept zu entwickeln, das den Studierenden die Methode der Ökobilanzierung, deren Relevanz für nachhaltiges Bauen und die wirksame Nutzung nachwachsender Rohstoffe vermittelt. Die Auseinandersetzung mit diesem Thema soll Informationen liefern, welche es der Bauindustrie ermöglichen, langfristig nachhaltiger zu bauen.

## 2 Stand der Forschung

Im Vorfeld des Forschungsprojekts DiNaBau führten die Antragstellenden eine umfangreiche Recherche zum Thema Digitalisierung in den Bereichen Forschung und Lehre an den verschiedenen Instituten der Fakultät Bauingenieurwesen der TU Dresden durch. Als Ergebnis zeigte sich, dass bis dato sowohl die Digitalisierung als auch das Thema der Nachhaltigkeit nicht ausreichend repräsentiert waren. Das Forschungsvorhaben knüpft daran an, indem es beide Thematiken in die Lehre einbindet und institutsübergreifend verknüpft.

Seit 2014 besteht das Zentrum für interdisziplinäres Lernen und Lehren (ZiLL) an der TU Dresden, um interdisziplinäre forschungsorientierte Lehr- und Lernformate zu initiieren, welche die Studierenden auf den Arbeitsalltag außerhalb der Universität vorbereitet und vertiefende Einblicke in die Forschung und Praxis ermöglichen. Zudem bestehen Hochschulgruppen, welche nachhaltigen Themen adressieren, in denen sich Studierende engagieren (Students4Future, Was tun! - Initiative für systemische Nachhaltigkeit) [1]. Das Projekt adressiert einen Austausch mit den Hochschulgruppen, um einen offenen Dialog über innovative biobasierte Bauweisen zu beginnen.

Neben der Forschung an der TU Dresden bewegt sich die TU Hamburg Harburg mit dem Vorhaben „Biogene Ressourcen und verfahrenstechnische Grundlagen der Bioökonomie - Erarbeitung von E-Learning Materialien“ thematisch auf dem gleichen Gebiet. Dieses Vorhaben zielt ebenfalls auf moderne Methoden der Lehre ab und forciert die Steigerung der Verwendung von Holz- und Agrarrohstoffen einschließlich neuer Produktionsverfahren und Produkte. Während das

Forschungsprojekt DiNaBau den Schwerpunkt verfolgt, Wissen über biobasierte Bauprodukte für das Bauwesen aufzubereiten, um das Thema in der Lehre präsenter zu gestalten, legen die Forschenden der TUHH das Augenmerk auf die Verfahrenstechnik, wobei Verfahren zur Verarbeitung, Umwandlung oder Veredlung von biogenen Rohstoffen aufgearbeitet werden [2].

Weiterhin gibt es Projekte zur Erstellung von Informationsmaterialien für Lehrkräfte an berufsbildenden Schulen zum Thema Bioökonomie sowie entsprechende Fortbildungen für Berufsschullehrkräfte [3]. Diese Materialien haben einen sehr breiten didaktischen Fokus. Für die universitäre Lehre im Bauingenieurwesen bedarf es dahingegen einer vertiefenden Ausrichtung auf die Baubranche.

Der Erfolg des Projekts "International and Digital Summer School for STEM-Students" zeigt, dass internationale Studierende gemeinsam mit ihren Firmen in Themenbereiche einbezogen werden können, wenn es ausreichend Ressourcen an den Universitäten gibt. Projekte solcher Art orientieren sich zwar bislang nicht an dem Thema Bioökonomie, zeigen jedoch, dass das Einbeziehen der Studierenden in Forschungsthemen ein großes öffentliches Interesse hervorbringt. Darüber hinaus verdeutlichen positive Erfahrungen an anderen Universitäten, dass das Thema Nachhaltigkeit vielfältig in die Hochschulbildung eingebracht werden kann. Eine Untersuchung aus Madrid zeigt, dass Strategien an Universitäten entwickelt werden müssen, welche das Prinzip der nachhaltigen Entwicklung in die Ausbildung einbeziehen [4].

### **3 Das Forschungsprojekt DiNaBau**

Das in diesem Beitrag vorgestellte Forschungsprojekt „Digitale Vermittlung von Lehrinhalten zur Nachhaltigkeit im Bauwesen“ (DiNaBau) ist eine gemeinsame Initiative des Instituts für Baubetriebswesen und des Instituts für Baukonstruktion der TU Dresden mit einer Laufzeit von 24 Monaten. Das Ziel des Vorhabens ist es, das Thema Nachhaltigkeit im Bauwesen fest in der Lehre zu verankern. Dafür sollen zeitgemäße Lehrformate, mit dem Fokus auf anwendungsorientierte und digitale Formate, genutzt werden. Die Digitalisierung der Lehre eröffnet die Möglichkeit, neben den bisherigen Lehrinhalten interdisziplinäre Themen (z.B. Lebenszyklus- und Lebenszykluskostenanalysen), im Kontext der Nachhaltigkeit einzubinden. Weiterhin ermöglicht die Digitalisierung, dass Lehrmaterialien und Ressourcen eingespart werden und unterschiedliche Zielgruppen barrierefrei mit den aufbereiteten Themen in Kontakt kommen können.

Die Integration des Themas der Nachhaltigkeit in das Bauwesen bedeutet auch, dass alternative Materialien einbezogen und bereits historisch genutzte Ressourcen im Sinne der Zirkularität neu bewertet und integriert werden müssen. Dazu gehören die Baustoffe Holz und weitere natürliche Baustoffe, wie Hanf, Stroh sowie Recyclingmaterialien und daraus zusammengesetzte Verbundmaterialien. In Ergänzung zu den konventionellen Bauweisen, wie dem Stahlbetonbau, soll der Einsatz der genannten Materialien in die Lehre integriert werden. Die Verwendung digitaler Gebäudemodelle zur Wissensvermittlung erlaubt es, die Vor- und Nachteile der Verwendung unterschiedlicher Baumaterialien sowie deren Auswirkungen auf die Nachhaltigkeit eines Gebäudes darzustellen und zu verdeutlichen. Der Ansatz beruht auf der Erkenntnis, dass eine anwendungsorientierte Wissensvermittlung zu einer Steigerung des Lernerfolgs und einer höheren Wahrscheinlichkeit führt, das Erlernte praktisch anzuwenden.

### 3.1 Projektziele

Das Forschungsprojekt DiNaBau soll die vorhandene Lücke schließen, indem neue Lehrkonzepte für Themen wie nachwachsende Rohstoffe, Ökobilanzierung, digitale Gebäudemodelle sowie deren Verknüpfungen entwickelt werden. Somit werden die Institute der Fakultät Bauingenieurwesen der TU Dresden durch die Lehre für die Themen Nachhaltigkeit und Digitalisierung sensibilisiert.

Das Vorhaben soll als Best Practice Beispiel für die Integration der angesprochenen Themen in die universitäre Lehre dienen und auf diesem Weg sowohl innerhalb als auch außerhalb der TU Dresden weitere Institutionen motivieren, diese Themen ebenfalls zu adressieren. Bestandteil des Vorhabens ist die Erstellung von Bildungsmaterialien zur Herstellung, Verarbeitung, Konstruktion, dem Lebenszyklus sowie dem Abbruch und Recycling von nachhaltigen Baumaterialien. Im Forschungsprojekt sollen innovative Bildungsformate entwickelt werden. Diese ermöglichen es den Studierenden, ein umfassendes Verständnis für Nachhaltigkeit, Bioökonomie und das digitale Bauen zu gewinnen. Um letztendlich ein neuartiges Modul zu entwickeln, das den Einsatz nachhaltiger Ressourcen und das digitale Bauen vermittelt, können die Inhalte in zusätzliche Vorlesungsreihen integriert werden.

Diese Materialien dienen in erster Linie der synchronen und asynchronen digitalen Lehre, können aber auch in der herkömmlichen Präsenzlehre verwendet werden. Das heißt, es ist möglich, Videos und Materialien, die online verfügbar sind, jederzeit abzurufen und zu verwenden. Dieses Material kann auch für Unternehmen, Fachplanende oder private und institutionelle Bauschaffende außerhalb der Universität im Rahmen von Weiterbildungen verwendet werden, wenn CC-Lizenzen [5] verwendet werden.

In der Planung und Umsetzung ist es besonders wichtig, universitäre und außeruniversitäre Lehrmaterialien zu nachhaltigen Verfahren und Produkten zu nutzen, die auf nachwachsenden Rohstoffen im Bauwesen basieren. Diese Materialien werden erstmals umfassend, gebäudebezogen und praxisorientiert mit der Methode des Building Information Modelling (BIM) aufbereitet und in frei zugänglichen Formaten als „Open Educational Resources“ (OER) zur Verfügung gestellt, um das Ziel zu erreichen, sich mit anderen Hochschulen und Bildungseinrichtungen zu vernetzen.

### 3.2 Methodik

Die beiden Institute der Fakultät Bauingenieurwesen der TU Dresden entwickeln die Lehrmaterialien und –konzepte, die nachhaltiges Planen und Bauen sowohl im Grund- als auch im Hauptstudium in ihren Fachgebieten Baukonstruktion und Baubetrieb integrieren. Dies geschieht durch die Entwicklung digitaler Lehrmethoden sowie der Erarbeitung von Gebäudemodellen zur Wissensvermittlung mittels BIM. Dafür werden im ersten Schritt innovative Baumaterialien und -verfahren recherchiert und bewertet.

Ein enger Austausch innerhalb der Institute sowie die Kooperation mit dem projektbegleitenden Fachnetzwerk aus Unternehmen und Verbänden bilden die Grundlage für die Entwicklung von Unterrichtsmaterialien. Das Ziel einer vielfältigen Zusammenarbeit zwischen Akteuren aus der Forschung und der Wirtschaft ist eine weitreichende Wissensvermittlung über die Methoden des nachhaltigen Bauens, die Ausbildung von gut informiertem Fachpersonal und die Stärkung des Themas in der Baubranche.

Das ausgearbeitete Lehrkonzept wird in das vorhandene Lehrplansystem der Fakultät Bauingenieurwesen der TU Dresden aufgenommen und in externen Lehrveranstaltungen für Bauunternehmen präsentiert. Außerdem werden außeruniversitäre Bildungsangebote auf Grundlage der neu entwickelten Lehrinhalte erarbeitet, die je nach Zielgruppe unterschiedlich gestaltet sind, um das erlangte Wissen auf vielfältige Weise für einen umfassenden Transfer von Wissen einzusetzen. Die Bereitstellung von Lehrinhalten als OER-Produkte ist ein wesentlicher Bestandteil im Rahmen des Wissenstransfers und gewährleistet eine frei verfügbare sowie größere Verbreitung und Wirkung.

## **4 Theoretische Grundlagen und Zusammenhänge**

### **4.1 Nachwachsende Rohstoffe**

Das Forschungsprojekt DiNaBau befasst sich mit der Verwendung von regionalen nachwachsenden Rohstoffen in der Bauwirtschaft. Dabei wird das Thema aus der Perspektive der Bauphysik, des Baubetriebs und der Bauverfahrenstechnik betrachtet und in den Lehrplan integriert.

Nachwachsende Rohstoffe sind Stoffe, die aus der Land-, der Forst- und der Fischereiwirtschaft stammen und von Menschen verarbeitet werden, um außerhalb des Nahrungs- und Futtermittelsektors für bestimmte Zwecke verwendet zu werden [1]. Die Nutzung dieser Ressourcen leisten einen Beitrag zum Schutz des Klimas und der Umwelt, zur Schonung endlicher fossiler, mineralischer und nuklearer Rohstoffe sowie zur Förderung des Strukturwandels in ländlichen Gebieten und zur Förderung der Artenvielfalt [2].

Die Nutzung nachwachsender Rohstoffe kann sowohl als umweltfreundlich als auch nachhaltig bezeichnet werden. Nachwachsende Rohstoffe nehmen während ihres Wachstums das Treibhausgas Kohlenstoffdioxid ( $\text{CO}_2$ ) aus der Umgebung auf und binden es, was zu einer Reduktion der Treibhausgase in der Atmosphäre führt und somit eine positive Wirkung auf den Klimawandel haben kann [6]. Neben den Vorteilen der ökologischen Nachhaltigkeit, können nachwachsende Rohstoffe durch die Stärkung lokaler Wirtschaftskreisläufe auch zur Schaffung von Arbeitsplätzen und einer erhöhten Wertschöpfung in strukturschwachen Regionen beitragen. Aufgrund des außerordentlich hohen Ressourcenverbrauchs in der Bauindustrie, ist es hier von besonderer Bedeutung, den Einsatz ökologischer Baustoffe zu bevorzugen. Derzeit besteht noch ein beträchtliches Potenzial für die verstärkte Nutzung von natürlichen, nachwachsenden Rohstoffen.

Neben höheren Investitionskosten [7] und der Angst vor Kostenüberschreitungen, sind weitere Gründe für die zu beobachtende zurückhaltende Einstellung beim Einsatz nachwachsender Rohstoffe auch die fehlende staatliche Förderung und der fehlende Willen der Bauwirtschaft, Veränderungen zugunsten nachwachsender Rohstoffe vorzunehmen [8]. Darüber hinaus mangelt es oftmals an ausreichendem Wissen und Verständnis der Planenden über die Verwendung, Verfügbarkeit, Umweltauswirkungen, Eigenschaften und Verarbeitung der nachwachsenden Materialien [9],[10]. Weiterhin bestehen oft vorgefasste zumeist negativ geprägte Meinungen über die Dauerhaftigkeit und Schädlingsresistenz nachwachsender Rohstoffe sowie über ihre Kosteneffizienz. Aus diesen Gründen bevorzugen Planende oftmals herkömmliche Baumaterialien gegenüber den nachwachsenden Rohstoffen [8].

Die genannten Gründe für die Zurückhaltung beim Einsatz nachwachsender Baustoffe deuten darauf hin, dass Planende eine größere Auswahl an fundierten Informationen über die Vorteile, Eigenschaften

und die Bedeutung nachwachsender Rohstoffe benötigen. Bestehende Vorurteile müssen überprüft und nach Möglichkeit widerlegt werden. Die Vorteile der nachwachsenden Rohstoffe müssen sichtbar und quantifizierbar gemacht werden. Nachhaltigkeitsanalysen, insbesondere Ökobilanzen, aber auch Lebenszykluskostenberechnungen, eignen sich hierfür besonders, um die Umweltwirkungen und die Wirtschaftlichkeit nachwachsender Rohstoffe über den gesamten Lebenszyklus eines Gebäudes sichtbar zu machen (siehe Abschnitt 4.2). Die Ausbildung an den Hochschulen legt den Grundstein für einen umfassenden Wissenstransfer.

## 4.2 LCA – Ökobilanzierung

Dieser Abschnitt soll aufzeigen, dass eine Quantifizierung der Umweltauswirkungen von Bauverfahren und Materialien erforderlich ist, um eine nachhaltige Materialauswahl zu fördern. Aufgrund des hohen Ressourcenverbrauchs, des hohen Energiebedarfs, des hohen Abfallaufkommens und der hohen Treibhausgasemissionen des Bauwesens im Vergleich zu anderen Sektoren, ist es von besonderer Bedeutung die Umweltauswirkungen des Baugewerbes zu berücksichtigen [11].

Die Ökobilanz kann in diesem Kontext einen erheblichen Mehrwert für unsere Zukunft schaffen, indem sie die Umweltauswirkungen von Produkten und Dienstleistungen während ihres gesamten Lebenszyklus sichtbar und nachvollziehbar machen kann. Die Anwendung der Methode der Ökobilanzierung bringt somit weitreichende Vorteile mit sich.

Die Berechnung und Einbeziehung ökologischer Parameter auf Produktebene kann dazu beitragen, umweltfreundliche Produkte, Herstellungsverfahren und Materialien zu entwickeln und verstärkt einzusetzen, die Energieeffizienz von Prozessen zu steigern und den Einsatz von Schadstoffen zu verringern [12]. Unternehmen können neben der möglichen geringeren Umweltbelastung Ihrer Produkte von weiteren positiven Effekten profitieren. Die Bereitstellung von Umweltdaten kann Unternehmen helfen, ihre Marktposition zu verbessern. Indem eine transparente und umfangreiche Bereitstellung von Informationen dazu beiträgt, dass Unternehmen, Handelspartner, Verbraucher und Investoren besser miteinander kommunizieren können und gegenseitiges Vertrauen aufgebaut werden kann, was wiederum die Marktposition des Unternehmens positiv beeinflussen kann [13].

Die Methode der Ökobilanzierung ist zunächst in den Bereich der Nachhaltigkeitsbewertung einzuordnen. Das Ziel einer Nachhaltigkeitsbewertung besteht darin, die Nachhaltigkeit eines Produktes oder einer Dienstleistung zu analysieren und zu bewerten, um die Ergebnisse in Planungsentscheidungen einzubeziehen und zu nutzen [13]. Die Methode der Nachhaltigkeitsbewertung kann auf verschiedenen Ebenen (Makro-, Meso- und Mikroebene) und auf verschiedene Aspekte der Nachhaltigkeit (Ökologie, Ökonomie und Soziales) angewendet werden und deckt den gesamten Lebenszyklus ab [13]. In diesem Zusammenhang muss die Methode der Ökobilanz definiert und abgegrenzt werden. Die Ökobilanz im hier verwendeten Kontext ist eine Methode, welche sich ausschließlich auf ökologische Aspekte konzentriert und sich auf die Produktebene bezieht.

Die Ökobilanzierung ist eine etablierte und standardisierte Vorgehensweise. Die DIN EN ISO 14040/44 regelt den Aufbau und die Anwendung von Produkt-Ökobilanzen. Die DIN EN 15643 und DIN EN 15978 vermitteln ergänzend dazu eine ausführliche Beschreibung der Methode für das Bauwesen. Gemäß DIN EN ISO 14040 erfolgt die Berechnung der Ökobilanz in vier Stufen.

Die erste Phase „Ziel und Umfang“ dient als Grundlage für die folgenden Phasen und umfasst die Definition des Ziels der Ökobilanz und die Definition des Umfangs der Analyse durch die Festlegung der funktionellen Einheit, der Systemgrenzen, der angewandten Methoden zur Allokation und der zu betrachtenden Wirkungsindikatoren (Global Warming Potential als Wirkungsindikator für den Klimawandel, Ozon Depletion Potential als Wirkungsindikator für den Stratosphärischen Ozonabbau usw.). Die funktionelle Einheit beschreibt die Funktion eines Produkts und wird definiert, um eine Referenz(-einheit) für Inputs und Outputs zu schaffen und die Vergleichbarkeit der Bilanzergebnisse verschiedener Produkte zu gewährleisten. Ebenso wichtig ist die Definition der Systemgrenzen, welche unter anderem festlegen, welche Prozessmodule in die Analyse einbezogen werden [14].

Die zweite Phase der Bilanzierung wird als „Sachbilanz“ bezeichnet und umfasst die Datenerfassung und die Berechnungsverfahren, die zur Quantifizierung der Inputs und Outputs eines Systems genutzt werden. Zu den zu berücksichtigenden Inputs gehören Energieflüsse, Ressourcenströme und andere physische Inputs innerhalb des Lebenszyklus. Zu den zu berücksichtigenden Outputs gehören das verursachte Abfallaufkommen, entstandene Produkte sowie die verursachten Umweltemissionen [14].

In der dritten Phase, der „Wirkungsabschätzung“, werden die potenziellen Umweltauswirkungen aufbauend auf die Ergebnisse der Sachbilanz ermittelt. Die Berechnung erfolgt durch die Verknüpfung von Sachbilanzdaten mit spezifischen Wirkungskategorien und -indikatoren. Über die Wirkungskategorien können subjektive Elemente in die Wirkungsabschätzung einfließen, weshalb eine fortwährende Transparenz unerlässlich für eine ausreichende Nachvollziehbarkeit und Prüfbarkeit der Ergebnisse ist. Der Umfang der Wirkungsabschätzung und die zu betrachtenden Indikatoren werden durch das in der ersten Phase verfolgte Ziel der Ökobilanz bestimmt [14].

In der vierten und letzten Phase der Bewertung werden die Ergebnisse der Sachbilanz und der Wirkungsabschätzung kombiniert und in Bezug auf das Ziel und den Rahmen der Studie interpretiert. Die Auswertung ermöglicht die Entwicklung von Schlussfolgerungen und Empfehlungen [14].

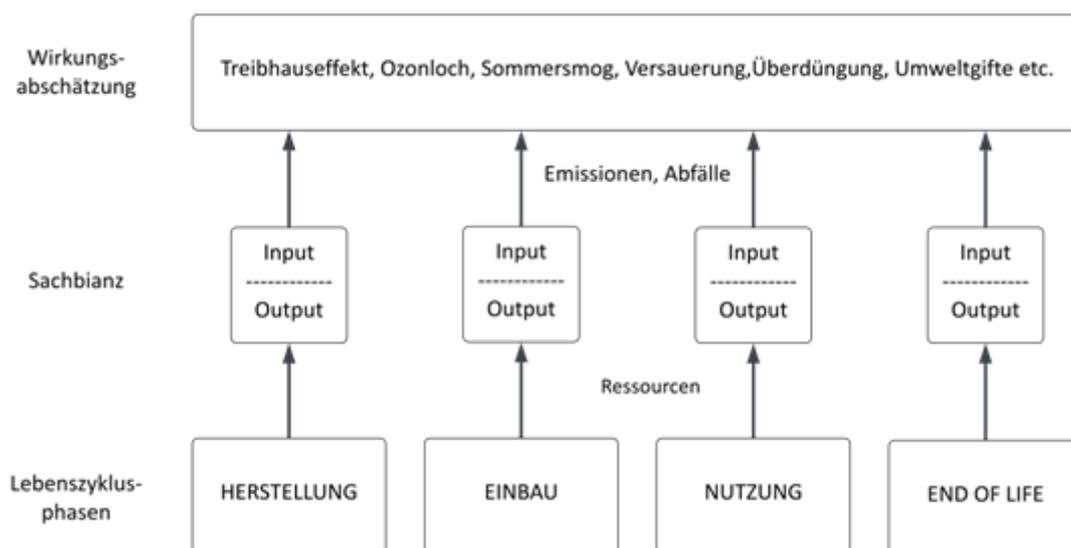


Abb. 4-1: Phasen und Struktur der Lebenszyklusanalyse, basierend auf [15]

Umweltdaten, die für die Wirkungsabschätzung verwendet werden, werden unter anderem in EPDs (Environmental Product Declaration) abgebildet und von Forschungsinstituten oder Herstellern zur Verfügung gestellt. Eine realistische und umfassende Ökobilanz benötigt Daten in einem ausreichenden Umfang und einer ausreichenden Qualität, weshalb dringend eine umfangreiche Datenlage zu Bauprodukten notwendig ist.

Der Zeitpunkt, zu dem die Ökobilanz in den Planungsprozess integriert wird, ist von entscheidender Bedeutung die Auswirkungen der Bilanz auf die Planungsentscheidungen. Ökobilanzen dienen oft lediglich zur Erfassung der Umweltauswirkungen eines Gebäudes nachdem die Planungshase bereits abgeschlossen ist [16]. Für die Planung nachhaltiger Gebäude muss die Ökobilanz dagegen so früh wie möglich in die Planung integriert werden [17]. Somit sind Entscheidungen beeinflussbar und der Entwurf, die eingesetzten Ressourcen, der Energiebedarf und daraus folgend die Umweltauswirkungen können optimiert und die Kosten gleichzeitig gesenkt werden [16]. Für eine Optimierung des zu planenden Gebäudes, sind Variantenvergleiche in einer frühen Planungsphase erforderlich, sollten aber keinen erheblichen Anstieg des Arbeitsaufwands bewirken [16] [17]. Dies erfordert Methoden und Werkzeuge, welche die Ökobilanz in die alltägliche Planungsumgebung einbinden [16].

### **4.3 Nachwachsende Rohstoffe in der Ökobilanz**

Akadiri (2015) [10] erklärt, warum der Einsatz von erneuerbaren Materialien in der Bauindustrie nur sehr zurückhaltend erfolgt. Er führt als Grund den Mangel an umfassenden Werkzeugen und Daten an, die für den Vergleich von Materialien benötigt werden. Ohne einen Vergleich, der die Vorteile von nachwachsenden Rohstoffen aufzeigt, haben Entscheidungsträger eine zu geringe Motivation alternative Baustoffe gegenüber konventionellen Materialien zu bevorzugen.

Ein direkter und transparenter Vergleich von nachwachsenden Rohstoffen mit konventionellen, mineralischen Baustoffen ist eine Möglichkeit, um die Attraktivität von nachwachsenden Rohstoffen zu erhöhen. Ein Vergleich kann dabei auf mehreren Ebenen erfolgen. Der Schwerpunkt dieses Artikels und auch des Forschungsprojektes liegt auf den ökologischen Gesichtspunkten. Aus den in Abschnitt 4.1 genannten Gründen ist es sinnvoll, auch die Lebenszykluskosten zu betrachten. Die in Abschnitt 4.2 beschriebene Ökobilanz ist eine weit verbreitete und anerkannte Methode zur Quantifizierung und zum Vergleich der Umweltauswirkungen von Produkten, wie z.B. Baumaterialien, Bauprodukten, Bauteilen oder ganzer Gebäude.

Der Vergleich der ökologischen Nachhaltigkeit basiert auf den Ergebnissen der Wirkungsabschätzung. Die für die Bewertung verwendeten Umweltindikatoren können in der ersten Phase der Ökobilanz festgelegt werden. Zu den Vergleichswerten gehören häufig das Treibhauspotenzial (Global Warming Potential, GWP), der benötigte Primärenergiebedarf an nicht erneuerbaren Energien, das Versauerungspotenzial und andere Indikatoren für die Abbildung globaler Umweltbelastungen. Die Ergebnisse können genutzt werden, um eine fundierte und wissenschaftlich begründete Entscheidung über die Verwendung eines bestimmten Baustoffs oder einer bestimmten Bauweise zu treffen.

### **4.4 Frühzeitige Ökobilanzierung mittels BIM**

Ökobilanzen ermöglichen den Vergleich einzelner Baustoffe, Bauteile oder ganzer Gebäude. Variantenvergleiche sollten so früh wie möglich in der Planung durchgeführt werden, um den Entwurf beispielsweise im Hinblick auf die Umweltauswirkungen mit noch geringem Arbeits- und

Kostenaufwand optimieren zu können. Um den mit Variantenvergleichen einhergehenden Arbeitsaufwand zu minimieren, werden Werkzeuge für die zusätzliche Planungsarbeiten benötigt.

Die Ökobilanz kann mithilfe der BIM-Methode (Building Information Modeling) in ein bereits etabliertes Planungsumfeld integriert werden. BIM ist eine Methode zur Integration relevanter Lebenszyklusinformationen anhand digitaler Modelle. Sie dient der Verwaltung modellintegrierter Daten und erleichtert die Kommunikation zwischen den Projektbeteiligten [18].

Die BIM-Umgebung hat das Potenzial, Ökobilanzen in sehr frühen Planungsphasen zu integrieren und als Entscheidungshilfe zu dienen. Es gibt bereits einige Werkzeuge und Anwendungen für die Integration von Ökobilanzen in BIM, diese setzen in der Regel jedoch erst in der detaillierten Planungsphase an [16], was zu großen Datenmengen und einem erhöhten Arbeitsaufwand führt. Frühzeitig integrierte Ökobilanzen hingegen erfordern einfache Werkzeuge, die in der Lage sind, erste Trends und Auswirkungen auf Basis kleiner Datenmengen abzubilden [16]. Die frühzeitige Ökobilanz ist mit vielen Unsicherheiten verbunden, weshalb sie über den gesamten Planungsprozess fortgesetzt und im Laufe der Zeit durch detaillierte Daten ergänzt werden muss [17]. Je detaillierter und spezifischer die Daten sind, desto realistischer werden die Ergebnisse der resultierenden Ökobilanz.

## 5 **Bildungskonzept für die Hochschulausbildung**

Die genannten Schwierigkeiten in der Baubranche und die sich daraus ergebenden Lösungen erfordern Fachkenntnisse in den Bereichen der nachwachsenden Rohstoffe, der Ökobilanzierung und BIM. Im Rahmen des Forschungsprojekts wird ein Lehrkonzept zur Integration eines ausreichend detaillierten Lehrplans in die Hochschulausbildung entwickelt. Mit dem Konzept sollen die Themen der nachwachsenden Rohstoffe, der Ökobilanzierung und BIM sowie die in den vorherigen Abschnitten erörterten Zusammenhänge vermittelt werden. Dieser Artikel beschreibt die Entwicklung des Lehrkonzepts für die LCA-Vorlesungsreihe und legt dar, dass die Methode der Ökobilanzierung bereits an vielen Universitäten gelehrt wird [19]. Dies deutet darauf hin, dass es bereits eine Vielzahl von Konzepten gibt.

Die Themen werden im derzeitigen Lehrplan einzeln und in verschiedenem Umfang behandelt. Die Autoren sind der Auffassung, dass die Themen, insbesondere die Zusammenhänge und Potenziale, nicht ausreichend behandelt werden. Daher müssen zusätzliche Lehrinhalte in den bestehenden Lehrveranstaltungen integriert oder neue Lehrveranstaltungen konzipiert werden.

Durch die Zusammenarbeit der Institute für Baukonstruktion und Baubetriebswesen ist es möglich, Lehrveranstaltungen beider Institute mit Inhalten zu versehen und die Themen aus verschiedenen Perspektiven zu betrachten. Um sicherzustellen, dass den Studierenden ein umfassendes Wissen vermittelt wird, werden im Zuge der Kooperation verschiedene nachwachsende Rohstoffe (Holz, Hanf, Zellulose, Stroh, Getreide, Myzel etc.) als Grundlage ausgewählt. Das Institut für Baukonstruktion greift insbesondere das Thema der nachwachsenden Rohstoffe aus bautechnischer Sicht auf, um den Studierenden Informationen über die Planung und den baukonstruktiven Einsatz von Bauprodukten aus nachwachsenden Rohstoffen im Vergleich zum konventionellen Bauen zu vermitteln. Darüber hinaus lernen die Studierenden, BIM-fähige 3D-Modelle zu modellieren, die weiterverwendet werden können. Das Institut für Baubetriebswesen vermittelt den Studierenden ergänzend Produktions- und Bauverfahren für den Einsatz von nachwachsenden Rohstoffen sowie baubetriebliche Aspekte wie

deren Wirtschaftlichkeit. Darüber hinaus soll eine Lehrveranstaltung zur Ökobilanzierung entwickelt und integriert werden. Dadurch soll den Studierenden ein umfassendes Verständnis für das Thema Ökobilanzierung vermittelt und ihnen aufgezeigt werden, wie verschiedene Werkzeuge eingesetzt werden können, unter anderem mit der BIM-basierten Ökobilanzierung.

Die im Rahmen des Forschungsprojekts entwickelten Lehrinhalte werden über die verschiedenen Studienjahre hinweg vermittelt, so dass eine kontinuierliche Behandlung der Themen gewährleistet wird. Das Ziel besteht darin, dass die Studierenden zum Abschluss ihres Studiums ein Bewusstsein für die Verwendung von nachwachsenden Rohstoffen entwickelt haben und das erworbene Wissen in die Planungspraxis einbringen können. Darüber hinaus soll das Lebenszykluskonzept vermittelt werden, damit zukünftige Planende lernen, ihre Planungsentscheidungen und Handlungsempfehlungen auf den gesamten Gebäudelebenszyklus auszurichten.

Viere et al. (2021) [19] beschäftigten sich mit der Einbindung von LCA in die Hochschullehre und erstellten Konzepte für den Wissenstransfer. Hierfür wurden fünf unterschiedliche Kompetenzniveaus ermittelt, die jeweils verschiedene Zeitanforderungen, Zielgruppen und erworbene Fähigkeiten definieren. Das Lehrkonzept des Forschungsprojekts DiNaBau wird der Stufe 2 zugeordnet, wobei das angestrebte Lernergebnis als "Verständnis der LCA-Methodik und der Grundlagen von LCA-Studien; Anwendung spezifischer methodischer Schritte der LCA" definiert wird. Innerhalb der Lehrveranstaltungen soll immer wieder ein Bezug zum Thema der nachwachsenden Rohstoffe hergestellt werden, indem Berechnungsbeispiele mit unterschiedlichem Detaillierungsgrad durchgeführt und mit konventionellen Baustoffen und Bauweisen verglichen werden.

Nachdem den Studierenden verschiedene Werkzeuge zur Ermittlung der Umweltauswirkungen von Materialien und Bauteilen aufgezeigt wurden, soll auch die BIM-basierte Ökobilanz diskutiert werden. Dafür wird ein eigens erstelltes 3D-Modell zur Einbindung der Ökobilanzdaten verwendet.

Auf Grundlage der integrierten Lehrinhalte sollen die Studierenden am Ende ihres Studiums ein umfassendes Verständnis für nachwachsende Rohstoffe in den Bereichen Baukonstruktion und Baubetrieb nachweisen können. Weiterhin sollen sie die Methode der Ökobilanzierung verstehen und anwenden können. Sie sollen in der Lage sein, die Methode auf verschiedenen Ebenen anzuwenden, vom Vergleich einzelner Baustoffe bis hin zur BIM-basierten Ökobilanzierung von Gebäudemodellen.

Die Studierenden sollten sich der Umweltauswirkungen von Bauprodukten bewusst sein und ein Grundverständnis für die Faktoren haben, die die ökologische Nachhaltigkeit beeinflussen. Ziel ist es, dass die Studierenden in der Lage sind, auf der Grundlage des Gelernten eigenständige Entscheidungen in ihrer beruflichen Praxis zu treffen und die vermittelten Methoden als Entscheidungshilfen zu nutzen. Den Studierenden soll die Bedeutung der frühzeitigen Einbindung von Ökobilanzen in den Planungsprozess bewusst sein.

## **6 Schlussbetrachtung**

### **6.1 Zusammenfassung**

Die Umgestaltung der Bauindustrie ist eine wesentliche Voraussetzung für die Bewältigung von aktuellen Herausforderungen wie der Ressourcenknappheit und des Klimawandels. Nachhaltige Baupraktiken, insbesondere solche, die natürliche und erneuerbare Ressourcen nutzen, haben das

Potenzial, zur Bewältigung dieser Herausforderungen beizutragen. Damit sie jedoch auf breiter Basis angewandt werden können, ist eine umfassende Ausbildung der Planenden erforderlich. Dies erfordert die Aufnahme von Lehrinhalten über nachhaltige Baupraktiken in die Lehrpläne der Universitäten, um sicherzustellen, dass erneuerbare Ressourcen als praktikable Alternative zu herkömmlichen Baumaterialien angesehen werden.

Um die ökologischen Vorteile der Verwendung nachwachsender Rohstoffe zu quantifizieren, müssen Instrumente wie die Lebenszyklusanalyse (LCA) umfassend eingesetzt werden. Dies erfordert, dass die Methode der Ökobilanzierung bereits in den frühen Planungsphasen eingesetzt wird. Eine frühzeitige Ökobilanzierung ist besonders wichtig, da sie den größten Einfluss auf die Umweltauswirkungen des Gebäudes bei gleichzeitig minimalem Kostenaufwand ermöglicht, was ihre Bedeutung als Entscheidungshilfe während des gesamten Planungsprozesses unterstreicht.

Darüber hinaus ist eine umfassende und hochwertige Datenbasis mit einer ausreichenden Anzahl von Umweltproduktdeklarationen (EPDs) erforderlich, um realistische Ökobilanzen durchzuführen und in Folge qualitativ hochwertige Entscheidungen treffen zu können. Zudem besteht ein Bedarf an funktionalen LCA-Tools, die auf Building Information Modeling (BIM) basieren, um Planungsprozesse zu rationalisieren und den mit LCA verbundenen zusätzlichen Arbeitsaufwand während der Planung zu reduzieren. Obwohl bereits viele LCA-Tools verfügbar sind, besteht ein deutlicher Mangel an BIM-basierten LCA-Tools. Diese Lücke sollte in Zukunft durch Weiterentwicklungen geschlossen werden, damit Ökobilanzen in frühen Planungsphasen mit möglichst geringem Aufwand flächendeckend eingesetzt werden können.

## **6.2 Ausblick**

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass es für die Realisierung nachhaltiger Baupraktiken unerlässlich ist, ein umfassendes Verständnis für nachwachsende Rohstoffe durch die Hochschulbildung zu fördern und LCA-Methoden sowie moderne BIM-basierte Werkzeuge zu nutzen und zu fördern. Die tiefgreifende Auseinandersetzung mit diesen Themen kann dazu beitragen, die Umweltauswirkungen im Bausektor zu verringern und gleichzeitig die Gesamtqualität und Effizienz von Bauprojekten zu verbessern.

## **Danksagung**

Die im Beitrag genannten Ergebnisse wurden im Rahmen des Forschungsprojektes "DiNaBau - Digitale Vermittlung von Lehrinhalten zur Nachhaltigkeit im Bauwesen" erzielt, das vom Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages, von der Fachagentur für Nachwachsende Rohstoffe e. V. im Themenfeld "Bauen und Baustoffe" unter dem Förderkennzeichen 2221HV051X gefördert wird.

## 7 Literaturverzeichnis

- [1] M. Kaup, *Entwicklungs- und Erfolgsfaktoren für Produkte aus nachwachsenden Rohstoffen in Deutschland und der EU im Spannungsfeld zwischen Ökonomie und Ökologie*. Zugl.: Köln, Univ., Diss., 2001. Köln: Wirtschafts- und Sozialgeograph. Inst. der Univ, 2002.
- [2] Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V., *Nachhaltigkeit*. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.fnr.de/nachwachsende-rohstoffe/nachhaltigkeit> (Zugriff am: 10. Februar 2024).
- [3] Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V., Hg., "Nachwachsende Rohstoffe als Unterrichtsthema in Berufsschulen im Berufsfeld Bauen", 2019. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.fnr.de/index.php?id=11150&fkz=22006514>. Zugriff am: 30. Mai 2024.
- [4] M. Murga-Menoyo, "Learning for a Sustainable Economy: Teaching of Green Competencies in the University" (en), *Sustainability*, Jg. 6, Nr. 5, S. 2974–2992, 2014, doi: 10.3390/su6052974.
- [5] *Licenses List | Creative Commons*. [Online]. Verfügbar unter: <https://creativecommons.org/licenses/?lang=de> (Zugriff am: 30. Mai 2024).
- [6] R. Sathre und J. O'Connor, "A Synthesis of Research on Wood Products & Greenhouse Gas Impacts", FPInnovations, Okt. 2010.
- [7] D. Azhgaliyeva und D. Rahut, "Promoting Green Buildings: Barriers, Solutions, and Policies", Working Papers / ADB Institute No. 1331, 2022. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.econbiz.de/Record/promoting-green-buildings-barriers-solutions-and-policies-azhgaliyeva-dina/10013328307>.
- [8] S. Gounder, A. Hasan, A. Shrestha und A. Elmualim, "Barriers to the use of sustainable materials in Australian building projects", *ECAM*, Jg. 30, Nr. 1, S. 189–209, 2023, doi: 10.1108/ECAM-10-2020-0854.
- [9] J. Ayarkwa, D.-G. Joe Opoku, P. Antwi-Afari und R. Y. M. Li, "Sustainable building processes' challenges and strategies: The relative important index approach", *Cleaner Engineering and Technology*, Jg. 7, S. 100455, 2022, doi: 10.1016/j.clet.2022.100455.
- [10] P. O. Akadiri, "Understanding barriers affecting the selection of sustainable materials in building projects", *Journal of Building Engineering*, Jg. 4, S. 86–93, 2015, doi: 10.1016/j.job.2015.08.006.
- [11] Hauptverband der Deutschen Bauindustrie e.V., *Energieverbrauch und Klimaschutz im Baugewerbe: Eine Datensammlung*. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.bauindustrie.de/zahlen-fakten/auf-den-punkt-gebracht/energieverbrauch-und-klimaschutz-im-baugewerbe-eine-datensammlung> (Zugriff am: 28. Februar 2024).
- [12] Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit BMU, Bundesverband der Deutschen Industrie e.V. und Umeltbundesamt, Hg., "Umweltinformationen für Produkte und Dienstleistungen: Anforderungen - Instrumente - Beispiele", 2019. [Online]. Verfügbar unter:

<https://www.blauer-engel.de/sites/default/files/2021-08/umweltinformationen-produkte-dienstleistungen.pdf>. Zugriff am: 9. Februar 2024.

- [13] L. Andes, "Methodensammlung zur Nachhaltigkeitsbewertung: Grundlagen, Indikatoren, Hilfsmittel", 2019. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.oew.kit.edu/downloads/Methodensammlung%20zur%20Nachhaltigkeitsbewertung.pdf>. Zugriff am: 23. Januar 2024.
- [14] *Umweltmanagement - Ökobilanz - Grundsätze und Rahmenbedingungen*, DIN EN ISO 14040, International Organisation for Standardisation (IOS), Berlin, Feb. 2021.
- [15] J. L. Moro, *Baukonstruktion - vom Prinzip zum Detail: Band 1 Grundlagen*, 2. Aufl. Berlin, Heidelberg: Springer Vieweg, 2019.
- [16] A. Hollberg, J. Tschetwertak, S. Schneider und G. Habert, "Design-Integrated LCA Using Early BIM" in *Springer eBook Collection, Designing Sustainable Technologies, Products and Policies: From Science to Innovation*, E. Benetto, K. Gericke und M. Guiton, Hg., Cham: Springer International Publishing, 2018, S. 269–279, doi: 10.1007/978-3-319-66981-6\_30.
- [17] B. Wittstock, S. Albrecht, C. M. Colodel und J. P. Lindner, "Gebäude aus Lebenszyklusperspektive – Ökobilanzen im Bauwesen", *Bauphysik*, Jg. 31, Nr. 1, S. 9–17, 2009, doi: 10.1002/bapi.200910003.
- [18] TÜV Rheinland Consulting GmbH, *BIM Deutschland*. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.bimdeutschland.de/bim-deutschland/faq> (Zugriff am: 13. Februar 2024).
- [19] T. Viere *et al.*, "Teaching life cycle assessment in higher education" (eng), *The international journal of life cycle assessment*, Jg. 26, Nr. 3, S. 511–527, 2021, doi: 10.1007/s11367-020-01844-3.

# Digitale Beteiligungsplattformen: Eine Bestandsaufnahme

*Jonathan Matthei<sup>1</sup>, Donald Wilson Lako Nguedjui<sup>2</sup> und Maximilian Friedhelm Heinrich Christ<sup>3</sup>*

<sup>1</sup> RWTH Aachen, Lehrstuhl und Institut für Baumanagement, Digitales Bauen und Robotik im Bauwesen, matthei@icom.rwth-aachen.de

<sup>2</sup> RWTH Aachen, Lehrstuhl und Institut für Baumanagement, Digitales Bauen und Robotik im Bauwesen, lako@icom.rwth-aachen.de

<sup>3</sup> RWTH Aachen, Lehrstuhl und Institut für Baumanagement, Digitales Bauen und Robotik im Bauwesen, m.christ@icom.rwth-aachen.de

## Kurzfassung

Die zunehmende Digitalisierung von Verwaltungsleistungen hat die Verbreitung digitaler Beteiligungsplattformen in Planungs- und Genehmigungsprozessen vorangetrieben. Diese Plattformen bieten eine Vielzahl von Möglichkeiten zur Bürgerbeteiligung und werden zunehmend als Instrumente zur Förderung der Transparenz und demokratischen Teilhabe eingesetzt. Es ist daher entscheidend, einen umfassenden Überblick über den aktuellen Stand dieser Plattformen zu erhalten.

Diese Studie untersucht die Anwendungsbereiche digitaler Beteiligungsplattformen, ihre Ziele, Mehrwerte, Herausforderungen und Optimierungsmöglichkeiten. Dazu wird eine umfassende Literaturrecherche, bestehend aus einer systematischen Literaturrecherche und einer Online-Recherche durchgeführt. Zusätzlich werden Betreiber:innen digitaler Beteiligungsplattformen im deutschsprachigen Raum befragt.

Die Literaturrecherche verdeutlicht eine vielfältige Softwarelandschaft digitaler Beteiligungsplattformen in Deutschland. Von 82 Großstädten nutzen 49 solche Plattformen mit unterschiedlichem Funktionsumfang. Die Angebote reichen von Vorhabenlisten bis hin zu interaktiven Elementen wie Diskussionsforen oder Mängelmeldern. Auch auf Landesebene ist eine ähnliche Situation zu beobachten, wobei 11 von 16 Bundesländern über entsprechende Plattformen verfügen. Die empirische Befragung offenbart gemeinsame Zielsetzungen digitaler Beteiligungsplattformen, die insbesondere Transparenz, Verständlichkeit und Prozessoptimierung umfassen. Herausforderungen wie technische Probleme und Kommunikationsdefizite wurden identifiziert, wobei die Steigerung der Plattformbekanntheit und -attraktivität als Optimierungsmöglichkeit hervorgehoben werden.

Zukünftige Forschung sollten sich insbesondere auf Benutzerfreundlichkeit und dem Einsatz von KI-Methoden bei der Gestaltung und Nutzung von Beteiligungsplattformen konzentrieren, um Akzeptanz zu fördern und den entstehenden Aufwand angemessen zu berücksichtigen.

*Schlagwörter: Digitale Beteiligungsplattformen, E-Partizipation, Bürgerbeteiligung*

# 1 Einleitung

## 1.1 Ausgangssituation

Im Zuge der zunehmenden Digitalisierung finden vermehrt digitale Beteiligungsformen Anwendung bei der Involvierung von Bürger:innen in Planungs- und Genehmigungsprozesse [1]. Diese neuen Formen der Bürgerbeteiligung werden auch häufig als E-Partizipationsmaßnahmen bezeichnet.

Die Verwendung neuer digitaler Formen der Bürgerbeteiligung bieten große Chancen, aber auch Herausforderungen. Beispielhaft sind Zugangsschwellen zu Beteiligungsangeboten im digitalen Raum als deutlich geringer einzustufen [2] wohingegen die Glaubwürdigkeit digitaler Informationen im Vergleich zu analogen Informationen oftmals als geringer wahrgenommen wird [3].

Die Kernelemente dieser neuen digitalen Beteiligungsformen sind in der Regel digitale Beteiligungsplattformen, die insbesondere seit dem Ausbruch der Corona-Pandemie vermehrt genutzt werden [4]. Laut einer Studie von Billert und Peters ist die Einführung digitaler Beteiligungsplattformen aus Sicht der Bürger:innen das am meisten gewünschte Format, um sich mit ihren Anliegen an die Stadt zu wenden [5]. Diese Plattformen fungieren als digitale Räume für den Austausch zwischen der Öffentlichkeit und Vorhabensträgern.

## 1.2 Ziel

Ziel der vorliegenden Bestandsaufnahme ist es, umfangreiche Erkenntnisse über existierende digitale Beteiligungsplattformen im deutschsprachigen Raum (Deutschland, Österreich und Schweiz) zu gewinnen.

Im Zuge dessen sollen die folgenden Forschungsfragen beantwortet werden:

- Welche digitalen Beteiligungsplattformen existieren gegenwärtig im deutschsprachigen Raum?
- Welche Ziele und Mehrwerte verbergen sich hinter den existierenden digitalen Beteiligungsplattformen?
- Welche Herausforderungen und Optimierungsmöglichkeiten verbergen sich hinter den existierenden digitalen Beteiligungsplattformen?

## 1.3 Methode und Aufbau

Zur Beantwortung der zentralen Forschungsfragen erfolgt zunächst eine umfassende Literaturrecherche, die aus einer systematischen Literaturrecherche sowie eine Online-Recherche, zu bestehenden digitalen Beteiligungsplattformen besteht. Das Ziel dieser Recherche besteht darin, das aktuelle Angebot an digitalen Beteiligungsplattformen zu identifizieren sowie deren Anwendungsbereich zu untersuchen. Im nächsten Schritt werden im Rahmen einer empirischen Untersuchung Expert:innen von ausgewählten digitalen Beteiligungsplattformen zu den in der systematischen Literaturanalyse identifizierten Themenkomplexen befragt. Die empirische Untersuchung erfolgt in Form von qualitativen Experteninterviews, die nach der Methode von Mayring ausgewertet werden. Auf der Basis der Ergebnisse dieser Untersuchung werden im abschließenden Kapitel dieser Arbeit die zentralen Forschungsfragen beantwortet. Darüber hinaus wird ein Ausblick auf weitere Forschungsaspekte gegeben.

## 2 Literaturrecherche

### 2.1 Vorgehen

Zur Bestandsaufnahme von digitalen Beteiligungsplattformen wird eine systematische Literaturanalyse sowie eine umfassende Online-Recherche durchgeführt.

Die systematische Literaturanalyse wird mit den Schlüsselwörtern „Beteiligungsplattform“, „Digitale Beteiligungsplattform“, „Online Beteiligung“ durchgeführt. Die Suche nach Literatur erfolgt in den Datenbanken von Springer Link. In diesem Zusammenhang werden nur Quellen berücksichtigt, die ab 2017 veröffentlicht wurden und frei zugänglich waren. In diesem Jahr erfolgte durch das in Kraft getretene "Gesetz zur Verbesserung des Onlinezugangs zu Verwaltungsleistungen" - Onlinezugangsgesetz (OZG) ein Meilenstein im Digitalisierungsprozess öffentlicher Verwaltungen. Im Zuge dessen sollen Verwaltungsleistungen digitalisiert und digitale Verwaltungsportale bereitgestellt werden [6].

Eine detaillierte Beschreibung des Literaturrecherche ist in Abbildung 1 dargestellt. Doppelte Quellen werden ausgeschlossen. Darüber hinaus werden nur wissenschaftlich fundierte Quellen in den Ergebnisteil der Arbeit aufgenommen. Der Auswahlprozess erfolgte nach einem zweistufigen Screening-Verfahren, bestehend aus einem Abstract-Screening und einer anschließenden Durchsichtung der Volltexte. Dabei wurden die Quellen anhand ihrer Relevanz für das Forschungsthema ausgewählt.

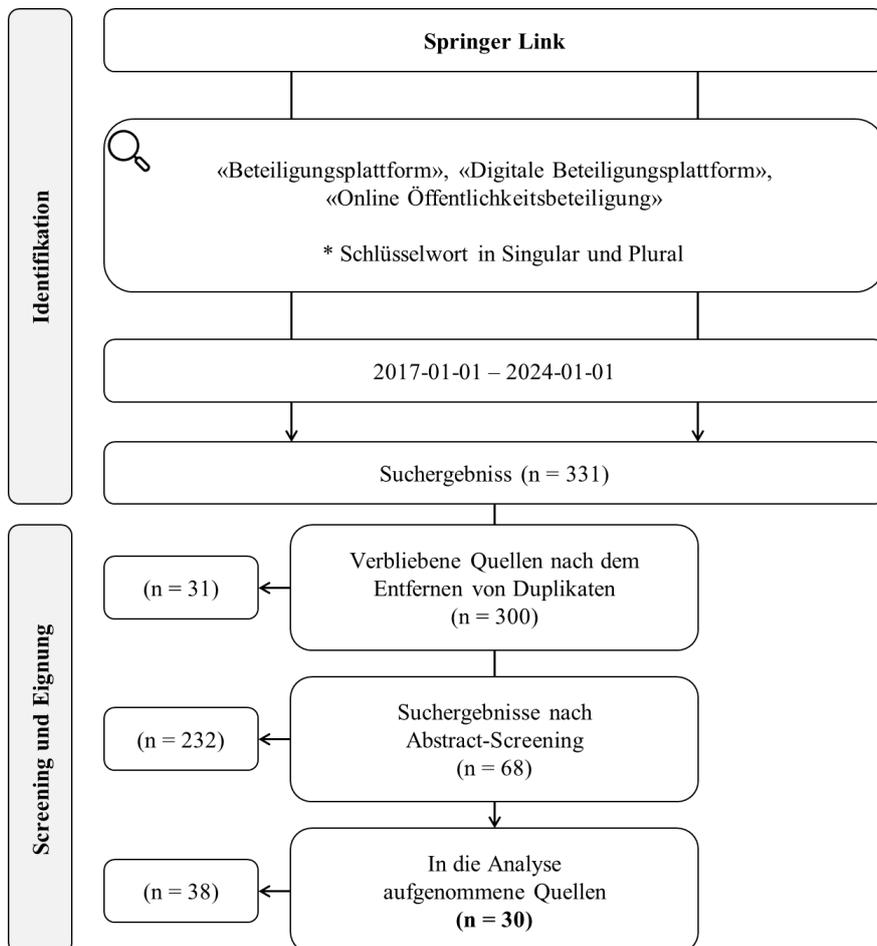


Abb. 1: Flussdiagramm des Suchprozesses

Die anschließende Online-Recherche zielt darauf ab, zusätzliche Informationen zum nationalen Status quo zu sammeln. Dies beinhaltet die Untersuchung deutscher Großstädte auf vorhandene Beteiligungsplattformen zum 01.01.2024. Für diese Analyse werden ausschließlich deutsche Großstädte berücksichtigt, die zum Stichtag 31.12.2022 eine Einwohnerzahl von mindestens 100.000 aufwiesen. Dies traf zu diesem Zeitpunkt auf 82 Städte in Deutschland zu [7]. Außerdem erfolgt eine Durchsuchung der 16 Bundesländer in Deutschland nach Beteiligungsplattformen. Hierzu wurde für jede identifizierte Großstadt und jedes Bundesland eine Online-Recherche durchgeführt.

Zur Ermittlung des Status quo von nationalen Beteiligungsplattformen wird das Konzept der Partizipationsleiter von Arnstein herangezogen [8]. Gemäß Arnstein lässt sich der Umfang der Bürgerbeteiligung in acht Stufen unterteilen. Die Stufen "Manipulation" und "Therapie" bilden die untersten Ebenen der Beteiligungshierarchie. Ihr Ziel ist es nicht, Menschen aktiv an Planungs- oder Durchführungsprozessen zu beteiligen. In den drei Stufen der Scheinbeteiligung können Bürger:innen zwar ihre Meinung äußern, aber es besteht keine Garantie dafür, dass ihre Beiträge tatsächlich berücksichtigt werden. Im Gegensatz dazu bieten die drei Stufen der Mitbestimmung, in Teilen Entscheidungskompetenz und echte Möglichkeiten zur aktiven Beteiligung und Einflussnahme [8].

Die Kategorisierung der acht Stufen nach Arnstein kann auf den Umfang von Beteiligungsplattformen übertragen werden. Dies ist in der folgenden Abbildung dargestellt:

Beschreibung nach Arnstein (1969)	Stufe	Umfang der Beteiligungsplattform	
Bürgermacht	Entscheidungskompetenz	8	Eine Beteiligungsplattform, die die Generierung einer Entscheidung ermöglicht
	Teilweise Entscheidungskompetenz	7	Eine Beteiligungsplattform mit Auswahloptionen zur Generierung einer Entscheidung
	Mitbestimmung	6	Eine Beteiligungsplattform mit interaktiven Elementen zur Entscheidungsfindung
Scheinbeteiligung	Einbeziehung	5	Eine Beteiligungsplattform mit Diskussionsforen und Funktionen zur Einbringung von Ideen
	Anhörung	4	Eine Beteiligungsplattform zur Einholung von Feedback
	Information	3	Eine Beteiligungsplattform, die Vorhabenlisten oder Verfahrensinformationen bereitstellt
Keine Beteiligung	Therapie	2	Keine Beteiligungsplattform, jedoch Existenz von Vorhabenlisten oder Verfahrensinformationen
	Manipulation	1	Keine Beteiligungsplattform

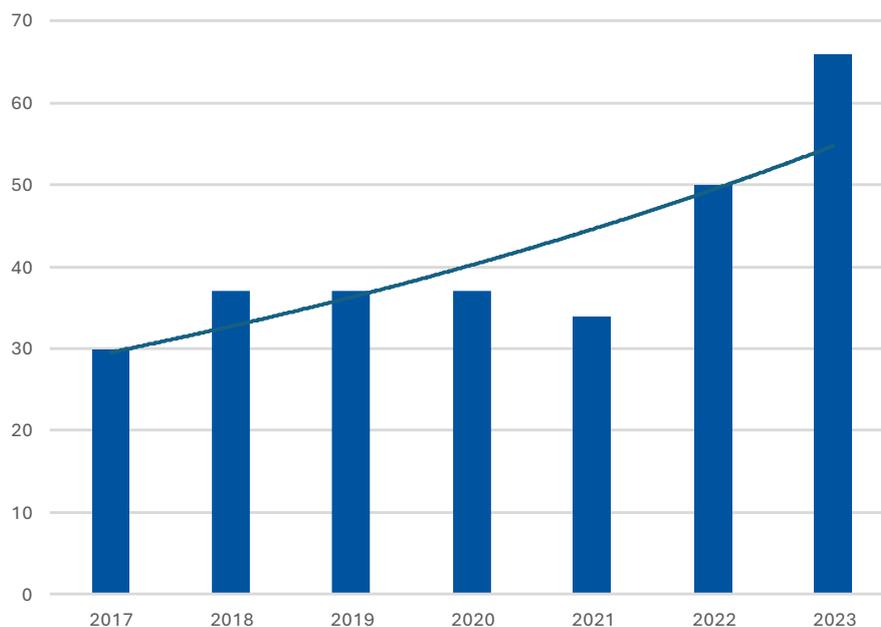
Abb. 2: Umfang der Bürgerbeteiligungsplattformen

In den ersten beiden Stufen wird keine tatsächliche Beteiligungsplattform bereitgestellt. Stufe 1 kennzeichnet das vollständige Fehlen einer solchen Plattform, während Stufe 2 zumindest eine Vorhabenliste oder Verfahrensinformationen bietet, auf die Bürger:innen online zugreifen können. In Stufe 3 werden die Vorhabenlisten oder Verfahrensinformationen auf einer Beteiligungsplattform konsolidiert und zusammengestellt. Die Möglichkeit zur digitalen Beteiligung besteht jedoch weiterhin nicht. Stufe 4 ermöglicht es den Bürger:innen Feedback abzugeben. Dies kann beispielsweise durch eine Online-Umfrage erfolgen, die auf der Beteiligungsplattform bereitgestellt wird. Stufe 5 bietet Diskussionsforen und Funktionen zur Einbringung von Ideen an, während Stufe 6 interaktive Elemente enthält, die Einfluss auf die Entscheidungsfindung nehmen. Dies stellen beispielsweise Mängelmelder oder Schadensmelder dar. In Stufe 7 werden Auswahloptionen bereitgestellt, um eine Entscheidung

zu generieren. Dies kann beispielsweise durch die Festlegung eines Budgets erfolgen. Auf Stufe 8 liegt schließlich die volle Entscheidungsbefugnis bei den Nutzer:innen der Plattform, wodurch sie direkt über das Vorhaben bestimmen können.

## 2.2 Ergebnisse der systematischen Literaturrecherche

Eine Analyse zur Anzahl der identifizierten 300 Veröffentlichungen im Themengebiet digitale Beteiligungsplattformen zeigt, dass ein erheblicher Anstieg insbesondere für die Jahre 2022 und 2023 zu beobachten ist. Betrachtet man eine exponentielle Trendlinie, so ist ein konstanter Anstieg im Zeitraum von 2017 bis 2023 zu erkennen.



*Abb. 3: Nationale Entwicklung an Veröffentlichungen zum Themengebiet digitale Beteiligungsplattformen*

In Bezug auf Einsatzgebiete und die damit einhergehenden Ziele und Nutzungen digitaler Beteiligungsplattformen lassen sich in der Literatur nur wenige Hinweise finden. Dana Mietzner beschreibt in ihrer Arbeit, dass Beteiligungsplattformen die Bürgerbeteiligung vereinfachen, die Transparenz in politischen Entscheidungsprozessen erhöhen und eine effektive Kommunikation und Beteiligung aller beteiligten Akteure, von Bürger:innen bis zu Behörden, an der Gestaltung und Bewertung von Projekten ermöglichen. Die Nutzung von Plattformen zur Information, Kommunikation und Mitentscheidung stellt dabei die häufigste Nutzungsform dar [9]. Diese Nutzung wird von Christian Arnold in seiner Publikation zu den Themen Stadtentwicklung, Umweltplanung, Gesundheitspolitik und Bildungspolitik bestätigt [10]. Judith Schoßböck identifiziert die Erweiterung der Zielgruppe, die Unterstützung der Partizipation durch Technologien sowie die Bereitstellung barrierefreier Formate und die Förderung inhaltlich relevanter Beiträge als wichtige Ziele von Beteiligungsplattformen [11]. In der Literatur bestätigen sich oder finden sich zudem weitere relevante Ziele, wie beispielsweise das Erreichen anderer Zielgruppen bei der Beteiligung (Jugendliche oder marginalisierte Gruppen einer Gemeinde) [12, 13], die Stärkung der Legitimität politischer Prozesse [14] sowie die Verbesserung der Vermittlung und Rückkopplung zwischen lokaler Bevölkerung, Politik und Fachplanung [15].

Beteiligungsplattformen versprechen eine Vielzahl von Mehrwerten, darunter die frühzeitige Konfliktlösung, die Bereitstellung von Informationen in mehreren Sprachen und die orts- und zeitunabhängige Beteiligung durch Webtechnologien und mobile Apps [16]. Dies kann zu einer gesteigerten Effizienz, Kosteneinsparungen und einer breiteren Bürgerbeteiligung, insbesondere für Personen mit Mobilitätseinschränkungen oder geringem Zeitbudget führen [17]. Die digitale Bürgerbeteiligung ermöglicht einen kontinuierlichen Austausch, stärkt die politische Kultur und unterstützt effiziente Entscheidungsprozesse [18]. Sie trägt zur Verbesserung der politischen Legitimität und des Vertrauens bei, erhöht die Partizipationsquoten und fördert einen konstanten Dialog zwischen Bürger:innen und Entscheidungsträger:innen [13]. Durch niedrighschwellige Teilnahmemöglichkeiten und zeitunabhängige Nutzung werden Barrieren abgebaut und die Beteiligungsbereitschaft erhöht [2]. Darüber hinaus bieten Beteiligungsplattformen die Möglichkeit zur Analyse von Daten und Engagement-Strategien [12] sowie zur Förderung digitaler Kompetenzen [11]. Insgesamt stellen sie ein flexibles und inklusives Instrument zur politischen Teilhabe dar, das die Vereinbarkeit von Beruf und Privatleben, sofern Beteiligungen zeit- und ortsunabhängig geführt werden, unterstützt und eine dauerhafte Mitwirkungsmöglichkeit für die Bürgerschaft bietet [19].

Die Herausforderungen, die sich im Kontext von Beteiligungsplattformen stellen, sind vielfältig. Sie umfassen Sicherheits- und Authentifizierungsfragen [17], Datenschutzaspekte, niederschwellige Beteiligung, digitale Kluften, Manipulationsrisiken sowie die Notwendigkeit, bildungsbenachteiligte Gruppen zu erreichen [20]. Es besteht die Notwendigkeit, die Aktivierung von Bürger:innen zu fördern, insbesondere durch innovative Kontaktpflege und die Überwindung sprachlicher Barrieren [10]. Weitere Herausforderungen umfassen die Sicherstellung der Privatsphäre [21], die Methoden zur Erreichung verschiedener Teilnehmer [12], die soziale Akzeptanz von E-Partizipation [22] sowie die Stimulierung von Aktivität unter den Bürger:innen [23]. Es gilt, die Interessen junger Menschen in politischen Prozessen zu berücksichtigen [13] und ethische Implikationen im Rahmen der Automatisierung und Nutzung von künstlicher Intelligenz als Unterstützung zur Entscheidungsfindung zu berücksichtigen [11]. Manipulationsmöglichkeiten, Datensicherheit, Trollen und Hate Speech sind ebenfalls wichtige Aspekte die beachtet werden sollen [15]. Des Weiteren sind die langfristige Einbindung der Bürger:innen, die Aggregation von Interessen sowie die Bewältigung großer Datenmengen von Bedeutung [15]. Auch Datenschutzregelungen und rechtliche Fragen müssen berücksichtigt werden [24]. Eine weitere Herausforderung stellt die angemessene Information der Öffentlichkeit über Beteiligungsverfahren dar, um eine breite Teilnahme sicherzustellen [25].

### 2.3 Ergebnisse der Online-Recherche

Gemäß der Online-Literaturrecherche verfügen zum Status quo 49 von 82 deutschen Großstädten (ca. 60%) über eine digitale Beteiligungsplattform. Bei der Einordnung dieser Plattformen in die zuvor definierten Entwicklungsstufen fällt auf, dass in 19 deutsche Großstädte weder eine digitale Beteiligungsplattform noch eine Vorhabenliste oder Verfahrensinformationen digital verfügbar sind (siehe Abbildung 4). Zusammen mit den 14 Großstädten, die zwar eine Vorhabenliste oder Verfahrensinformationen bereitstellen, aber keine Beteiligungsplattform haben, ergibt sich, dass in mehr als einem Drittel aller deutschen Großstädte (ca. 40%) keine digitale Beteiligungsplattform existiert (**Stufe 1 und 2**). Von den derzeit 49 Beteiligungsplattformen bieten 4 lediglich Vorhabens- und Verfahrensinformationen an (**Stufe 3**). Hierbei ist jedoch anzumerken, dass viele dieser Plattformen noch im Aufbau sind und in Zukunft um weitere Funktionalitäten ergänzt werden sollen. Weitere 5 deutsche Großstädte ermöglichen Feedbackmöglichkeit für Bürger:innen auf ihrer Beteiligungsplattform (**Stufe 4**). Darüber hinaus verfügen 16 Großstädte über Diskussionsforen und

Funktionen zur Einbringung von Ideen (**Stufe 5**). Fast die Hälfte der existierenden Beteiligungsplattformen (23 von 51) bieten interaktive Elemente zur Entscheidungsfindung (**Stufe 6**). In diesem Zusammenhang können Bürger:innen beispielsweise über einen Mängelmelder auf ihre Anliegen aufmerksam machen, die mit steigender Zustimmung umgesetzt werden sollen. In einer deutschen Großstadt besteht zusätzlich die Möglichkeit, ein definiertes Haushaltsbudget über die Beteiligungsplattform Projekten zuzuordnen (**Stufe 7**). Keine deutsche Großstadt überträgt die Entscheidungsmacht vollumfänglich an die Bürger:innen (**Stufe 8**).

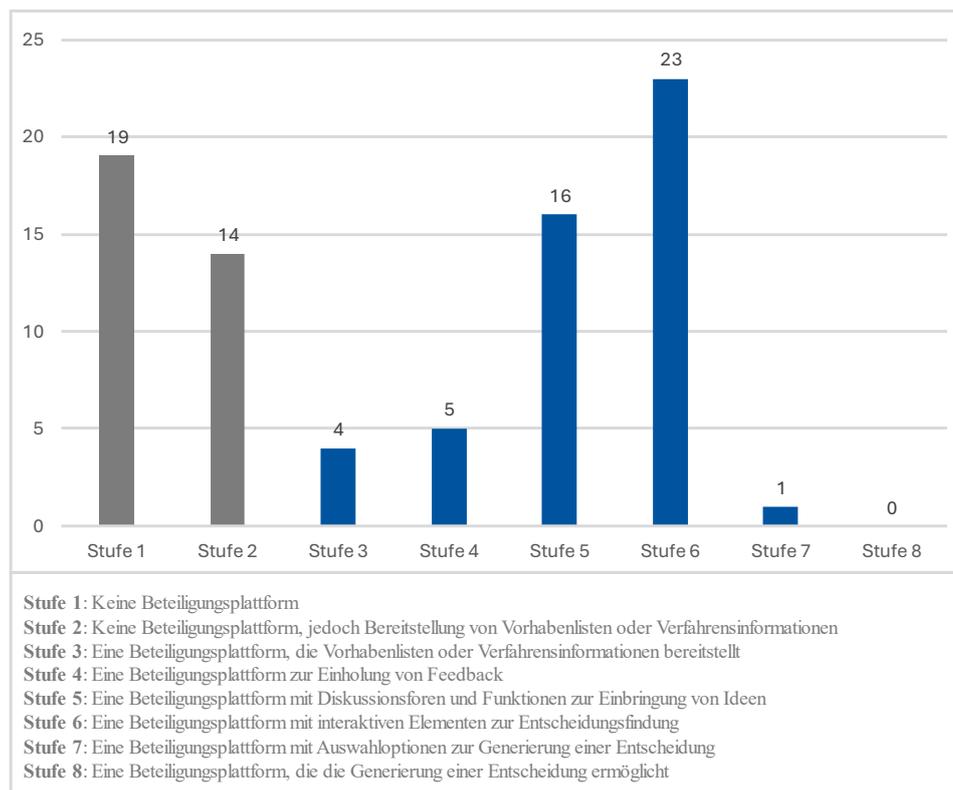


Abb. 4: Entwicklungsstadien der digitaler Beteiligungsplattformen in deutschen Großstädten

Bei der Analyse der Registrierungsmethoden, die ein Nutzer beziehungsweise eine Nutzerin auf der digitalen Beteiligungsplattform vornehmen muss, lassen sich vier verschiedene Arten identifizieren. Die Arten der Registrierung sowie die jeweilige Anzahl der entsprechenden Beteiligungsplattformen, für die jede Art gilt, sind in der folgenden Abbildung dargestellt.

Registrierungsarten auf den digitalen Beteiligungsplattformen	Anzahl
Registrierung mit Mailadresse, echtem Namen und Postanschrift notwendig	3
Registrierung mit Mailadresse und echtem Namen notwendig	8
Registrierung mit Mailadresse und fiktiven Namen notwendig	35
Keine Registrierung notwendig	3

Abb. 5: Registrierungsarten auf den digitalen Beteiligungsplattformen

Bei den meisten Beteiligungsplattformen ist eine Registrierung erforderlich, bei der Nutzer:innen ihre Mailadresse und einen fiktiven Namen angeben müssen. Bei einigen Plattformen ist es zudem notwendig den echten Namen sowie die Postanschrift anzugeben. Auf drei der untersuchten Beteiligungsplattformen ist keine Registrierung erforderlich. Dabei handelt es sich ausschließlich um Beteiligungsplattformen, die lediglich Vorhabenlisten oder Verfahrensinformationen bereitstellen.

Eine bemerkenswerte Beobachtung aus der Recherche ist, dass fünf Beteiligungsplattformen aus vier unterschiedlichen Bundesländern auf CONSUL basieren, einer Open-Source Software. Diese Software wurde ursprünglich von der Stadt Madrid entwickelt und wird zum Stichtag im Januar 2024 in 23 Ländern weltweit eingesetzt [26]. Darüber hinaus basieren die Beteiligungsplattformen der drei Großstädte in Sachsen auf dem Beteiligungsportal „eGov Sachsen“. Hierbei handelt es sich um ein E-Government-Service des Freistaates Sachsen [27].

Die meistgenutzte Beteiligungsplattform in deutschen Großstädten ist Open.NRW, eine zentrale Komponente der Open Government-Strategie in Nordrhein-Westfalen. Ziel dieser ist der Ausbau der frühzeitigen Öffentlichkeitsbeteiligung durch eine zentrale Plattform, die in mehreren Städten zum Einsatz kommt [28].

Im Zuge der Online-Recherche wurde außerdem festgestellt, dass zwei Großstädte in Hessen neben ihrer webbasierten Beteiligungsplattform eine mobile App zur Verfügung stellen, über die eine Beteiligung direkt auf Smartphones möglich ist [29, 30].

Betrachtet man den aktuellen Stand auf Landesebene, so verfügen 11 von 16 Bundesländer über eine digitale Beteiligungsplattform auf Landesebene. Es ist jedoch zu betonen, dass die Beteiligungsportale in Thüringen und Sachsen-Anhalt zum Status quo lediglich zu Testzwecken dienen und noch keine vollumfängliche Nutzung möglich ist. Die Bundesländer Bayern, Brandenburg, Bremen, Mecklenburg-Vorpommern und das Saarland verfügen über keine Beteiligungsplattform auf Landesebene. Allerdings hat das Bundesland Mecklenburg-Vorpommern mit MV.mituns.de eine Plattform ins Leben gerufen, die speziell für Jugendliche Beteiligungsangebote bereitstellt [31]. In Bayern ist zudem das Portal „BayernPortal“ im Einsatz, das Informationen von Kommunen, Landes- und Bundesbehörden auf einer zentralen Seite bündelt und auf die Portale der Großstädte verweist [32]. Das Beteiligungsportal aus Nordrhein-Westfalen (Beteiligung NRW) ist vom Aufbau her identisch strukturiert wie die Beteiligungsplattformen vieler Großstädten in Nordrhein-Westfalen, darunter Düsseldorf, Essen und Duisburg. Hierbei handelt es sich mit „Beteiligung NRW“ um ein Angebot von Open.NRW, das den Kommunen zur Verfügung gestellt wird [33]. Der Aufbau der Beteiligungsplattform „Beteiligung NRW“ entspricht zudem dem Aufbau der Beteiligungsplattformen in Sachsen, Sachsen-Anhalt und Rheinland-Pfalz, die auf einem E-Government-Service (eGov Sachsen) des Freistaates Sachsen beruhen [34].

## 3 Empirische Untersuchung

### 3.1 Vorgehen

Für die systematische Strukturierung der ermittelten Informationen aus den Experteninterviews werden vorab Kategorien und Unterkategorien, sortiert nach Themenkomplexen, gebildet und tabellarisch in Form von Steckbriefen festgehalten (*Schritt 1*). Definiert werden vier übergeordnete Kategorien, die unter Berücksichtigung der in Kapitel 1.2 angeführten Forschungsfragen möglichst alle relevanten Themen einer digitalen Beteiligungsplattform inkludieren. Die 4 Kategorien sind (1)

Allgemeine Informationen, (2) Ziele, Mehrwerte und Anforderungen, (3) Technische Informationen, (4) Verbesserungen und Herausforderungen.

Als Grundlage für die empirische Untersuchung wird ein Interviewleitfaden entwickelt (*Schritt 2*), um Expert:innen von konkreten Beteiligungsplattformen gezielt befragen zu können. Der Interviewleitfaden entwickelt sich aus den verwendeten Kategorien und Unterkategorien der Steckbriefe. Hierbei wird zu jeder Unterkategorie eine oder mehrere Fragen erstellt, die bei Bedarf durch vordefinierte Antwortmöglichkeiten und Beispiele unterstützt werden.

Die Auswahl der Interviewpartner erfolgt nach Verfügbarkeit und den identifizierten Einsatzgebieten der systematischen Literaturanalyse aus Kapitel 2.1. (*Schritt 3*). Kontaktiert werden die Betreiber der identifizierten Beteiligungsplattformen. Eingegrenzt wird die Suche nach digitalen Beteiligungsplattformen auf den deutschsprachigen Raum in Ländern, Deutschland, Österreich und der Schweiz. Die Auswahl wurde auf diese drei Länder eingegrenzt, in denen die Mehrheit der ansässigen Bevölkerung des Landes deutschsprachig ist [35].

Im nächsten Schritt werden Experteninterviews auf Basis des entwickelten Interviewleitfadens durchgeführt (*Schritt 4*). Insgesamt wurden 8 Interviews durchgeführt, davon 6 in Deutschland und 2 im deutschsprachigen Ausland. Die Inhaltsanalyse nach Mayring erfolgt anschließend, bei der jedes Interview systematisch transkribiert wird, um die Aussagen der Interviewpartner:innen schriftlich festzuhalten (*Schritt 5*). Die Antworten der Expert:innen werden zusammengefasst und in den kategorisierten Steckbrief eingeordnet.

## 3.2 Ergebnisse

Acht Interviews wurden mit Vertretern von Beteiligungsplattformen durchgeführt, die sich ausschließlich im deutschsprachigen Raum befinden. Zwei dieser Plattformen sind außerhalb Deutschlands ansässig. Teilnehmer aus Berlin, München, Karlsruhe, Freiburg, Nordrhein-Westfalen und Baden-Württemberg in Deutschland sowie aus Wien in Österreich und Zürich in der Schweiz nahmen an den Interviews teil.

Die Plattform mitmachen.Freiburg ist die am längsten genutzte in diesem Vergleich und besteht seit etwa 10 Jahren. Softwaretechnisch gibt es Unterschiede zwischen den Plattformen. Drei von acht Plattformen, darunter mein.Berlin und unser.München, nutzen Open-Source-Software wie Consul oder Liquid Democracy als Grundlage ihres Systems. Die anderen Betreiber, wie die Städte Karlsruhe und Freiburg, haben ihre Plattformen in Zusammenarbeit mit privaten IT-Dienstleistern entwickelt. Die Plattform der Stadt Wien wurde vollständig intern entwickelt.

Alle Ergebnisse der in Kapitel 3.1 erwähnten Kategorien sind in den Interviews abgefragt und ausgewertet worden. Dieser Ergebnisbericht bezieht sich nur auf die zentralen und relevantesten Aussagen bezüglich der in Kapitel 1.2 formulierten Ziele. Die zentralen Unterkategorien für den Ergebnisbericht sind: (i) das Einsatzgebiet, (ii) die Ziele der Plattform, (iii) Optimierungsmöglichkeiten und (iv) Herausforderungen, die bei der Erstellung und Nutzung der Plattform aufgetreten sind.

### (i) Einsatzgebiet

Ein zentraler Aspekt von digitalen Beteiligungsplattform ist ihr Einsatzgebiet. Alle der befragten Vertreter:innen gaben an das ihre Plattformen für mehrere Projekte eingesetzt und genutzt werden. Die

Plattformen sind dementsprechend für einen projektspezifischen Einsatz ausgelegt. Wie in Kapitel 3.1 ausgeführt, kann dieser Einsatz je nach Plattform auf kommunaler oder landesweiter Ebene stattfinden.

Aufbauend auf jener Frage ist mit der folgenden Frage expliziter nach dem Einsatzgebiet gefragt worden: Welchem Einsatzgebiet kann die Plattform zugeordnet werden? Alle Befragten gaben an, dass ihre Plattformen in verschiedenen informellen Verfahren eingesetzt werden. Diese reichen von Ideen- über Planungs- bis hin zu Bauprozessen.

Neben informellen Verfahren können über digitale Beteiligungsplattformen Teilbereiche des formellen Verfahrens abgewickelt werden. 3 der befragten Beteiligungsplattformen bieten eine Informationsbereitstellung für Planfeststellungsverfahren oder Bauleitplanung an. Informationsbereitstellung meint in diesem Fall, dass der Projektinitiator über die digitale Beteiligungsplattform die Möglichkeit hat den Bürger oder die Bürgerin über den Ablauf und die zentralen Fakten eines formellen Verfahrens zu informieren. Umgekehrt ist es den Bürger:innen in diesem Fall nicht möglich aktiv an informellen Verfahren über die Plattform teilzunehmen, in dem sie zum Beispiel eigene Informationen oder Kommentare hochladen. Über die digitale Beteiligungsplattform BRISE.Vienna ist es jedoch möglich, die erforderlichen Dokumente für eine Baugenehmigung online über die Plattform einzureichen. Die Digitalisierung formeller Verfahren ist auch für die Plattform Open.NRW relevant. So soll zukünftig das Bundesemissionsverfahren, welche u.a. für die Genehmigung von Windkraftanlagen genutzt wird, über die Beteiligungsplattform Open.NRW abgewickelt werden.

Weitere Einsatzgebiete von digitalen Beteiligungsplattformen sind die Involvierung von Bürger:innen an der Haushaltsplanung einer Kommune und ein Mängelmelder. Ersteres bietet den Bürger:innen die Möglichkeit, sich an der Budgeteinteilung und der Organisation und Erstellung von kommunaler Haushaltsplanung aktiv zu beteiligen, während ein Mängelmelder eine Funktion beschreibt, in denen Bürger:innen Schäden und Mängel ihrer jeweiligen Kommune oder Stadt der zuständigen Fachbehörde melden können.

## **(ii) Ziele**

In der Auswertung kristallisiert sich zunächst ein grundsätzliches, übergeordnetes Ziel heraus. Für 5 der 8 Interviewpartner:innen ist die Förderung einer digitalen Beteiligung ein zentrales Ziel der jeweiligen Plattform. Mithilfe der zur Verfügung gestellten Plattformen sollen digitale Beteiligungen sowohl für die Bürger:innen als auch für die Verwaltungen zugänglicher gemacht werden. Die weiteren Ziele, die in den Interviews erwähnt wurden, trennen sich in Interaktionsziele und in Ziele der Verwaltungsverfahren.

Wie der Name bereits mutmaßen lässt, beziehen sich die Interaktionsziele auf die Interaktion zwischen Plattformbetreiber bzw. Projektinitiator und der jeweiligen Nutzer:innengruppe. Ein genanntes Ziel, welches in 5 der 8 Interview erwähnt wurde, ist daher beispielsweise die Abbildung eines diversen Meinungsbildes. Es sollen möglichst viele unterschiedliche Meinungen über die Beteiligungsplattform für das jeweilige Anliegen eingehen.

Eine digitale Beteiligungsplattform soll darüber hinaus in Planungs- und Bauprozessen die Transparenz erhöhen und somit auch die Verständlichkeit dieser Verfahrensprozesse seitens der Bürger:innen steigern. Ein weiteres Ziel ist es, mithilfe digitaler Beteiligungsplattformen die Teilnahme an einem Beteiligungsprozess ort- und zeitunabhängig zu gestalten. Dies soll

gegebenenfalls in größeres und diverseres Meinungsbild ermöglichen. Einhergehend mit dem zuletzt genannten Ziel, ist von 6 Interviewpartner:innen die Schaffung von niederschweligen Angeboten an der Teilnahme genannt worden.

Die Verwaltungen und Betreiber von Beteiligungsplattformen streben eine Beschleunigung der Verfahren an, sowohl für formelle als auch informelle Beteiligungen. Die Nutzung digitaler Plattformen soll dazu beitragen, diese Prozesse effizienter zu gestalten und die Verwaltungsabläufe zu optimieren, während die Unabhängigkeit der Verwaltungen erhalten bleibt. Dies bedeutet, dass die Verwaltungen das volle Kompetenz- und Know-how über die Prozesse und die Plattform behalten und nicht an externe Firmen oder Betreiber ausgelagert wird.

Ein weiteres Ziel ist die Kostenreduzierung, insbesondere der internen Verwaltungskosten, was vor allem die Betreiber:innen der Plattform betrifft. Die Standardisierung und Vereinheitlichung der Software und der Beteiligungsplattform als Ganzes tragen ebenfalls zur Kostensenkung bei.

### **(iii) Optimierungsmöglichkeiten**

Eine zentrale Forderung laut den Interviewpartner:innen, um die jeweilige Plattform zu optimieren, ist, die mobile Nutzung zu verbessern. Mit dieser Forderung ist gemeint, dass insbesondere eine optimierte Nutzung auf Smartphones und Tablets möglich sein soll. Jene geforderte Optimierungsmöglichkeit geht einher mit der grundsätzlichen Forderung technische Hürden zu reduzieren. So soll es dem Nutzer, der Nutzerin zukünftig einfacher gemacht werden, direkten Zugang zu einer Beteiligung zu erlangen, zum Beispiel durch den Verzicht auf Login und Eingabe von persönlichen Daten oder E-Mail-Adressen.

Neben diesen Aspekten soll allen voran die Bekanntheit und die Attraktivität der Plattformen für die jeweiligen Nutzer:innen gesteigert werden. Von 8 Interviewpartner:innen ist von 6 Partner:innen außerdem die Forderung genannt worden, die Übersichtlichkeit der Benutzeroberfläche der jeweiligen Plattform zu erhöhen. Geplant sind darüber hinaus von einigen Betreibern Ansätze eine Künstlichen Intelligenz (KI) in die Beteiligungsplattform zu implementieren, um zum Beispiel die Auswertung von Beteiligungsergebnisse zu automatisieren. Auf anderen Plattformen, wie zum Beispiel auf der Beteiligungsplattform mein.Berlin, soll zukünftig digitales Kartenmaterial eingefügt werden können. So sollen Nutzer:innen der Plattformen Zugriff auf interaktive Geo-, Klima- und Energiedaten erhalten.

### **(iv) Herausforderungen**

Für die jeweiligen Herausforderungen von Beteiligungsplattformen wird unterschieden zwischen Herausforderungen bei der Erstellung und bei der Nutzung von Beteiligungsplattformen. Außerdem kristallisierten sich im Laufe der Auswertung übergreifende Herausforderungen heraus, die sowohl bei der Erstellung als auch bei der Nutzung erwähnt wurden und hier zunächst ausgeführt werden.

Die jeweiligen Kommunen zu motivieren, digitale Beteiligungsplattformen zu erstellen bzw. zu nutzen, war eine der übergreifenden Herausforderungen. Überdies stellt die fehlende Begeisterung für digitale Beteiligungsplattformen und die fehlende Werbung bzw. ein geringes Marketing eine große Problematik dar. Von dem Problem der fehlenden Bekanntheit sind nicht nur die jeweilige Zielgruppe, die sich an Projekten der Plattform beteiligen sollen, betroffen, sondern auch die einzelnen Verwaltungen und Fachresorts der Kommunen oder Länder. Für diese Problematik wird von den

Interviewpartner:innen ein fehlendes Marketing und ein zu geringes Budget angeführt. Es fehle an monetärem Kapital, um technische Schwachstellen an der Plattform auszubessern oder um gezieltes Marketing für die jeweilige Nutzer zu finanzieren. Die Integration des formellen Verfahrens, stelle eine weitere übergreifende Herausforderung dar, die sowohl in der Erstellung als auch bei der Nutzung für Schwierigkeiten Sorge.

Im Bereich der Erstellung werden darüber hinaus weitere Herausforderungen erwähnt. Zunächst gab es eine grundsätzliche Unwissenheit über den Status quo von existierenden Beteiligungsplattformen. Häufig war nicht bekannt welche Angebote es an Beteiligungsplattformen überhaupt gibt, wie diese konkret aussehen oder welche Softwareanbieter es gibt. Auch die Unwissenheit bezüglich des Bedarfs und der Nachfrage an digitaler Beteiligung war zum Zeitpunkt der Erstellung der jeweiligen Plattform nicht selten unklar. Rechtliche Fragestellungen und juristische Prozesse waren insbesondere für die Vertreter:innen der Plattform Open.NRW relevante Herausforderungen. Auch die Frage nach dem Umgang mit der Koexistenz zwischen analoger und digitaler Beteiligungsplattformen stellte ein Teil der Betreiber vor Herausforderungen. Neben dieser Frage war auch die Verknüpfung mit der vorhandenen Softwarelandschaft während der Erstellung häufig herausfordern. Gemeint ist hier primär die Verknüpfung der konkreten Software der Beteiligungsplattformen mit den einzelnen Systemen der jeweiligen Verwaltungen. Darüber hinaus gab es während der Erstellung von Beteiligungsplattformen in einigen Fällen weitere technische Herausforderungen, wie zum Beispiel Programm-, Software- oder Registrierungsfehler.

Betrachtet man die Herausforderungen während der Nutzung der Plattform kristallisieren sich zwei zentrale Herausforderungen heraus. Zum einen fehlt es der jeweiligen Beteiligungsplattform gegenwärtig oftmals an einer Attraktivität gegenüber dem Nutzer:innen. Es mangelt hier vielfach an prägnanten Gründen, warum der Bürger oder die Bürgerin sich auf der Plattform beteiligen sollte. Zum anderen fehlt es gegenwärtig an einer systematischen Etablierung von neuen Beteiligungsplattformen in den vorhandenen Arbeitsprozess von Verwaltungen.

## 4 Fazit und Ausblick

Im Zuge der zunehmenden Digitalisierung von Verwaltungsleistungen ist eine deutliche Zunahme digitaler Beteiligungsformate zu verzeichnen. Insbesondere digitale Beteiligungsplattformen, als zentrale Instrumente elektronischer Partizipationsmaßnahmen, gewinnen an Bedeutung.

Das Ziel der Studie war es, eine aktuelle Bestandsaufnahme zu digitalen Beteiligungsplattformen im deutschsprachigen Raum (Deutschland, Österreich und die Schweiz) durchzuführen. Hierzu erfolgte zunächst eine umfassende Literaturrecherche bestehend aus einer systematischen Literaturrecherche und einer Online-Recherche. Aufbauend auf den Erkenntnissen erfolgte eine empirische Datenerhebung in Form von Experteninterviews mit Betreibern von Beteiligungsplattformen.

Die Ergebnisse der Literaturrecherche lassen den Schluss zu, dass das Interesse an der Untersuchung von Beteiligungsplattformen hinsichtlich deren Nutzung in den letzten Jahren signifikant gestiegen ist. Die Hauptziele dieser Plattformen sind eine mögliche Steigerung der Akzeptanz, Transparenz und Legitimität in sozio-politischen Entscheidungsprozessen. Die Vorteile solcher Plattformen sind vielfältig. Sie versprechen eine frühzeitige Konfliktlösung, bieten mehrsprachige Informationen und eine ortsunabhängige Teilnahme. Allerdings stehen digitale Beteiligungsplattformen vor

Herausforderungen wie Sicherheitsfragen, Datenschutz, niederschwelliger Beteiligung und der Erreichung verschiedener Zielgruppen. Besonders wichtig sind dabei Sicherheits- und Authentifizierungsaspekte sowie die Aktivierung von Bürger:innen zur aktiven und dauerhaften Nutzung.

Die Ergebnisse der durchgeführten Online-Recherche zeigen, dass zum Stand vom 01.01.2024 insgesamt 49 von 82 deutschen Großstädten über ein digitale Beteiligungsplattform verfügen. Diese Plattformen bieten unterschiedliche Möglichkeiten der Beteiligung an, die sich in ihrem Umfang unterscheiden. Dabei reichen die Angebote von reinen Vorhabenlisten oder Verfahrensinformationen bis hin zu Diskussionsforen und interaktiven Elementen wie Mängelmeldern oder Schadensmeldern. Auf Landesebene verfügen 11 von 16 Bundesländer über eine digitale Beteiligungsplattform. Es ist jedoch zu beachten, dass viele dieser Angebote sich noch in der Erprobungsphase befinden und daher noch nicht vollumfänglich nutzbar sind.

Die Ergebnisse der 8 durchgeführten Interviews lassen erkennen, dass es bezüglich der Ziele und Mehrwerte klare Parallelen zwischen den befragten Beteiligungsplattformen gibt. Neben dem zentralen Ziel, die digitale Beteiligung an sich zu fördern, kristallisierten sich insbesondere Interaktionsziele und Verwaltungsverfahrenziele heraus. Zentrale Aspekte der Beteiligungsplattformen sind hier zum einen die Steigerung von Transparenz und Verständlichkeit zwischen Betreiber und Bürger:innen und zum anderen die Prozessoptimierung und Verfahrensbeschleunigung von Beteiligungsprozessen in der Verwaltung.

Betrachtet man Optimierungsmöglichkeiten und Herausforderungen, so sind zwei zentralen Themen aus den Expert:inneninterviews zu identifizieren. Einerseits gibt es technischen Herausforderungen und Optimierungspotential. Hierunter fallen Aspekte, wie die Software- und Programmfehler, das Einbinden von formellen Verfahren in die Plattform oder auch die Verbesserung der mobilen Nutzung. Das Thema Kommunikation zwischen Bürger:innen und Betreiber:innen der Plattformen bildet einen weiteren Themenschwerpunkt. Zentrale Herausforderungen sind diesbezüglich ein fehlendes Marketing, ein geringes Budget oder auch eine fehlende Beteiligung und Kommunikation seitens der Kommunen. Resultierend daraus sind insbesondere die Steigerung von Bekanntheit und Attraktivität der jeweiligen Plattform zentrale Optimierungsmöglichkeiten.

Es lässt sich zusammenfassend feststellen, dass eine äußerst vielfältige Softwarelandschaft an digitalen Beteiligungsplattformen existiert. Mit Ausnahme einzelner Initiativen wie in Nordrhein-Westfalen und in Sachsen ist sowohl der strukturelle Aufbau als auch der Umfang an Beteiligungsmöglichkeiten auf diesen Plattformen äußerst unterschiedlich. Eine vorherrschende Tendenz besteht darin, dass auf Landes- und Stadtebene individuelle Lösungen entwickelt werden.

Zukünftige Forschungsarbeiten sollten insbesondere die Aspekte Benutzerfreundlichkeit sowie den Einsatz von KI-Methoden im Kontext einer automatisierten Ergebnisauswertung von Beteiligungsplattformen untersuchen. Dies ist erforderlich, um die Akzeptanz und den entstehenden (Mehr-) Aufwand, der durch die Nutzung solcher Plattformen entstehen kann, angemessen zu berücksichtigen.

### **Danksagung**

Dieser Beitrag entstand im Rahmen des vom Bundesministerium für Digitales und Verkehr (BMDV) geförderten Forschungsvorhaben BIM4People (FKZ: 19FS2057A).

## 5 Literaturverzeichnis

- [1] H. Kribbel, *Digitale Bürgerbeteiligung in Kleinstädten: eine Analyse der Beteiligungspraxis in fünf Kleinstädten*, 7. Aufl. Cottbus: HochschulCampus KleinstadtForschung, 2023. Zugriff am: 31. März 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://opus4.kobv.de/opus4-btu/frontdoor/index/index/docid/6593>
- [2] W. Himmel, "Bürgerbeteiligung gelingt auch digital," in *Berührende Online-Veranstaltungen: So gelingen digitale Events mit emotionaler Wirkung*, S. Luppold, W. Himmel und H.-J. Frank, Hg., Wiesbaden, Heidelberg: Springer Gabler, 2021, S. 27–45.
- [3] C. Thewes, C. Saalbach und U. Kohler, *Bürgerbeteiligung bei umweltrelevanten Großprojekten: Der Beteiligungs-Bias als methodisches Instrument zur Bewertung von Beteiligungsverfahren*, 2014. Zugriff am: 31. März 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.uni-potsdam.de/fileadmin/projects/soziologie-methoden/pdf/beteiligung.pdf>
- [4] O. Märker und J. Fielitz, *Systematischen Weiterentwicklung der Öffentlichkeitsbeteiligung im Rahmen der Einrichtung gesamtstädtischer Beteiligungsplattformen*, 2022. Zugriff am: 31. März 2024. [Online]. Verfügbar unter: [https://www.netzwerk-buergerbeteiligung.de/fileadmin/inhalte/pdf-dokumente/newsletter\\_beitraege/2\\_2022/nbb\\_beitrag\\_maerker\\_fielitz\\_220707.pdf](https://www.netzwerk-buergerbeteiligung.de/fileadmin/inhalte/pdf-dokumente/newsletter_beitraege/2_2022/nbb_beitrag_maerker_fielitz_220707.pdf)
- [5] J. Sommer, Hg. *Gelebte Demokratie in der Stadt der Zukunft - Entwicklung einer digitalen Beteiligungsplattform* (Kursbuch Bürgerbeteiligung 4). Berlin: Republik Verlag, 2021.
- [6] M. Zäper, *Die Verfassungsmäßigkeit des Onlinezugangsgesetzes*, 1. Aufl. (Studien zum öffentlichen Recht v.34). Baden-Baden: Nomos Verlagsgesellschaft, 2023.
- [7] Statistisches Bundesamt, Wirtschaft und Statistik, "Internetnutzung in privaten Haushalten in Deutschland: Ergebnisse der Erhebung 2010," S. 709–718, 2011.
- [8] S. Arnstein, "'A Ladder of Citizen Participation'," *Journal of the American Institute of Planners*, S. 279–292, 1969.
- [9] D. Mietzner, R. Vandenhouten, F. Hartmann und C. Schultz, "Neue Ansätze der Bürgerbeteiligung bei der Lösung regionaler Problemlagen: Einsatzszenario eines sozio-technischen Assistenzsystems," S. 309–331, 2018, doi: 10.1007/978-3-658-21528-6\_15.
- [10] C. Arnold und H. Knödler, Hg. *Die informatisierte Service-Ökonomie*. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden, 2018.
- [11] J. Schoßböck, B. Rinnerbauer und P. Parycek, "Digitale Bürgerbeteiligung und Elektronische Demokratie," S. 11–40, 2018, doi: 10.1007/978-3-658-21621-4\_2.
- [12] V. Heußler, G. Said, M. Sachs und J. Schoßböck, "Multimodale Evaluierung von Beteiligungsplattformen," S. 189–212, 2018, doi: 10.1007/978-3-658-21621-4\_8.
- [13] M. Sachs, M. Goraczek, B. Rinnerbauer und J. Schoßböck, "Elektronische Bürgerbeteiligung in der Praxis," S. 41–68, 2018, doi: 10.1007/978-3-658-21621-4\_3.

- [14] E. Schweighofer, J. Böszörményi und W. Hötzendorfer, "Rechtliche Anforderungen der digitalen Bürgerbeteiligung," S. 69–97, 2018, doi: 10.1007/978-3-658-21621-4\_4.
- [15] J. Radtke und S. M. Saßmannshausen, "Auf dem Weg zur responsiven Demokratie? Online-Öffentlichkeitsbeteiligung in der Stadtentwicklung als aktiver Link zwischen Kommunalpolitik und Bevölkerung," *Z Politikwiss*, Jg. 30, Nr. 2, S. 329–358, 2020, doi: 10.1007/s41358-020-00233-4.
- [16] A. Irngartinger, "BIM in der Infrastruktur," S. 891–936, 2022, doi: 10.1007/978-3-662-64131-6\_20.
- [17] A. Bonitz *et al.*, "Technologien für digitale Bürgerbeteiligungsverfahren," S. 99–125, 2018, doi: 10.1007/978-3-658-21621-4\_5.
- [18] C. aus der Au, "Digitalisierung und Demokratie. Best Buddies oder False Friends?," S. 87–97, 2022, doi: 10.1007/978-3-662-65350-0\_6.
- [19] I. Benz, "Den Beteiligungsprozess wirksam gestalten," S. 37–58, 2024, doi: 10.1007/978-3-658-42888-4\_6.
- [20] C. Grotherr *et al.*, "Gestaltungsdimensionen der Digitalisierung – Wie Dienstleistungssysteme den Wandel antreiben und welche Faktoren eine Rolle spielen," S. 277–325, 2020, doi: 10.1007/978-3-662-62144-8\_6.
- [21] M. Leitner, A. Bonitz, W. Hötzendorfer, O. Terbu, S. Vogl und S. Zehetbauer, "Design und Entwicklung eines E-Partizipationsökosystems," S. 163–187, 2018, doi: 10.1007/978-3-658-21621-4\_7.
- [22] L. Rademacher, K. Lintemeier und H. Kretschmer, "Öffentlichkeitsbeteiligung bei Infrastrukturprojekten als Herausforderung für Politik und Verwaltung," S. 165–184, 2019, doi: 10.1007/978-3-658-28008-6\_8.
- [23] S.-K. Thiel, P. Fröhlich und A. Sackl, "Nutzerorientierte Gestaltung von interaktiver E-Partizipation," S. 127–161, 2018, doi: 10.1007/978-3-658-21621-4\_6.
- [24] J. von Lucke und K. Gollasch, "Bürgerbeteiligung 2.0," S. 103–122, 2022, doi: 10.1007/978-3-658-36795-4\_5.
- [25] J. Schwanholz und L. Zinser, "Exploring German Liquid Democracy – Online-Partizipation auf der lokalen Ebene," *Z Politikwiss*, Jg. 30, Nr. 2, S. 299–327, 2020, doi: 10.1007/s41358-020-00220-9.
- [26] CONSUL. "Kostenlose Software für bürgerbeteiligung." Zugriff am: 31. März 2024. [Online.] Verfügbar: <https://consulproject.nl/de/#contact>
- [27] Sächsische Staatskanzlei. "Bürgerbeteiligung in Sachsen - Gestalten Sie mit!" Zugriff am: 31. März 2024. [Online.] Verfügbar: <https://www.buergerbeteiligung.sachsen.de/portal/sachsen/startseite>
- [28] Die Landesregierung Nordrhein-Westfalen. "Open.NRW - eine verlässliche Struktur." Zugriff am: 31. März 2024. [Online.] Verfügbar: <https://open.nrw/ueber-uns>

- 
- [29] Stadt Frankfurt am Main. "Bürgerbeteiligung leicht gemacht - Die FFM.de App." Zugriff am: 1. Juli 2024. [Online.] Verfügbar: <https://www.ffm.de/frankfurt/de/home/info/id/995>
- [30] Stadt Kassel. "Deine Stadt. Deine App." Zugriff am: 1. Juli 2024. [Online.] Verfügbar: <https://www.kassel.de/kassel-app.php>
- [31] Beteiligungsnetzwerk MV des LandesjugendringsMV. "Beteiligung MV: Engagiere dich!" Zugriff am: 5. April 2024. [Online.] Verfügbar: <https://www.mvmituns.de/>
- [32] Bayrisches Staatsministerium für Digitales. "Bayern Portal." Zugriff am: 1. Juli 2024. [Online.] Verfügbar: <https://www.bayernportal.de/suche/leistung/alphabetisch>
- [33] Ministerium für Heimat, Kommunales, Bau und Digitalisierung des Landes Nordrhein-Westfalen. "Beteiligung NRW Hauptportal." Zugriff am: 1. Juli 2024.
- [34] *Landesregierung startet Portal für mehr digitale Bürgerbeteiligung: Minister Pinkwart: Wir wollen mit der Plattform Beteiligung NRW noch mehr Bürgerinnen und Bürger einladen, sich aktiv in die Gestaltung von Politik und Verwaltung einzubringen.*, 2022. Zugriff am: 1. Juli 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://open.nrw/Start-Beteiligung-NRW-PM>
- [35] Laenderdaten.info. "Deutschsprachige Länder und Verbreitung der Sprache." Zugriff am: 12. April 2024. [Online.] Verfügbar: <https://www.laenderdaten.info/sprachen/deutsch.php>

# BIM-based Life Cycle Assessment in the early design phases of buildings with BIPV(T) systems

Fabian Edenhofner<sup>1</sup>, Justus Osterloh<sup>1</sup> und Franziska Blennemann<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ICoM – Chair and Institute of Construction Management, Digital Engineering and Robotics in Construction, RWTH Aachen University | Jülicher Straße 209d, 52070 Aachen, Germany | [edenhofner@icom.rwth-aachen.de](mailto:edenhofner@icom.rwth-aachen.de)

## Abstract

With regard to the targeted climate and energy transition, the usage of sustainable materials and technologies and a corresponding ecological assessment of building designs in the form of *Life Cycle Assessments* (LCA) are increasingly gaining in relevance. Photovoltaic and solar thermal technologies in particular possess considerable potential to contribute to the sustainable transformation of the building sector. In addition to established approaches for applying these technologies onto buildings, they can also be integrated into buildings. This is referred to as *Building-integrated Photovoltaic Thermal* (BIPV(T)) systems.

Against the background of the progressing digitalization of the construction world, the application of the *Building Information Modeling* (BIM) method in particular bears potential in the context of LCA and in the general life cycle of BIPV(T). The development and implementation of corresponding application scenarios and the tools required for this are at present the subject of research.

In view of this fact, this publication addresses the BIM-based LCA in early design phases of buildings with BIPV(T). It examines the extent to which BIM-based LCA approaches can be used in this regard, as well as the added value and challenges involved. On the basis of an introductory literature and practice research on BIM & LCA in the aforementioned context, the knowledge gained is applied in practice using a case study based on it.

*Keywords: Building-integrated Photovoltaic (BIPV), Building-integrated Photovoltaic Thermal (BIPVT), Building Information Modeling (BIM), Life Cycle Assessment (LCA)*

# 1 Introduction

## 1.1 Background

Considering the growing global challenges of the 21st century, especially climate change, the pursuit of sustainable development is of central importance to ensure a future worth living for coming generations. Reducing greenhouse gas emissions such as CO<sub>2</sub> is becoming increasingly important in this context. The construction industry in particular has a decisive role to play in this context, as it is responsible for more than a third (approx. 37%) of global greenhouse gas emissions. CO<sub>2</sub> emissions from the operation of buildings have reached a peak of around 10 Gt CO<sub>2</sub> per year in 2021. [1, p. 15]

The sustainable transformation of the construction world is fundamentally dependent on the usage of sustainable materials and technologies. With regard to sustainable technologies, photovoltaics (PV) and solar thermal energy (ST) in particular play a decisive role in the decarbonization of the building sector. In addition to conventional approaches for installing these technologies on buildings, there is the option of integrating PV and ST into buildings. These are known as *Building-Integrated Photovoltaic* (BIPV) systems and can, for example, be integrated instead of a conventional façade or roof covering. In addition, PV and ST can be utilized in a hybrid approach as a *Building-integrated Photovoltaic Thermal* (BIPVT) system. On the one hand, this allows the heat energy coming in from the sun and the waste heat from the PV modules to be utilized effectively. In combination with a heat pump, such an approach can therefore contribute, for instance, to the hot water supply of buildings or to heating support. In this publication, the acronym BIPV(T) is used to include both BIPV and BIPVT systems thematically.

In order to quantify the ecological sustainability of building designs and realized buildings, the Life Cycle Assessment (LCA) method can be used. As it is possible to influence the design process in the early planning phases of buildings with relatively little effort, LCA can be used in these phases to make important decisions that have an impact on the building's greenhouse gas emissions [2].

Given the ongoing digitalization of the construction world, the Building Information Modeling (BIM) method has emerged as one of the central elements of this digital transformation. In the context of LCA, the method based on digital object-orientated building information models offers fundamental advantages. With conventional LCA approaches in the building sector, the major barrier is the high manual effort involved in obtaining building data and information, as the data usually has to be extracted from 2D plans and assigned manually [3, p. 2]. At this point, BIM opens up new possibilities by breaking away from the traditional 2D-oriented way and offering the opportunity to work on the basis of an object-orientated building model [4, p. 20]. Consequently, the building data and information required for the LCA can be derived from the existing model with less manual effort.

The application of the BIM method in a BIPV(T)-specific context offers advantages across the whole life cycle. For example, three-dimensional BIM models can form a basis for a solar yield simulation and environmental elements can be considered in the simulation, assuming they have been modelled. The International Energy Agency (IEA), through its Photovoltaic Power Systems Program (PVPS) initiative, has been a significant driver in advancing this field. The PVPS' Task 15 is specifically focusing on an enabling framework for the development of BIPV systems [5]. Currently, the Task 15 offers three reports [6–8] on the application of BIM-based approaches in a BIPV-specific context at

the time of publication. These reports are recommended to gain a comprehensive insight into the BIM application in the BIPV-specific context as well as the existing potentials and challenges. Particularly noteworthy is the report *BIPV Digitalization: Design Workflows and Methods - A Global Survey* with a presentation of a BIM-based ideal process for the design and analysis of BIPV systems [7].

## 1.2 Aim and structure of the article

In the aforementioned ideal process for the design and analysis of BIPV systems, the IEA PVPS Task 15 also incorporates the survey of ecological feasibility [7, pp. 14, 26, 74]. In the scope of the ecological feasibility assessment, the authors only refer to the reduction or avoidance of CO<sub>2</sub> emissions when using BIPV technology [7, p. 26]. Their chosen approach corresponds to the determination of the global warming potential (GWP) and thus only represents a partial aspect of a holistic LCA with diverse life cycle stages and environmental indicators.

The authors also highlight the difficulties of applying LCA in the BIPV context. The decisive difficulty arises from the lack of available LCA data sets for corresponding technologies and products. This makes LCA in the planning phase of buildings with BIPV fundamentally challenging. The IEA PVPS Task 15 points to a specific need for research in this area. [7, pp. 68, 75]

In light of these facts, the present article addresses this area of research. Within the scope of this work, the primary research question is therefore to investigate *to what extent BIM-based concepts can be used in the context of LCA for the early design phases of buildings with BIPV(T) systems*, as well as the subdivided question of *what added value and challenges exist in this context*.

This article is divided into five chapters. After an introduction to the topic and its relevance, the second chapter is dedicated to the methodological approach of the work. In the third chapter selected theoretical background knowledge and related works are presented. The fourth chapter includes the conduction of a fictional case study for BIM-based LCA in the design of building variants with BIPV. Furthermore, the results of the case study are presented and interpreted. Finally, the fifth and final chapter summarizes the results, answers the research questions posed and provides an outlook for future research work.

## 2 Methodology

The methodological approach of this publication is divided into a literature and practice review as well as a fictitious case study on the application of BIM-based LCA in the context of BIPV systems.

The literature and practical research were used to obtain the theoretical basis for LCA, its application in the early planning phases and in the BIM and BIPV(T) context. Furthermore, common BIM-capable LCA tools were identified for their application in a BIPV(T) specific context.

The results and findings were incorporated into the design of the case study on the application of BIM-based LCA in the early design phases of buildings with BIPV systems. The basic idea for the Case Study and the BIM models used were developed as part of the research project *BIMPV - Retrospective BIM approach for life-cycle oriented optimized integration of BIPV systems*.

## 2.1 Literature and practice review

The databases Science Direct, Web of Science, Springer Link and Research Gate were selected for the literature search. For this purpose, the search terms listed below were entered individually and in different combinations in the scientific databases:

*Building Information Modeling, BIM | Life Cycle Analysis, Life Cycle Assessment, Environmental Impact Analysis, LCA, carbon emission | BIM LCA Integration, LCA-Tools, LCA-Software | early planning stage, early design stage | photovoltaic systems, PV, PVT, BIPV, BIPVT, BIPV(T)*

In order to reflect the current status, the literature search results are initially limited to publications from the last six years. Standard works and further literature that describe the theoretical basics may also be older. Based on the search results, relevant industry players, research projects, reports and basic publications are identified to enable a more targeted search. As the aim is to create an overview of both theory and practice, the literature review is also expanded to include a practice review using non-academic search engines and grey literature in the form of research reports and practical guides. Attention is paid to the citation worthiness of the respective sources.

## 2.2 Case study

The joint project BIMPV, which is led by the *Chair and Institute of Construction Management, Digital Construction and Robotics in Construction (ICoM)*, serves as the starting position for this case study. The aim of the project is to increase the acceptance and application of BIPV(T) systems in Germany through the use of digital methods. The focus here is particularly on the application of BIM-based methods. The conceptual work of the project is accompanied by the planning, implementation and operation of two project demonstrators. Before the project began, an expansion was built for the already existing building, the *Danish Pavilion* in Hanover, and as part of the project, parts of the façade were fitted with a BIPV(T) system that is visually almost identical to the curtain wall glass façade (see Figure 2).



Figure 2: Danish Pavilion (BIPV(T) area outlined in orange)

Within the project, the ICoM is particularly addressing the application of BIM-based methods to increase the acceptance of BIPV(T) systems and the development of BIPV(T)-specific BIM use cases. As part of the prototypical implementation of a use case for creating design variants, the ICoM

developed three different fictitious design variants for the extension of the Danish Pavilion (see Figure 3), which are described in detail in chapter 4.2. In accordance to the holistic planning approach as defined in [7], the ICoM's defined BIM use cases also include a use case LCA, to which this case study is linked.

Further insights into the BIM use cases developed in BIMPV can be found in Edenhofner et al. [9]. A complete description of the use cases will be available in the final BIMPV project report, which will be published in 2025.

## **3 Theoretical Background and Related Works**

### **3.1 LCA and its application in early design phases**

Due to the limited length of the article, it is not possible to provide a comprehensive review of LCA basics. In the following text, it is assumed that the reader is familiar with LCA-related terms such as life cycle inventory, system boundaries or environmental indicators. For a detailed insight into LCA in the building sector, the standards DIN EN 15978 [10] and DIN EN 15804 [11] are recommended.

In principle, the LCA can be applied in different life cycle phases of a building, whereby the objectives of the LCA differ depending on the phase. In the basic planning phase, the LCA can be used to establish rough target definitions of the environmental impacts of a building. In the next planning phases, preliminary and conceptual planning, an LCA can be used, for example, to compare different design variants or building components. During execution planning, a detailed LCA can be created thanks to the specific information already available on the construction and materials, meaning that only minor optimizations need to be made, for example by comparing materials from different manufacturers. On completion of the building, when all the detailed information is available, the LCA can be used for sustainability certification. [12, as cited in 13, pp. 11-12]

In current practice, however, LCA is a niche application due to its complexity, the lack of clearly recognizable added value in terms of costs and benefits and the limited BIM connection [14]. For these reasons, LCA calculations are often only carried out for the purpose of achieving sustainability certification. This means that most LCA calculations are only carried out once a correspondingly detailed life cycle inventory is available, which is usually time-consuming and therefore only carried out once in later planning phases. At this point, however, the planning process is already so far advanced that the design decision can no longer be significantly influenced and major changes to the design are therefore no longer feasible. The LCA should be carried out in the early planning phases, as only at this stage can changes be made and fundamental decisions taken with little effort. [15, pp. 6-8] At the same time, the early planning phases are characterized by a high degree of uncertainty due to the lack of information, making a complete LCA to compare design variants challenging. [16, p. 2]

### **3.2 BIM-based LCA**

In established practice, LCA is only used for a small number of construction projects, especially in comparison to energy simulation [17, p. 16]. According to a survey by Schumacher et al. [18], LCA is only used by 24% of respondents, and only 8% use a BIM-based LCA approach [18, p. 3]. According to Atik et al. [19], the reasons for the low utilization of the LCA are due to knowledge gaps in the

project teams and a general lack of familiarity with the LCA method. In addition, the time-consuming implementation of the LCA is identified as a major problem in the planning process. [19, pp. 403-404] The main advantage of integrating BIM and LCA is the reduction in implementation time, as the required quantities can be calculated and retrieved directly from the BIM model. The life cycle inventory, the most time-consuming phase in the implementation of an LCA, is therefore significantly accelerated by the integration of BIM. [17, p. 25, 20, p. 2]

The general workflow from creating the model in the BIM authoring software to performing the LCA can generally be broken down into the following steps [21, p. 3]:

- Modelling of the building in BIM authoring software
- Gathering the input variables and their quantities from the BIM model
- Retrieving the corresponding LCA data sets from a database to quantify the environmental impact of the input variables at either material or component level
- Linking the input variables and their quantities with the LCA data records
- Calculation of the environmental impacts based on the determined input variables and the corresponding LCA data sets
- Analysis and visualization of the results of the LCA

Further information on various BIM & LCA implementation strategies can be found in the research article by Wastiels and Decuyper [21].

### 3.3 BIM-based LCA in early design phases

In terms of implementing a BIM-based LCA approach for the early design phases, it is important to adequately address the possible lower level of detail of the BIM models. As described by Röck et al. [22], it is therefore advisable to subdivide buildings into the levels of materials, component layers and components. The LCA data sets of the individual materials can now be combined to form component layers. Generic components are then aggregated from these and linked to the quantities from the BIM model. This means that, despite the low level of detail of the BIM model at this point, a meaningful LCA can be carried out for the entire building as the sum of its components. [22, p. 154] Although linking each individual material offers flexibility and enables a detailed assessment, linking at component level significantly reduces the input effort and is therefore ideal for early planning phases [23, p. 3]. Since the focus in the early planning phases is on comparing several design variants, the LCA should be integrated into the workflow and the execution time should be kept as short as possible in order to be able to test several design variants in a time-efficient manner [24, p. 233].

A BIM-based LCA tool for early planning phases should therefore, as presented in the approach of [22, p. 154], offer the option of aggregating the LCA data sets at the component level and linking them to the BIM model. Ideally, the LCA tool should provide an integrated component library that already contains generic component structures [24, p. 230]. Furthermore, the LCA datasets should be spatially and temporally valid [24, p. 233].

Meex et al. [24] recommend that at least the impact indicators GWP and Primary Energy Non-Renewable Total (PENRT) be taken into account in the early planning phases. This is to avoid decisions being made solely on the basis of a single indicator. For a holistic view of the building, the

scope of the LCA should at least include the life cycle modules A1-A3, B4, B6, C3, C4 and module D. Since the operational energy use (B6) can be influenced by design decisions and is therefore an important component of the LCA, it should be taken into account in order to be able to make balanced and optimal planning decisions. [24, pp. 232-233]

A separate energy demand calculation leads to a considerable amount of additional work and possibly to suboptimal solutions and should therefore be integrated into an LCA tool for early planning phases [24, p. 233]. Since BIPV(T) systems have a direct influence on the energy demand in operation (B6) and any excess energy produced can also be exported (D2), corresponding BIM-based LCA tools for BIPV(T) systems should offer an integrated energy demand calculation and enable the corresponding technology integration.

Yet in order to be able to make specific assumptions regarding the material-related ecological impacts of BIPV(T) systems, suitable LCA tools require an appropriate data basis. As already mentioned by IEA PVPS Task 15 [7], there is a lack of corresponding data sets. This lack of data sets is generally found in the field of technical building services (TBS) [25, p. 7, 26, p. 7]. Common German evaluation schemes for the sustainability of buildings [14, 27] therefore set a lump-sum to cover for elements of TBS. For example, the QNG (*Qualitätssiegel Nachhaltiges Gebäude*) covers standard elements such as pipes or cables with a lump-sum base amount [27, p. 13].

### 3.4 Related works

The research domain encompassing LCA, BIM, and BIPV(T) is a growing and according to the IEA PVPS Task 15 report [7] yet underexplored. The comprehensive literature and practice review were carried out as described in the methodology. A particular focus was placed on research results that explicitly relate to LCA, BIM in relation to BIPV or in particular BIPVT. Few sources on specific research in the field of BIM-based LCA for BIPV or BIPVT were found. Moreover, the studies presented only examine BIPV technology. The review demonstrates that further research needs to be carried out.

The IEA-PVPS T15-0:2024 Report [8], released in May 2024, outlines several initiatives and research domains aimed at fostering the integration of BIPV and BIM. The two projects Infinite and BIPV Enabler, which are mentioned in the report, address environmental feasibility analysis and are briefly described below [8, p. 78 et seq.]

A notable contribution in this domain is the so called BIPV Enabler platform developed by the Solar Energy Application Lab (SEAL) at RMIT University, Australia [28]. The study by Yang et al. [29], which was published as part of the above-mentioned project, explains more detailed specifications and possibilities of the developed framework. The tool aims to simplify the integration of BIPV in early design stages by providing system dimensions, life cycle costing (LCC), life cycle energy and further economic values for the decision-making process. The authors point out that the tool could, in principle, also be expanded to include the inclusion of BIPVT. However, this was not implemented as part of their research article. Furthermore, they were unable to integrate the LCA as part of the study due to a lack of data sets. In future studies, they want to address this data gap and integrate LCA into their framework. [29, p. 13]

The ongoing European Union's Horizon 2020 INFINITE project focus is to develop a knowledge-hub for streamlining the building envelope renovation process [30]. Its research is developing a BIM-platform called BIM-P with various functionalities like LCC and LCA. Their developments are validated on the basis of three different residential use cases [31]. Further information on their LCA approach could not be found in the present research.

In addition to the IEA-mentioned initiatives, Alsaied et al. [32] present a case study that combines LCA and BIM for decision-making regarding retrofitting of an Egyptian office building façade with BIPV. In their case study, the authors used the BIM-capable software One Click LCA for the LCA and DesignBuilder for the energy demand calculation and the energy output of the PV systems used [32, p. 853 et seqq.]. In their LCA, they even include the energy reductions through the application of BIPV under life cycle stage B6, but neglect stage D due to the fact that there is little information on recycling regulations for PV systems in Egypt [32, p. 857]. By making this decision, however, they also neglect the possible positive benefit of a PV system to an LCA within the stage D2 *Benefits of exported energy*. In conclusion, the authors emphasize the fundamental lack of LCA data sets for BIPV and the insufficient research in this area [32, p. 863]. The statements are equivalent to those of the IEA PVPS Task 15 Report [7].

McCarty et al. [33] present an approach in their study that is located in the area of LCA, BIM and BIPV. Their approach, however, focuses less on the general workflow for using a BIM-based LCA approach for BIPV. Specifically, they investigate the cost-benefit relationship of the carbon storage potential of trees compared to their shading effects on a nearby BIPV façade from the perspective of LCA [33, p. 1]. In their study, they use a BIM-based approach to model the demonstrator of their investigations [33, p. 2]. It is however not clear in their article whether they also use a BIM-based LCA tool.

## 4 Case Study

### 4.1 Selection of the suitable LCA tool for the case study

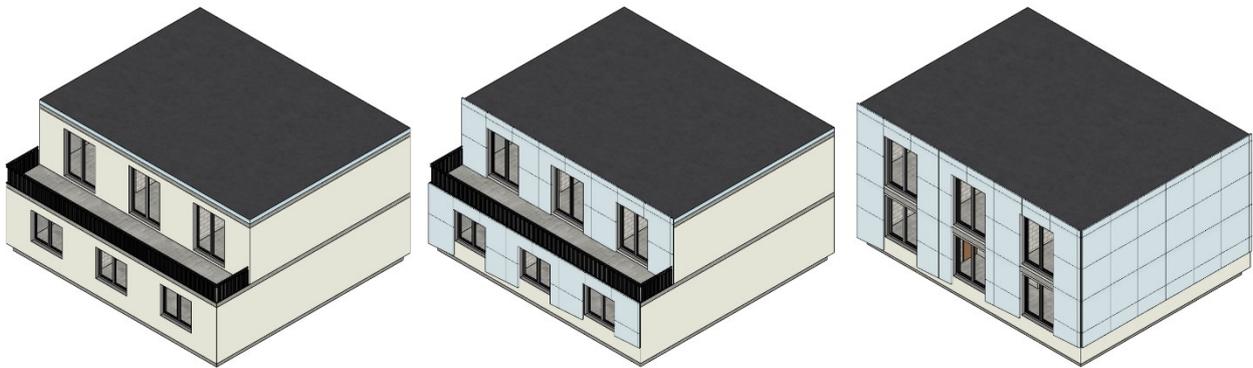
In the literature analyzed, in particular *One Click LCA* (mentioned a. o. in: [2, 20, 21, 32]), *CAALA* (mentioned a. o. in: [2, 21, 24]) and *Tally* (mentioned a. o. in: [17, 21, 24, 34]) have proven to be established BIM-LCA tools in research and practice. As part of a comparative analysis of the tools, which cannot be fully presented below due to the length limitation of the publication, CAALA was chosen as the tool. The criteria for the comparison are largely based on the requirements set out by Meex et al. [24] and the possibility of integrating BIPV(T).

CAALA's standardized component database makes it suitable for the use of BIM models with a low level of detail and therefore for the early design phases of a building. CAALA is based on the ÖKOBAUDAT database. Accordingly, access to generic LCA data sets for PV systems are available, but not to any PVT data sets at the time of publication. The situation is similar with One Click LCA, whereas Tally does not provide any data sets for PV or PVT. In addition, compared to the other tools, CAALA enables an integrated energy demand calculation with consideration of PV systems. This integrated energy demand calculation makes it possible to calculate the operational environmental impacts with minimal input effort. This means that the time-consuming intermediate step of a separate energy requirement calculation can be skipped.

In accordance with the requirements mentioned in chapter 3.3, CAALA is particularly suitable for use in the early design phases. However, the consideration of a hybrid BIPVT approach is currently not possible in any of the tools mentioned, which is why the following case study only includes BIPV technology.

## 4.2 Case study description and design

In this fictitious case study, a BIM-based LCA approach is applied and analyzed in the context of the early planning phase of buildings with BIPV systems. The ecological investigations are conducted on the basis of the design variants already indicated in chapter 2.2 (see Figure 3). In order to illustrate the effects of the BIPV façade on the energy demand during operation, variant 1 serves as a reference and therefore has no BIPV façade. Variant 2 has the same building geometry as the reference variant, but with a BIPV façade facing south. Variant 3 does not have the extension of the first floor. In this variant, the BIPV façade extends over the entire south and east wall. Due to the scope of this work, the subsequent evaluation and interpretation is limited to the GWP.



*Figure 3: In Autodesk Revit developed fictive variants of the Danish Pavilion extension (from l.t.r.: variant 1, variant 2, variant 3)*

In order to achieve better comparability, the component structures are not changed across the individual variants. Therefore, the results are not influenced by several simultaneous changes. The BIM authoring software Autodesk Revit 2024 is used to model the design variants.

The BIM-based LCA tool CAALA is selected to carry out the LCA. The following framework conditions and system limits have been assumed when carrying out the LCA:

- Standardized LCA database: ÖKOBAUDAT 2020
- Scope of investigation: Product stage (A1-3), replacement (B4), operational energy usage (B6), end of life stage (C3+C4), benefits and loads beyond the system boundaries (D1) and benefits from exported energy (D2)
- The observation period is set at 50 years [35, p. 5]
- Heat is generated by an air-to-water heat pump
- The PV modules are replaced after 30 years [36, p. 64]
- The German electricity mix is used as the energy source for the electricity to be purchased
- Other TBS components are covered by the base rate QNG PLUS [27, p. 15]

- The usage-related electricity requirement is assumed to be 10,5 kWh/(m<sup>2</sup>\*a) [35, p. 18]

### 4.3 Realization

The modeling of the BIM models is limited almost exclusively to the building geometry, a rough division of the interior spaces and the exemplary representation of the BIPV modules on the respective facades. During the modeling in Revit, the general technical building services are neglected, as these are considered in the LCA tool in a generalized manner. Only the BIPV façade indicated is part of the MEP modeling. As the module areas cannot be automatically imported into CAALA and only a manual input option is available, these must be read manually from the modeled façade objects. The noted collector areas for variant 1 are 0.00 m<sup>2</sup>, for variant 2 46.47 m<sup>2</sup> in south orientation and for variant 3 42.92 m<sup>2</sup> in south orientation and 50.33 m<sup>2</sup> in east orientation. The modeling of the BIPV substructure was neglected due to the scenario of the early planning phase. Further documentation of the modeling process is omitted due to the simplicity of the modeling process.

Due to the fact that CAALA does not offer an energy demand calculation when importing Industry Foundation Class (IFC) files, the gbXML data format was chosen. The exported gbXML files are also checked for correctness in the gbXML viewer Aragog. During the review, the allocation of areas is carefully checked in order to avoid errors in the allocation of layers and, as a result, the energy demand calculation in CAALA, which will be discussed in more detail in the subsequent discussion. The first decisive step in CAALA is the choice between the *preliminary design* and *conceptual design* options. In the preliminary design option, predefined standard superstructures with aggregated LCA data sets can be assigned directly to the individual components. The conceptual design option, on the other hand, offers the possibility of finer detailing and precise adjustment of the component structures. As the model is at a low level of detail, the component structures do not vary across the design variants and the input effort should be kept to a minimum, the preliminary design option is selected.

Once the general framework conditions have been implemented within CAALA, the life cycle inventory of the building structure is determined by assigning the predefined LCA datasets of the components from the component database to the corresponding layers. The assignment of the building components is now shown as an example for the exterior walls of variant 1. The procedure for the other components and variants is analogous. In the component library, a distinction can be made between the different construction types of masonry, concrete, timber and other for the load-bearing external walls, for which different component structures are subsequently available, after which the load-bearing layer and the respective insulation material can be selected. As CAALA follows a parametric approach, the layer thicknesses can be adjusted directly using sliders, making the workflow considerably easier. The components from the component library are directly linked to the respective generic LCA datasets from ÖKOBAUDAT. The assignments are therefore transferred directly and the life cycle inventory is completed once the components have been linked for all layers available in the model. If a component structure in the predefined CAALA component database does not have the desired properties, this can be changed manually in the existing component editor.

In this process, the TBS components and in particular the BIPV system are also taken into account. To record the building services components, the QNG base rate is selected. The air-to-water heat pump is then chosen as the heat generator for all variants. As the German electricity mix is specified as the energy source in the boundary conditions, the corresponding LCA data set is selected from the stored

selection options and the additional user electricity is specified. To define the BIPV façade, it is now necessary to enter the module areas and orientations (see Figure 4). The option to select the inclination means that vertically aligned BIPV, for example, can be displayed in CAALA. With regard to the service life of the modules, the period of use is assumed based on a report by the *Umweltbundesamt*, the central environmental institution in Germany, according to which a service life of 30 years is expected for the modules in 80% of the scenarios [36, p. 64]. In addition, two generic LCA data sets from ÖKOBAUDAT are available for the PV modules, each with an assumed annual solar radiation energy of 1000 kWh/m<sup>2</sup>\*a or 1200 kWh/m<sup>2</sup>\*a. Due to the location of the Danish Pavilion in Hanover, for which a solar radiation energy of between 1081 and 1100 kWh/m<sup>2</sup>\*a has been verified for 2023 [37], the LCA dataset with 1000 kWh/m<sup>2</sup>\*a was selected. The settings thus made are subsequently included in the energy demand calculation integrated in CAALA.

Öko-Name	Ausrichtung	Neigung	Fläche
Photovoltaiksystem 1000 kWh/m <sup>2</sup> *a (ohne Stromgutschrift)	Ost	90°	50,33
Photovoltaiksystem 1000 kWh/m <sup>2</sup> *a (ohne Stromgutschrift)	Süd-Ost	90°	39,45
Photovoltaiksystem 1000 kWh/m <sup>2</sup> *a (ohne Stromgutschrift)	Süd-West	90°	54,42

1 - 3 of 3 items

Abbrechen Löschen

Ökologische Daten

\* Caala Öko-Material: Photovoltaiksystem 1000 kWh/m<sup>2</sup>\*a (ohne Stromgutschrift) | Öko-Basisdatensatz: 2020

\* Fläche (m<sup>2</sup>): 50,33 | Austausch: 30 |  Überschreiben

PV-Positionierung

\* Ausrichtung: Ost | \* Neigung: 90°

Abbrechen Speichern

Figure 4: Input of PV parameters in CAALA

The service lives of the other components are stored in CAALA and are automatically transferred to the calculation. After entering all the necessary information, the results are visualized directly and any changes to values are transferred within the tool in real time.

#### 4.4 LCA results

The LCA calculation results were exported as excel files for further comparison and prepared in the form of a bar chart (see Figure 5). The life cycle phases considered are indicated on the x-axis and the GWP in kg CO<sub>2</sub>-eq/(m<sup>2</sup><sub>NFA</sub>\*a) on the y-axis. The advantages resulting from recycling and the energy exported by the BIPV façade are shown as negative values. Life cycle stage D is not actually part of the system boundary for buildings and should therefore not be offset against the results of the other life cycle phases [13, p. 13]. Despite this, the results are listed cumulatively on the right-hand side of Figure 5 for illustrative purposes in order to emphasize the difference between variants 2 and 3 caused by the larger BIPV system.

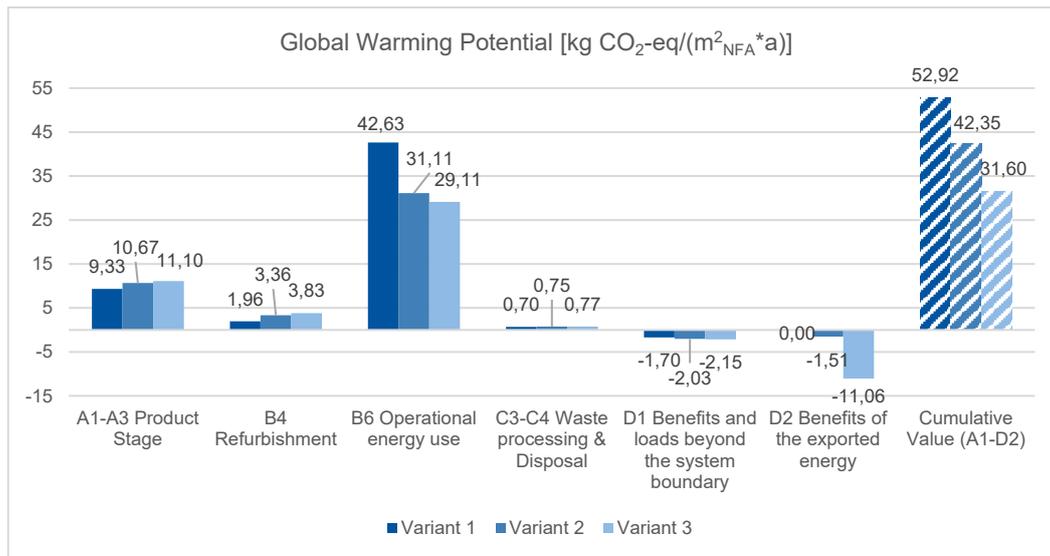


Figure 5: GWP of the design variants subdivided according to life cycle phases

It is immediately apparent that the energy requirement in operational energy use (B6) accounts for by far the largest share of the building's greenhouse potential across all variants. The reduction achieved by integrating a BIPV system is particularly evident here. The greenhouse potential was reduced by 11.52 kg CO<sub>2</sub>-eq/(m<sup>2</sup><sub>NFA</sub>\*a) from variant 1 (without BIPV) to variant 2 (with BIPV). The further increase in the PV area from variant 2 to variant 3 does not appear to be as significant at first, although the PV area was doubled. This is because the smaller BIPV system can already cover the energy demand to a large extent during sunny periods, and the larger dimensioning only generates a power surplus during these periods, which is fed into the power grid as exported energy and is therefore assigned to module D. When considering the cumulative impact of all the modules, including module D, it becomes clear that the cumulative greenhouse gas potential is significantly lower in variant 3 than in variant 2 due to the benefits of the exported energy.

In the larger BIPV system, the production of a correspondingly larger number of modules causes a larger greenhouse gas potential to be taken into consideration. Accordingly, a larger greenhouse gas potential is caused in the production of variants 2 and 3. The same is also true for the replacement, since the larger BIPV system must be completely replaced once during the 50-year period under consideration due to the assumed module lifespan of 30 years. However, it can be seen here that the GWP caused by production and replacement is significantly lower than the savings that can be achieved through operation and exported energy. The emissions caused by disposal also increase with a larger module area, but the differences are negligible.

The LCA results of the case study show that the GWP during operation can be significantly reduced by using a BIPV system. It is noteworthy that the material-related GWP emitted by the larger BIPV system of variant 3 is considerably smaller than the greenhouse gas savings that can be achieved through its use. However, once the energy demand is covered, further savings in operation can only be achieved to a limited extent, and the excess energy is exported to the electricity grid. The energy fed into the grid can be used outside the system boundaries (module D) and thus substitute fossil energy use, which further reduces the greenhouse potential.

## 4.5 Discussion

The successful implementation of the approach used in the case study confirms the added value of time savings identified in the research by integrating the BIM method into the LCA process, due to the subjectively perceived short implementation time. This added value is created, on the one hand, by the automatic quantity determination made possible by the BIM model and, on the other hand, by the component database predefined in CAALA with the linked generic LCA data sets, which results in a low input effort and can bridge the material uncertainties of the early planning phases. In addition, the intermediate step of an external energy demand calculation is eliminated by using the open BIM data format gbXML, and it is possible to use generic LCA data sets for PV modules to record the material-related environmental impacts of the BIPV façade and thus include them in the LCA.

Nevertheless, several challenges were encountered during the implementation of the case study, which must be considered. One of these was the error message from Revit that no energy model could be created. A post from the RevitHelpCenter [38] was used to identify the problem. It turned out that an incorrectly set room boundary was the cause of the error message. Another challenge was the incorrect assignment of layers due to an incorrect gbXML model. When the model was checked in Aragog, it was found that a sub-element of the floor slab had been incorrectly identified as a floor slab. Since the reason for this could not be plausibly explained during modeling in Revit, the problem was solved by manually assigning the element to the correct layer category within the Aragog user interface.

However, this does not appear to be an individual case, as Kaushal et al. [39] also identify some incorrect assignments and inconsistencies in the gbXML export from Revit and other BIM authoring software [39, pp. 18-19]. It can therefore be assumed that the approach of importing through the gbXML data format in combination with Revit still requires further refinement or that other approaches should be explored in future research. The verification of the gbXML model, which was planned in the methodology of the case study, therefore proved to be an important integration, as the results would otherwise not have been adequately comparable due to incorrect assignments and the problem of gbXML import could not have been identified and demonstrated.

The chosen approach is more suitable for a first estimate of the environmental impacts and energy requirements than for obtaining detailed LCA results. However, due to the simplifying assumptions, it is generally not possible to obtain detailed LCA results in the early planning phases, and the results obtained in these phases should therefore rather only be used for internal comparisons [40, p. 39]. Detailed calculations in later planning phases could, for example, be carried out by applying a separate energy demand calculation in combination with a detailed LCA tool such as One Click LCA. However, this would significantly increase the effort required for both modeling and conducting the LCA.

In the case study, three variants of buildings with and without BIPV systems were compared. BIPVT systems were disregarded. Although the integrated energy demand calculation of CAALA allows for the electrical influences of the PV modules to be incorporated, it does not allow for the thermal interaction. In addition, the research found that the essence of a combined BIPVT module, compared to separate PV and solar thermal modules, lies in the exchange of heat flows between the two components [41, p. 264]. A separate consideration, for example by mentally and mathematically dividing the BIPVT module into a PV module and a solar thermal module, would not take this property into account and thus distort the results. Since none of the tools presented is capable of directly

calculating the energy of a BIPVT system, the calculation would have to be carried out by an external energy calculation tool. The results would then have to be imported into the BIM-based LCA tool. However, this would require the external tool to be capable of calculating BIPVT systems. The selection of a suitable energy simulation software, the corresponding input of data, the calculation and validation as well as the import into a BIM-based LCA tool and the subsequent evaluation were not part of this study.

A limitation exists with regard to the integration of the material-related environmental impacts of BIPV(T) systems due to the low number of LCA data sets. The LCA data gaps identified in [25, 26] for TBS systems are also reflected in the LCA data set availability for BIPV(T) modules. One explanation for the lack of specific LCA data sets for BIPV(T) systems could be their current lack of widespread use.

## 5 Conclusion and Outlook

In view of the public debate on environmental impacts in connection with the desired energy transition and the resulting significant increase in interest in their quantitative assessment and consideration in construction projects, LCA is becoming increasingly important. In the context of the energy transition and environmental impacts, the high importance of renewable energies is immediately apparent. By using BIPV(T) systems, electricity and heat can be generated during the operation phase of buildings using solar energy and without further emissions, thus significantly reducing environmental impacts. However, as illustrated in this paper, there is a clear need for research and development in the field of LCA application in the design process of buildings with BIPV(T) and in particular with the usage of BIM-based approaches.

The present publication addresses this relevant topic by providing a fundamental insight into BIM-based LCA in the context of BIPV(T). With regard to the research questions set out in Chapter 1.2, the scope of this research was to investigate to what extent BIM-based concepts can be used in the context of LCA for the early design phases of buildings with BIPV(T) systems and which as well as what added value and challenges exist in this context. In order to answer these questions, a comprehensive literature and practical research as well as a case study on the application of BIM-based LCA for the early design phases of buildings with BIPV were carried out as part of the publication.

The great added value of using LCA in early planning phases results from the optimization potential that arises, as design variants can be compared based on their environmental impact and the design decisions can still be influenced with little effort based on these results. The BIM & LCA integration offers the added value that these variant comparisons can be carried out in early planning phases on BIM models with a low level of detail and minimal time expenditure due to the automated quantity takeoff, which could also be demonstrated by the case study.

With regard to the identification of suitable BIM-based LCA tools for the case study, the commercial BIM-based LCA tools One Click LCA, CAALA and Tally were analyzed and the following findings were obtained: The BIM-based LCA tool CAALA is particularly suitable for the present use case, as both the low level of detail of BIM models in early design phases is taken into account and the integrated energy demand calculation enables an estimation of the operational environmental impacts of BIPV systems within the tool. This calculation basically allows the electrical influences of (BI)PV

modules to be considered, but not the interactions between the thermal and electrical components of a BIPVT system at the current stage of development. CAALA therefore does not yet support the possibility of including a BIPVT system in the integrated energy demand calculation. Nor is it supported by the other mentioned approaches. In principle, the BIM-based LCA tools could include the operational environmental impacts of a BIPVT system if the energy demand had first been calculated manually. However, this means greater complexity and greater effort, as several tools would have to be used and linked. This would not do justice to the simplified assumptions and requirements in early planning phases. It is therefore advantageous if the operational environmental impacts can be incorporated directly in the BIM-based LCA tool using an integrated energy demand calculation. One limitation in all tools and in general research is the incomplete consideration of the material-related environmental impacts of BIPV(T) systems due to the low availability of LCA data sets. The reasons for the lack of LCA datasets for BIPV(T) systems can presumably be attributed to the current low level of acceptance and use of these systems. A further challenge arises in data transfers due to the selected gbXML data format, which is also confirmed by other parties.

The challenges and limitations identified in the literature and practice review and the implementation of the case study highlight the gap in current research and practice and therefore offer suggestions for future research. Fundamentally, there is a need for research and development in the generation of LCA datasets for BIPV(T) systems and integration into available LCA databases so that they can be used by BIM-based LCA tools. When developing a corresponding LCA tool for the early planning phases, the focus should be on an approach that overcomes the hurdles of the error-prone gbXML import, for example by directly integrating the LCA datasets into the BIM objects, as well as offering an additional energy demand calculation including BIPV(T) integration. In particular, it would be desirable to consider thermal components, as they are present in BIPVT systems, as these systems offer additional potential to reduce emissions over the life cycle compared to purely electrical BIPV systems.

The ideal process for the design and analysis of BIPV systems of the IEA PVPS Task 15 shows that the workflow is diverse and different design disciplines have to be involved [7, p. 73 et seq.]. Accordingly, with regard to the development and application of LCA tools for the early planning phases in the BIPV(T) context, it makes sense to utilize holistic tools in order to minimize the complexity and possible interface problems that can arise from the application of various software products. The BIPV enabler project [28] and the BIMPV platform from the BIMPV research project [9, 42] show approaches in this direction, but there is still a clear need for research and development to be able to integrate components such as the LCA or LCC alongside solar yield simulations and building energy simulations.

## Acknowledgement

The authors would like to thank the associated project partner *Architektur- und TGA-Planungsbüro Carsten Grobe Passivhaus* for generously providing the demonstrator and their ongoing support. This research was pursued as part of the BIMPV research project (funding code 03EN1010A) which is supported by the Federal Ministry for Economic Affairs and Climate Action on the basis of a decision by the German Bundestag.

## 6 References

- [1] United Nations Environment Programme, "2022 Global Status Report for Buildings and Construction: Towards a Zero-emission, Efficient and Resilient Buildings and Construction Sector," United Nations Environment Programme, Nairobi, 2022.
- [2] N. Haschke and C. Gengnagel. "Implementierung von Ökobilanzen in frühen -Entwurfsphasen." Accessed: Feb. 2, 2024. [Online]. Available: <https://www.nbau.org/2023/02/24/implementierung-von-oekobilanzen-in-fruehen-entwurfsphasen/>
- [3] S. Theißen *et al.*, "BIM integrated automation of whole building life cycle assessment using German LCA data base ÖKOBAUDAT and Industry Foundation Classes," *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.*, vol. 588, no. 3, p. 32025, 2020, doi: 10.1088/1755-1315/588/3/032025.
- [4] C. van Treeck, R. Elixmann, K. Rudat, S. Hiller, S. Herkel, and M. Berger, Eds. *Gebäude. Technik. Digital: Building Information Modeling*, 1st ed. (VDI-Buch). Berlin, Heidelberg: Springer Vieweg, 2016.
- [5] International Energy Agency Photovoltaic Power Systems Programme (IEA PVPS) Task 15. "Enabling Framework for the Development of BIPV." [Online]. Available: <https://iea-pvps.org/research-tasks/enabling-framework-for-the-development-of-bipv/>
- [6] International Energy Agency Photovoltaic Power Systems Programme (IEA PVPS) Task 15, "BIPV Design and Performance Modelling: Tools and Methods," 2019. [Online]. Available: [https://iea-pvps.org/wp-content/uploads/2020/01/IEA-PVPS\\_15\\_R09\\_BIPV\\_Design\\_Tools\\_report.pdf](https://iea-pvps.org/wp-content/uploads/2020/01/IEA-PVPS_15_R09_BIPV_Design_Tools_report.pdf)
- [7] International Energy Agency Photovoltaic Power Systems Programme (IEA PVPS) Task 15, "BIPV Digitalisation: Design Workflows and Methods – A Global Survey," 2022. [Online]. Available: <https://iea-pvps.org/wp-content/uploads/2022/12/Report-IEA-PVPS-T15-14-2022-BIPV-Digitalization.pdf>
- [8] International Energy Agency Photovoltaic Power Systems Programme (IEA PVPS) Task 15, "Digital BIM-based process for BIPV Digital product data models," 2024. [Online]. Available: <https://iea-pvps.org/wp-content/uploads/2024/05/IEA-PVPS-T15-20-2024-Report-Digital-BIM.pdf>
- [9] F. Edenhofner *et al.*, "Towards BIM-based digital twinning of BIPV(T)-façades," *E3S Web Conf.*, vol. 546, 2024.
- [10] *DIN EN 15978: Nachhaltigkeit von Bauwerken - Bewertung der umweltbezogenen Qualität von Gebäuden*, DIN EN 15978:2012-10, Deutsches Institut für Normung e.V., 2012.
- [11] *DIN EN 15804: Nachhaltigkeit von Gebäuden - Umweltproduktdeklarationen - Grundregeln für die Produktkategorie Bauprodukte*, EN15804:2022-03, Deutsches Institut für Normung e.V., 2022.
- [12] *VDI 2552 Building Information Modeling (BIM). Blatt 11.4 Informationsaustausch-Anforderungen Ökobilanzierung*, Verein Deutscher Ingenieure e.V. [Online]. Available:

<https://www.vdi.de/richtlinien/details/vdibs-2552-blatt-114-building-information-modeling-informationsaustauschanforderungen-oekobilanzierung>

- [13] N. Bartels, J. Höper, S. Theißen, and R. Wimmer, *Anwendung der BIM-Methode im nachhaltigen Bauen: Status quo von Einsatzmöglichkeiten in der Praxis* (essentials). Wiesbaden, Heidelberg: Springer Vieweg, 2022.
- [14] Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung, "BBSR Digital Twin Footprint: Zwischenergebnisse," 2022. Accessed: Jan. 29, 2024. [Online]. Available: [https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/forschung/programme/zb/Auftragsforschung/2NachhaltigesBauenBauqualitaet/2021/digital-twin-footprint/01\\_start.html;jsessionid=C3341A31118CAAEE141B1E3D21F7634ED.live11313?pos=2](https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/forschung/programme/zb/Auftragsforschung/2NachhaltigesBauenBauqualitaet/2021/digital-twin-footprint/01_start.html;jsessionid=C3341A31118CAAEE141B1E3D21F7634ED.live11313?pos=2)
- [15] A. Braune, C. Ruiz Durán, and J. Gantner, "Leitfaden zum Einsatz der Ökobilanzierung," Stuttgart, 2018. Accessed: Jan. 3, 2024. [Online]. Available: [https://static.dgnb.de/fileadmin/\\_archiv/de/dgnb\\_system/service/reports/DGNB-LCA-Leitfaden.pdf](https://static.dgnb.de/fileadmin/_archiv/de/dgnb_system/service/reports/DGNB-LCA-Leitfaden.pdf)
- [16] P. Schneider-Marin, H. Harter, K. Tkachuk, and W. Lang, "Uncertainty Analysis of Embedded Energy and Greenhouse Gas Emissions Using BIM in Early Design Stages," *Sustainability*, vol. 12, no. 7, p. 2633, 2020, doi: 10.3390/su12072633.
- [17] A. Dalla Valle, *Change Management Towards Life Cycle AE(C) Practice*, 1st ed. (Springer eBook Collection). Cham: Springer International Publishing; Imprint Springer, 2021.
- [18] R. Schumacher *et al.*, "Analysis of current practice and future potentials of LCA in a BIM-based design process in Germany," *E3S Web Conf.*, vol. 349, p. 10004, 2022, doi: 10.1051/e3sconf/202234910004.
- [19] S. Atik, T. D. Aparisi, and R. Raslan, "The Opportunities and Challenges of Using LCA-Based BIM Plugins in Early-Stage Building Design: An Industry Expert Perspective," in *Proceedings of the 2nd International Civil Engineering and Architecture Conference* (Lecture Notes in Civil Engineering), M. Casini, Ed., Singapore: Springer Nature Singapore, 2023, pp. 401–408.
- [20] K. Forth, A. Braun, and A. Borrmann, "BIM-integrated LCA - model analysis and implementation for practice," *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.*, vol. 323, no. 1, 2019, doi: 10.1088/1755-1315/323/1/012100.
- [21] L. Wastiels and R. Decuypere, "Identification and comparison of LCA-BIM integration strategies," *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.*, vol. 323, no. 1, 2019, doi: 10.1088/1755-1315/323/1/012101.
- [22] M. Röck, A. Hollberg, G. Habert, and A. Passer, "LCA and BIM: Visualization of environmental potentials in building construction at early design stages," *Building and Environment*, vol. 140, pp. 153–161, 2018, doi: 10.1016/j.buildenv.2018.05.006.
- [23] S. Basic, A. Hollberg, A. Galimshina, and G. Habert, "A design integrated parametric tool for real-time Life Cycle Assessment – Bombyx project," *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.*, vol. 323, no. 1, p. 12112, 2019, doi: 10.1088/1755-1315/323/1/012112.

- [24] E. Meex, A. Hollberg, E. Knapen, L. Hildebrand, and G. Verbeeck, "Requirements for applying LCA-based environmental impact assessment tools in the early stages of building design," *Building and Environment*, vol. 133, pp. 228–236, 2018, doi: 10.1016/j.buildenv.2018.02.016.
- [25] K. Forth, J. Höper, J. Veselka, S. Theißen, and A. Borrmann, "Towards life cycle assessment of technical building services in early design phases using building information modelling," in *2022 European Conference on Computing in Construction*.
- [26] M. Lambertz, S. Theißen, J. Höper, and R. Wimmer, "Importance of building services in ecological building assessments," *E3S Web Conf.*, vol. 111, p. 3061, 2019, doi: 10.1051/e3sconf/201911103061.
- [27] Bundesministerium für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen, "Anhang 3.2.1.1 zur ANLAGE 3: Bilanzierungsregeln des QNG für Nichtwohngebäude," Rep. Versionsnummer 1.3, 2023. [Online]. Available: [https://www.qng.info/app/uploads/2023/03/QNG\\_Handbuch\\_Anlage-3\\_Anhang-3211\\_LCA\\_Bilanzregeln-NW\\_v1-3.pdf](https://www.qng.info/app/uploads/2023/03/QNG_Handbuch_Anlage-3_Anhang-3211_LCA_Bilanzregeln-NW_v1-3.pdf)
- [28] RMIT University. "BIPV Enabler." [Online]. Available: <https://www.rmit.edu.au/about/schools-colleges/property-construction-and-project-management/research/research-centres-and-groups/solar-energy-application-laboratory/projects/bipv-enabler>
- [29] R. J. Yang *et al.*, "Digitalizing building integrated photovoltaic (BIPV) conceptual design: A framework and an example platform," *Building and Environment*, vol. 243, p. 110675, 2023, doi: 10.1016/j.buildenv.2023.110675.
- [30] EFN. "INFINITE project - EFN." Accessed: Jul. 12, 2024. [Online]. Available: <https://www.europeanfacadenetwork.eu/projects/infinite-project/>
- [31] Infinite Building Renovation. "Cases Archive - Infinite Building Renovation." Accessed: Jul. 12, 2024. [Online]. Available: <https://infinitebuildingrenovation.eu/cases>
- [32] H. M. H. Alsaied, A. E. T. E. Madawy, and N. A. E. H. E. Sayyad, "Life Cycle Impact Assessment Methodology for Building Envelope Retrofits Using Photovoltaic Systems in Egypt," *cea*, vol. 12, no. 2, pp. 850–865, 2024, doi: 10.13189/cea.2024.120214.
- [33] J. McCarty, C. Waibel, A. Galimshina, A. Hollberg, and A. Schlueter, "Do we need a saw? Carbon-based analysis of facade BIPV performance under partial shading from nearby trees," *J. Phys.: Conf. Ser.*, vol. 2600, no. 4, 2023, doi: 10.1088/1742-6596/2600/4/042002.
- [34] T. Potrč Obrecht, M. Röck, E. Hoxha, and A. Passer, "BIM and LCA Integration: A Systematic Literature Review," *Sustainability*, vol. 12, no. 14, p. 5534, 2020, doi: 10.3390/su12145534.
- [35] Bundesministerium für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen, "Anhang 3.2.1.2 zur ANLAGE 3: Regeln zur Bestimmung des Anforderungswertes für QNG Nichtwohngebäude,," Rep. Versionsnummer 1.2, 2023. [Online]. Available: [https://www.qng.info/app/uploads/2023/01/QNG\\_Handbuch\\_Anlage-3\\_Anhang-3212\\_LCA\\_Anforderung-NW\\_v1-2.pdf](https://www.qng.info/app/uploads/2023/01/QNG_Handbuch_Anlage-3_Anhang-3212_LCA_Anforderung-NW_v1-2.pdf)
- [36] J. Hengstler *et al.*, "Aktualisierung und Bewertung der Ökobilanzen von Windenergie- und Photovoltaikanlagen unter Berücksichtigung aktueller Technologieentwicklungen," Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau, Abschlussbericht, Rep. Forschungskennzahl 37EV 16 119

- 0, 2021. [Online]. Available: [https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/5750/publikationen/2021-05-06\\_cc\\_35-2021\\_oekobilanzen\\_windenergie\\_photovoltaik.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/5750/publikationen/2021-05-06_cc_35-2021_oekobilanzen_windenergie_photovoltaik.pdf)
- [37] Deutscher Wetterdienst. "Globalstrahlung in Deutschland Jahressumme 2023." Accessed: Feb. 25, 2024. [Online]. Available: [https://www.dwd.de/DE/leistungen/solarenergie/strahlungskarten\\_sum.html?nn=16102#buehneTop](https://www.dwd.de/DE/leistungen/solarenergie/strahlungskarten_sum.html?nn=16102#buehneTop)
- [38] Autodesk Inc. "Help | Energy Analytical Model Creation Failure | Autodesk." Accessed: Feb. 29, 2024. [Online]. Available: <https://help.autodesk.com/view/RVT/2024/ENU/?guid=GUID-88E7F647-07CE-4B2C-BB3A-F1EC7F7E3628>
- [39] D. Kaushal *et al.*, "Design-integrated Life Cycle Assessment using BIM (BIM-LCA): Final report," 2022, doi: 10.3929/ethz-b-000584886.
- [40] J. Gantner, B. Wittstock, K. Lenz, M. Fischer, and K. Sedlbauer, "EeBGuide Guidance Document - Part B: Buildings," Fraunhofer IBP, Stuttgart, 2015, doi: 10.24406/publica-fhg-297395. [Online]. Available: <https://publica.fraunhofer.de/entities/publication/fe20d249-92bd-4e6f-ba63-73b559cc5fee/details>
- [41] M. Debbarma, K. Sudhakar, and P. Baredar, "Comparison of BIPV and BIPVT: A review," *REFFIT*, no. 3, pp. 263–271, 2017, doi: 10.18799/24056529/2017/3/130.
- [42] W. Mandow, F. Edenhofner, T. Maier, and F. Giovannetti, "Building Information Modeling for Solar Energy Systems," in *EuroSun2022: 25-29 September 2022, Kassel, Germany : proceedings : ISES and IEA SHC International Conference on Solar Energy for Buildings and Industry*, 2023, pp. 1–10, doi: 10.18086/eurosun.2022.16.07.

# Geschäftsmodell-Innovationen und Trends in der Immobilienwirtschaft

Dominik Ehmann <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Institut für Baubetrieb und Bauwirtschaft, Technische Universität Graz, [dominik.ehmann@tugraz.at](mailto:dominik.ehmann@tugraz.at)

## Kurzfassung

Der gegenständliche Beitrag befasst sich mit dem Thema „Geschäftsmodell-Innovationen in der Immobilienwirtschaft“. Die Immobilienwirtschaft steht derzeit vor vielschichtigen Herausforderungen, welche ihr teilweise Veränderungen abverlangen. Eine Vielzahl von Trends – wie z.B. die Demografie, vermehrte Nachhaltigkeitsbestrebungen oder die Digitalisierung – wirken derzeit auf Immobilienunternehmen ein. Um den unterschiedlichen Herausforderungen und Trends gerecht zu werden und eine nachhaltige Unternehmensentwicklung zu gewährleisten, sind Anpassungen der bestehenden Geschäftsmodelle notwendig. Derzeit sind die Themen „Geschäftsmodelle“ und „Geschäftsmodell-Innovation“ sowohl in der Immobilienwirtschaft als auch in der einschlägigen Forschung unterrepräsentiert.

Auch wenn die Entwicklung künftiger Geschäftsmodell-Innovationen nicht genau prognostiziert werden kann, lassen sich gewisse Tendenzen für die Immobilienwirtschaft identifizieren. So ist sich die Literatur darüber einig, dass die Immobilienwirtschaft sich deutlich stärker an den Bedürfnissen der Nutzer\*innen orientieren sollte. Als zweite starke Tendenz lässt sich ableiten, dass zusätzliche, immobiliennahe Services künftig stärker gefragt sein werden und somit in die jeweiligen Geschäftsmodelle integriert werden sollten. Auch hinsichtlich der Trends „Digitalisierung“ und „Nachhaltigkeit“ ergeben sich neue, interessante Handlungsspielräume für Immobilienunternehmen.

Als Methodik wurde eine reine Literaturrecherche angewandt.

Zusätzlich zu dieser Ausarbeitung und der korrespondierenden Literatur werden künftig vermehrt wissenschaftliche Untersuchungen zu diesen Themen notwendig sein.

*Schlagwörter: Geschäftsmodellinnovation, Immobilienökonomie, business model, real estate, Projektentwicklung, Trends, Real-Estate-as-a-Service, nachhaltige Geschäftsmodelle*

## 1 Einleitung

Ziel dieses wissenschaftlichen Beitrages ist es, einen Überblick bzw. eine Einführung zu Geschäftsmodell-Innovationen in der Immobilienwirtschaft zu geben. Hierfür werden zunächst die Begriffe „Geschäftsmodell“ und „Geschäftsmodell-Innovation“ für den gegenständlichen Artikel klar definiert. Anschließend werden Trends sowie mögliche Geschäftsmodell-Innovationen in der Immobilienwirtschaft mittels Literaturrecherche näher untersucht.

Als methodisches Vorgehen wird eine reine Literaturrecherche angestellt, aus welcher die Erkenntnisse zu den Themenkomplexen hervorgehen. Es soll ein kurzer Überblick über den Stand der Literatur zu dem Thema gegeben werden.

Das Thema wird deduktiv aufbereitet, indem vom „Allgemeinen“ zum immer „Spezielleren“ übergeführt wird.

## 2 Allgemeines zu Geschäftsmodellen

In der Literatur bestehen unterschiedliche Definitionen des Begriffes „Geschäftsmodell“. [1, S. 17]

Obwohl der Begriff Geschäftsmodell so inflationär genutzt wird, existiert tatsächlich keine allgemein anerkannte Definition dieses Begriffs. [2, S. 502]

OSTERWALDER und PIGNEUR definieren ein Geschäftsmodell als ein Grundprinzip, nach dem eine Organisation Werte schafft, bereitstellt und sichert. [3, S. 18]

Die Elemente des Geschäftsmodells werden nach GASSMANN et.al. mittels vier Fragen definiert: [4, S. 9]

- Wer ist unsere Zielkundschaft?
- Was bieten wir den Kund\*innen an? (Nutzenversprechen)
- Wie stellen wir die Leistung her? (Wertschöpfungskette)
- Wie wird der Wert erzielt? (Ertragsmechanik)



Abb. 2-1: Vier Dimensionen eines Geschäftsmodells [4, S. 7]

Auch OSTERWALDER und PIGNEUR beschreiben Geschäftsmodelle ähnlich, jedoch mittels neun Bausteinen etwas feiner ausformuliert. Diese neun Bausteine sind wie folgt definiert: [3, S. 19 ff.]

1. Kund\*innen
2. Wertangebot
3. Kanäle
4. Beziehungen zu Kund\*innen
5. Einnahmequellen
6. Schlüsselressourcen
7. Schlüsselaktivitäten
8. Schlüsselpartnerschaften
9. Kostenstruktur

### 3 Allgemeines zur Geschäftsmodell-Innovation

Im Großen und Ganzen lassen sich zwei unterschiedliche Anwendungsfälle des Konzeptes „Geschäftsmodelle“ identifizieren. Der erste Anwendungsfall wird auch als statischer Ansatz bezeichnet. Dieser statische Ansatz bezieht sich stark auf die Modellbildung und zielt somit auf die Kohärenz zwischen den Bausteinen ab (siehe vorheriges Kapitel). Diese statische Sichtweise eines Geschäftsmodells ermöglicht es uns, Typologien zu erstellen und deren Leistung zu untersuchen. Der zweite Anwendungsfall des Konzepts stellt einen transformativen Ansatz dar, bei dem das Geschäftsmodell als Konzept oder Werkzeug betrachtet wird, um Geschäftsmodellinnovationen zu fördern. Die transformative Sichtweise befasst sich somit mit einer der wichtigsten Managementfrage, wie ein Geschäftsmodell geändert werden kann. [5, S. 227 f.]

In diesem Unterkapitel soll die transformative Sichtweise beleuchtet werden.

GASSMANN et.al. grenzen die Geschäftsmodell-Innovation von einer reinen Produkt- oder Prozessinnovation klar ab, indem sich eine Geschäftsmodell-Innovation auf mindestens zwei der vier Geschäftsmodell-Elemente (Wer-Was-Wie-Wert?) signifikant auswirken muss. [4, S. 12]

OSTERWALDER und PIGNEUR stellen fest, dass die Geschäftsmodell-Innovation nichts mit dem Blick in die Vergangenheit zu tun hat, da diese nur wenig über die Möglichkeiten künftiger Geschäftsmodelle aussagt. Ebenso hat die Geschäftsmodell-Innovation nichts mit der Orientierung am Wettbewerb zu tun, denn es geht dabei nicht um Nachahmung oder Benchmarking. Geschäftsmodell-Innovation beschreibt das Schaffen neuer Mechanismen, um Wert zu schöpfen und Einkünfte zu erzielen, sowie das Hinterfragen von Althergebrachten, um neuartige Geschäftsmodelle zu entwerfen, welche unerfüllte, neue oder bislang verborgene Kundenbedürfnisse bedienen. [3, S. 140]

Laut STEENKAMP und WALT dient die Geschäftsmodell-Innovation dazu, das gesamte Geschäftsmodell einer Organisation kundenorientiert zu gestalten. Als Kernaktivität der Geschäftsmodell-Innovation heben sie die Anpassung von Produkten, welche sich an speziellen Kundenbedürfnissen orientiert, hervor. [6, S. 4]

SCHALLMO hat verschiedene Definitionen des Begriffes „Geschäftsmodell-Innovation“ aus der Literatur zusammengefasst, welche auch in der Abb. 3-1 dargestellt sind:

Die Innovationsobjekte im Rahmen der Geschäftsmodell-Innovation sind einzelne Geschäftsmodell-Elemente bzw. das gesamte Geschäftsmodell. Der Innovationsgrad betrifft sowohl die inkrementelle als auch die radikale (Weiter-) Entwicklung eines Geschäftsmodells. Die Geschäftsmodell-Innovation erfolgt anhand eines Prozesses mit einer Abfolge von Aufgaben und Entscheidungen, die in logischem und zeitlichem Zusammenhang zueinander stehen. Die Aufgaben dienen der Entwicklung, der Implementierung und der Vermarktung eines Geschäftsmodells. Die Zielsetzung ist, Geschäftsmodell-Elemente so zu kombinieren, damit für Kund\*innen und Partner\*innen auf eine neue Weise Nutzen gestiftet wird, womit auch eine Differenzierung gegenüber Wettbewerbern möglich ist. Diese Differenzierung dient dazu, die Kundenbeziehungen zu festigen und einen Wettbewerbsvorteil aufzubauen. Weitere Zielsetzungen sind, dass sich die Geschäftsmodell-Elemente gegenseitig verstärken und eine schwere Imitierbarkeit zu erreichen, um Wachstum zu generieren. [7, S. 29]

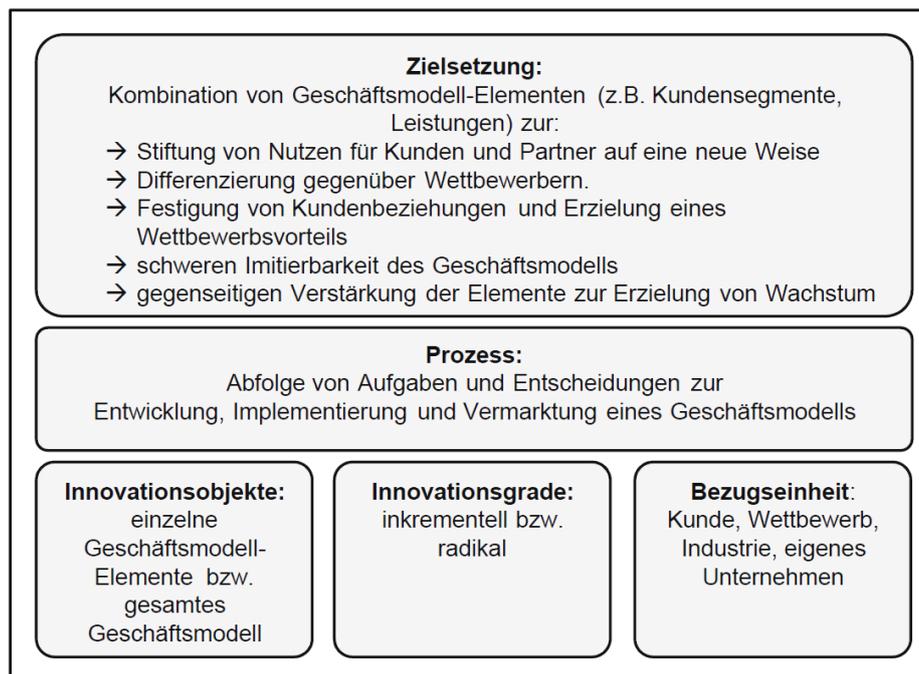


Abb. 3-1: Bestandteile der Definition von Geschäftsmodell-Innovation [7, S. 29]

## 4 Einordnung der Geschäftsmodell-Theorie

Zur Abgrenzung sei festgehalten, dass ein Geschäftsmodell keine Strategie darstellt, auch wenn diese Begriffe oftmals fälschlich verwendet werden. [8, S. 6]

Das Geschäftsmodell ist in den Planungshierarchien eines Unternehmens zwischen der Strategie und der operativen Planung einzugliedern. Das Geschäftsmodell dient hierbei der Erzeugung und Abschöpfung von Werten sowie der Entwicklung von Wertmechanismen. Übergeordnet, also noch über der Strategie, steht die normative Unternehmenspolitik mit einer Vision, Mission, einem Leitbild etc.

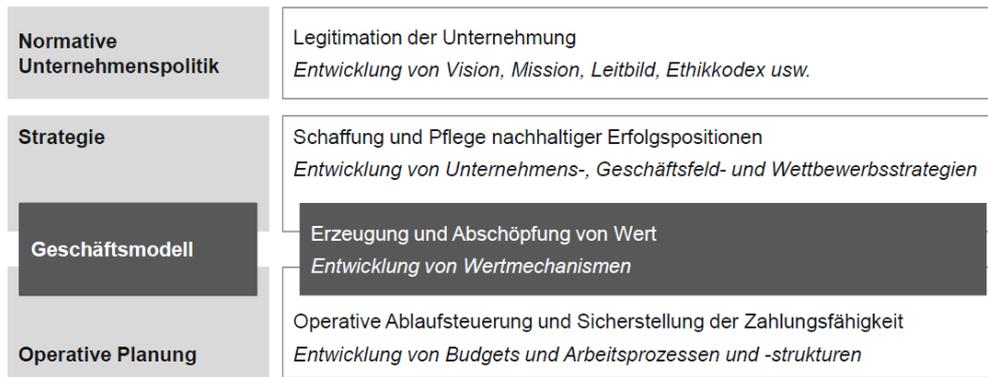


Abb. 4-1: Das Geschäftsmodell in der Planungshierarchie [9, S. 26]

Zu beachten ist, dass Geschäftsmodelle in bestimmten Umgebungen gestaltet bzw. betrieben werden. Ein umfangreiches Verständnis der Unternehmensumgebung hilft dabei stärkere, und wettbewerbsfähigere Geschäftsmodelle zu konzipieren. OSTERWALDER und PIGNEUR heben hierbei hervor, dass das Umfeld nicht die Kreativität einschränken bzw. das Geschäftsmodell vorgeben soll. Es soll jedoch zu kompetenteren Entscheidungen führen. Oft können neue, bahnbrechende Geschäftsmodelle sogar das Umfeld beeinflussen. [3, S. 204]

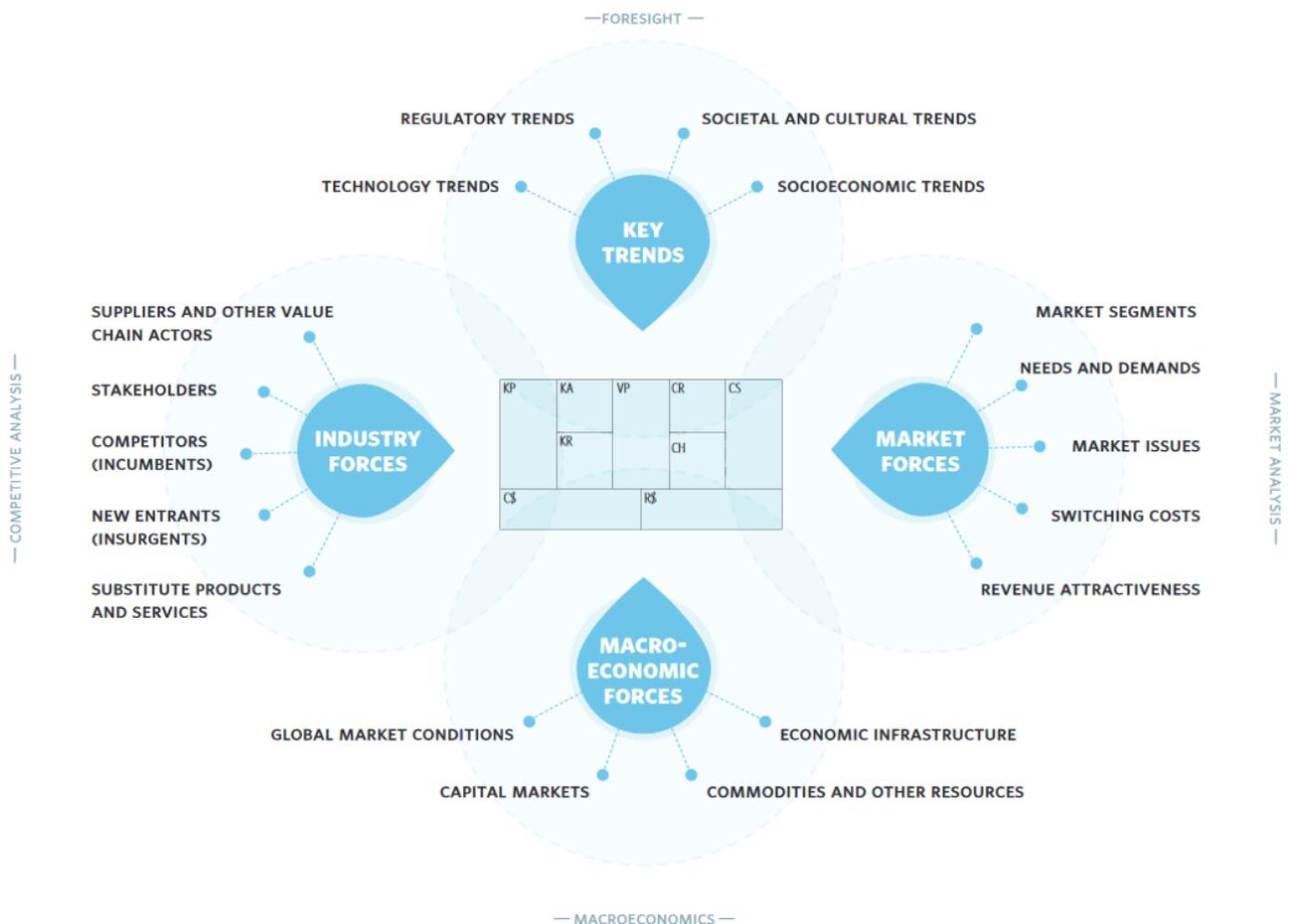


Abb. 4-2: Geschäftsmodellumgebung [10, S. 201]

Limitierend hierzu halten WAGNER und PFNÜR jedoch fest, dass strategische Unternehmensanpassungen nicht nur von extern wirkenden Einflüssen, sondern auch von internen Fähigkeiten und Ressourcen abhängig sind. [11, S. 127]

## 5 Geschäftsmodelle von Projektentwicklungsunternehmen

Zur Weiterentwicklung bestehender Unternehmen bzw. Innovation derer Geschäftsmodelle ist es oftmals hilfreich die aktuellen Geschäftsmodelle zu verstehen. Deshalb werden in diesem Kapitel die unterschiedlichen Geschäftsmodelle von Projektentwicklungsunternehmen kurz aufgezeigt.

Auf Grundlage einer zuvor durchgeführten Literaturrecherche lassen sich Geschäftsmodelle von Projektentwicklungsunternehmens im Wesentlichen durch folgende Elemente bzw. Ausprägungen unterscheiden: [12, S. 176]

1. Zielkundschaft
  - Institutionelle Anleger
  - Private Anleger\*innen
  - Endkund\*innen
  - Mieter\*innen
  - Unternehmen bzw. Organisationen
2. Nutzenversprechen
  - Unterteilt in unterschiedliche Assetklassen (Nutzungsarten)
  - Zusätzliche Services entlang der gesamten Nutzungsphase
3. Wertschöpfungskette
  - Projektentwicklung im engeren Sinne
  - Projektentwicklung im mittleren Sinne
  - Projektentwicklung im weiteren Sinne
4. Ertragsmechanik
  - Verkauf (Trader-Developer)
  - Vermietung (Investor-Developer)
  - Einnahmen durch zusätzliche Services
  - Management-Fee als Service-Developer

## 6 Trends in der Immobilienwirtschaft

Die frühzeitige Identifikation von Trends ist von hoher Bedeutung, da dies den nachhaltigen Fortbestand des Unternehmens sichern kann. Der Erfolg des Managements eines Unternehmens wird auch daran gemessen, in wieweit es gelingt, die Strategie und Unternehmenspolitik an den Stakeholder-Erwartungen auszurichten. Im Idealfall antizipiert das Management die Stakeholder-Erwartungen möglichst frühzeitig, bevor diese effektiv werden. [13, S. 23]

Trends sind Auslöser des strukturellen Wandels, indem sie die globale Umwelt bzw. die aufgabenspezifische Unternehmensumwelt in soziokulturellen, technologischen, politisch-rechtlichen und ökonomischen Belangen beeinflussen bzw. verändern. [13, S. 24]

NAISBITT definiert Megatrends als globale, tiefgreifende und langfristige Trends, die zu sozialen, ökonomischen, politischen und technischen Veränderungen führen. [14]

Megatrends beeinflussen das gesellschaftliche Weltbild, die Werte und das Denken. Megatrends werden somit auch das Angebot und die Nachfrage nach Immobilien fundamental und grundlegend beeinflussen. VORNHOLZ hebt hierbei die Bedeutung der Megatrends als fundamentale Werttreiber für Immobilien hervor. [15, S. 144]

VORNHOLZ beschreibt des Weiteren folgende Megatrends als relevant für die Immobilienwirtschaft: [15, S. 145 ff.]

- Globalisierung
- Wirtschaftsentwicklung: Wachstum und Wandel
- Demografische Entwicklung
- Finanzmärkte
- Digitalisierung
- Nachhaltigkeit

VORNHOLZ unterscheidet bei der Betrachtung zwischen dem Einfluss der Megatrends auf die gesamte Immobilienwirtschaft, den Immobilien-Investmentmarkt, sowie unterschiedliche Assetklassen (Büro-, Retail-Immobilien und dem Wohnungsmarkt). [15, S. 145 ff.] Auch OSTERWALDER und PIGNEUR beschreiben in der viel allgemeineren, nicht immobilien-spezifischen Literatur, dass die Gestaltung und Innovation von Geschäftsmodellen je Marktsegment unterschiedlich verlaufen können (vgl. Abb. 4-2). [3, S. 206]

PEYINGHAUS et. al. nennen 18 Trends mit Einfluss auf die Immobilienwirtschaft. Exemplarisch seien an dieser Stelle folgende erwähnt: [16, S. 2]

- Mobilität
- Künstliche Intelligenz
- Start-Ups
- New Work
- Regulierungen
- Individualisierungen
- Suffizienz

Selbstverständlich können diese Trends (teilweise) als Teil der oben genannten Megatrends betrachtet werden.

## 7 Geschäftsmodell-Innovation in der Immobilienwirtschaft

WAGNER und PFNÜR stellen fest, dass weitreichende Veränderungen über die Nutzer\*innen in das Wertschöpfungssystem der Immobilienwirtschaft getragen werden, welche jedoch keinerlei immobilienwirtschaftliche Leistungen steuern oder koordinieren können. Die zentrale Rolle der Transformation der Immobilienwirtschaft nehmen die Projektentwicklungsunternehmen ein, welche die Transformation im Wertschöpfungssystem implementieren können. [11, S. 99 f.]

Auch YDERFÄLT und ROXENHALL beschreiben dies sehr ähnlich:

*“The building user takes the initiative during real estate business model innovation and controls the value-creation process, whereas the real estate company coordinates the network resource*

*mobilization for the value-creation process.*" [17, S. 666]

Die nachfolgende Tabelle zeigt strategische Anpassungsoptionen bzw. Handlungsempfehlungen für Projektentwicklungsunternehmen aufgrund der wirkenden Einflüsse.

Dimension für Geschäftsmodell-anpassungen	Identifikation strategischer Anpassungsoptionen und Handlungsempfehlungen
Nutzen- und Werteversprechen vermehrt am Immobiliennutzer ausrichten	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Veränderte Nutzeranforderungen ins Zentrum strategischer Anpassungen stellen</li> <li>• Flexible und kurzfristig verfügbare Mietmodelle schaffen</li> <li>• Gewerblichen Nutzern kurzfristig und flexibel anmietbare Zusatzflächen bieten</li> <li>• Revitalisierungskompetenzen stärken, um Flächenbedarfsveränderungen der gewerblichen Immobiliennutzer zu lösen</li> <li>• Flexible Flächen mit hoher Nutzungsqualität entwickeln, Nutzungszyklen und Flächenbereitstellung ganzheitlich begleiten</li> </ul>
Bereitstellung ganzheitlicher Dienstleistungen und Nutzerintegration	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nähe zum Nutzer ausbauen, um veränderte und individuelle Nutzeranforderungen als erster Akteur aufzugreifen bzw. zu verstehen</li> <li>• Integrierte Lösungen mit ganzheitlichen Dienstleistungen rund um Flächenbereitstellungen forcieren</li> <li>• Vertikale Geschäftsfelderweiterung, um Immobilienmanagementleistungen in der Betriebsphase anzubieten</li> <li>• Eigene Space-as-a-Service-Konzepte entwickeln</li> <li>• Zentrale und vernetzte Rolle im Wertschöpfungssystem nutzen, um Innovationen in Flächenbereitstellung, neue Asset-Klassen und technische Anwendungen hervorzubringen</li> <li>• Kooperative den Nutzer einbindende Entwicklungen zum Verständnis von Nutzeranforderungen für innovative und/oder individuelle Lösungen</li> </ul>
Integration immobilienwirtschaftlicher Wertschöpfungsstufen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aus der zentralen Rolle im Wertschöpfungssystem heraus mit der Nähe zum Nutzer Potenziale nutzen, um die gesamte immobilienwirtschaftliche Wertschöpfungskette zu vernetzen</li> <li>• Als zentraler Akteur immobilienwirtschaftliche Leistungsbündelung forcieren: Planung, Realisierung, Finanzierung sowie Asset &amp; Property Management „aus einer Hand“</li> <li>• Lösungsansätze für ganzheitliche Flächenbereitstellung im Sinne von Space-as-a-Service als Systemführer ganzheitlich koordinieren und verantworten</li> <li>• Schlüsselpartner für ganzheitliche Lösungen identifizieren und entsprechende Kooperationsmodelle und Wertschöpfungspartnerschaften entwickeln</li> </ul>
Digitale Technologien als Schlüsselressourcen für ganzheitliche Dienstleistungen und Integration von Wertschöpfungsstufen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Einsatz von BIM in der Erstellungsphase, um Akteure kooperativ einzubinden, Gebäudeinformationen verlustfrei in den Betrieb zu übergeben und Kundennutzen zu generieren</li> <li>• Datengetriebene Geschäftsmodellansätze basierend auf dem digitalen Gebäudewilling entwickeln</li> <li>• Entwicklungen und Potenziale digitaler Technologien beobachten, bestehende Effizienzvorteile nutzen und Erfahrungen sammeln</li> </ul>

*Tab. 7-1: Identifizierte Anpassungsoptionen und Handlungsempfehlungen für Immobilienprojektentwickler [11, S. 113 f.]*

An dieser Stelle sei limitierend jedoch festgehalten, dass sich die Publikation von WAGNER und PFNÜR stark an den Corporate Real Estate Bereich richtet (alle interviewten Nutzer\*innen sind im Corporate Real Estate Management tätig). [18, S. 180]

Aber auch am Wohnungsimmobiliemarkt gibt es Trends, welche ähnliche Anpassungen der Geschäftsmodelle indizieren. Der demografischer Wandel, insbesondere die immer älter werdende Gesellschaft, sowie die Digitalisierung und der Einfluss von internationalen Investoren gewinnen in diesem Markt an Bedeutung. Somit ändern sich die Anforderungen an die Wohnfläche, flexible Grundrissgestaltungen sollen Wohnimmobilien auch künftig attraktiv halten. Das Konzept des betreuten Wohnens gewinnt an Bedeutung, da ältere Personen möglichst lange ein selbstbestimmtes Leben in den eigenen vier Wänden führen wollen, womit oftmals die Notwendigkeit einer gewissen Unterstützung im Alltag einhergehen kann. So kann das Angebot zusätzlicher immobiliennaher Dienstleistungen (Services) auch im Bereich Wohnen immer gefragter werden. [19, S. 168 f.]

Bezugnehmend auf die oben dargestellte Tabelle bleibt es jedoch weiterhin kritisch zu hinterfragen, ob Building Information Modeling (BIM) tatsächlich die erwünschte Innovationskraft bzw. Bedeutung für die Immobilienwirtschaft erfährt.

Denn Digitalisierungslösungen werden in drei Kategorien, abhängig davon wem der Nutzen zufällt, eingeteilt. Der Nutzen kann entweder überwiegend den Nutzer\*innen der Immobilie, dem Projektentwickler bzw. Betreiber, oder den Ausführenden des Bauprojektes zukommen. [20]

Bei Building Information Modeling (BIM) steht derzeit zu stark der Nutzen im Ausführungs- bzw. Bauprozess im Vordergrund, vernachlässigt werden hierbei bislang die Bedürfnisse der späteren Nutzer\*innen der Immobilien sowie des Betriebs und der Bestandshaltung. Anscheinend bedarf es noch weiterer Digitalisierungslösungen – abseits von BIM – für die Immobilienwirtschaft.

Projektentwicklungsunternehmen zeigen aufgrund von Unsicherheiten bzw. verbundenen Risiken noch eine abwartende Haltung hinsichtlich Digitalisierungsvorhaben und schätzen hierbei das Risiko möglicher Verluste von Marktpotenzialen zu gering ein. Dies ist verglichen mit anderen Branchen durchaus überraschend und unüblich. In der Immobilienwirtschaft bleiben Potenziale für kundenorientierte Geschäftsprozesse über die gesamte Wertschöpfungskette sowie die Steigerung der Nutzerzufriedenheit noch ungenutzt. [11, S. 113]

ANDIC hat mittels empirischer Forschung zehn mögliche Geschäftsmodellinnovationen für Projektentwicklungsunternehmen identifiziert: [21, S. 114]

- Ansprechen neuer Kundensegmente: Globale Investoren
- Tokenisierte Grundbuchsanteile von Immobilien
- Ansprechen neuer Kundensegmente: Finanzierung von eigengenutzten Immobilien
- Kurzzeitvermietung: Ferien- und Tourismusimmobilien
- Senior-Living
- Mixed-Use-Immobilien: Wohnen, Arbeit, Freizeit
- Flexible Wohnflächen: Anpassbare Wohnflächen je nach Lebensabschnitt
- Luxusimmobilien
- Nachhaltige Immobilien
- Zusätzliche finanzielle Dienstleistungen

## 8 Zusammenfassung, Ausblick und kritische Würdigung

Inwiefern die genannten Trends bzw. Megatrends auf die Immobilienwirtschaft künftig genau wirken und welche Geschäftsmodell-Innovationen sich künftig stärker etablieren werden, bleibt weiterhin offen.

Bekanntlich sind keine genauen Aussagen oder Prognosen über die Zukunft möglich. Dennoch zeigt es sich, dass die Beschäftigung mit Trends bzw. Geschäftsmodell-Innovationen für einen nachhaltigen Fortbestand von Unternehmen dienlich sein kann, dies gilt auch in der Immobilienwirtschaft.

Ungeachtet dessen scheint es so, dass sich gewisse Tendenzen hinsichtlich Trends und Geschäftsmodell-Innovationen in der Immobilienwirtschaft aufgrund der angestellten Literaturrecherche abzeichnen:

Die Literatur ist sich einig darüber, dass die Immobilienwirtschaft sich deutlich stärker an den Bedürfnissen der Nutzer\*innen (bzw. Kund\*innen) orientieren sollte. Dies gilt insbesondere für Projektentwicklungsunternehmen sowie Bestandshalter (Investor-Developer).

Gerade hierfür könnte das Denken in Geschäftsmodellen hilfreich sein, denn auch GASSMANN et.al. [4, S. 9], bzw. OSTERWALDER und PIGNEUR [3, S. 24] stellen die Kund\*innen in das Zentrum eines jeden Geschäftsmodells.

Es bleibt daher erstaunlich, warum sich die Immobilienwirtschaft und deren Forschung bislang wenig mit Geschäftsmodellen auseinandergesetzt haben.

Als zweite starke Tendenz lässt sich aus der Literatur ableiten, dass zusätzliche, immobiliennahe Services (Dienstleistungen) – neben den eigentlichen Assets (Immobilien) – künftig stärker gefragt und somit in die jeweiligen Geschäftsmodelle integriert werden könnten. Dies gilt besonders für Bestandshalter (Investor-Developer). Folgerichtig müssten aber Projektentwicklungsunternehmen stärker als Investor-Developer, und weniger als reine Trader-Developer, agieren, um Services entlang ihrer Wertschöpfungskette implementieren zu können. Mit einer solchen vertikalen Vorwärtsintegration entlang der Wertschöpfungskette gehen selbstverständlich auch Risiken einher, welche es vorab abzuwägen gilt.

WAGNER und PFNÜR konstatieren hierzu relativ klar:

*„Mittelfristig werden wachsende Serviceorientierung und integrierte Lösungen über den Immobilienlebenszyklus wesentliche Anpassungsoptionen bilden, sodass langfristig einige Projektentwickler vermehrt eigene Space-as-a-Service-Modelle entwickeln.“ [11, S. 112]*

Zu diesem Zweck kann die Verwendung der Geschäftsmodell-Theorie hilfreich sein, da dadurch die Ertragsmechanik losgelöst von anderen Elementen, wie der Wertschöpfungskette bzw. dem Nutzungsversprechen, betrachtet werden kann.

Gerade die Megatrends „Digitalisierung“ und „Nachhaltigkeit“ bieten vielversprechende und unterschiedlichste Möglichkeiten für Geschäftsmodell-Innovationen bei Immobilienunternehmen, da hier der eigene unternehmerische Entscheidungs- und Handlungsspielraum besonders gegeben sind. Auch hier gilt es die Bedürfnisse der Nutzer\*innen (bzw. Kund\*innen) in den Vordergrund zu stellen, und erst in zweiter Linie die Integration in die eigene Wertschöpfungskette zu thematisieren.

Abschließend wird an dieser Stelle der dringliche Appell geäußert, dass sich die Akteure der Immobilienwirtschaft, inklusive der dazugehörigen Forschung, künftig stärker mit Geschäftsmodellen sowie deren Innovation auseinandersetzen sollten.

Da im Rahmen des gegenständlichen Beitrages als Methodik bloß eine Literaturrecherche stattgefunden hat, sind die postulierten Zwischenergebnisse lediglich ein Abbild der aktuellen Literatur. Ob diese Darstellungen hinsichtlich Geschäftsmodell-Innovationen oder Trends in der Immobilienwirtschaft auch empirisch tatsächlich bestätigt bzw. erhoben werden können, bleibt weiterhin offen.

Es bleibt zu erforschen, welche Geschäftsmodell-Bausteine durch die unterschiedlichen Trends und der daraus resultierenden Geschäftsmodell-Anpassungen betroffen sein könnten. Es werden daher weitere wissenschaftliche Untersuchungen und empirische Studien zum Thema Geschäftsmodell-Innovation von Projektentwicklungsunternehmen bzw. Immobilienunternehmen von besonderem Interesse sein.

## 9 Literaturverzeichnis

- [1] D. Schallmo, *Geschäftsmodelle erfolgreich entwickeln und implementieren: Mit Aufgaben, Kontrollfragen und Templates*, 2. Aufl. Springer Berlin Heidelberg, 2018.
- [2] G. LIU, K. LI, A. SHRESTHA, I. MARTEK und Y. ZHOU, "STRATEGIC BUSINESS MODEL TYPOLOGIES EVIDENT IN THE CHINESE REAL-ESTATE INDUSTRY", *International Journal of Strategic Property Management*, Nr. 22, 2018, Issue 6.
- [3] A. Osterwalder und Y. Pigneur, *Business Model Generation: Ein Handbuch für Visionäre, Spielveränderer und Herausforderer*. Frankfurt: Campus Verlag, 2011.
- [4] O. Gassmann, K. Frankenberger und M. Choudury, *Geschäftsmodelle entwickeln: 55 innovative Konzepte mit dem St. Galler Business Model Navigator*, 3. Aufl. München: Carl Hanser Verlag GmbH & Co. KG, 2021.
- [5] B. Demil und X. Lecocq, "Business Model Evolution: In Search of Dynamic Consistency", *Long Range Planning*, Jg. 43, 2-3, S. 227–246, 2010, doi: 10.1016/j.lrp.2010.02.004.
- [6] C. Steenkamp und S. E. Arnoldi-van der Walt, "Web phenomenon applied as ICT platform in support of business model innovation", *S. Afr. j. inf. manag.*, Jg. 6, Nr. 1, 2004, doi: 10.4102/sajim.v6i1.295.
- [7] D. Schallmo, *Geschäftsmodell-Innovation: Grundlagen, bestehende Ansätze, methodisches Vorgehen und B2B-Geschäftsmodelle*. Wiesbaden: Springer Gabler, 2013.
- [8] J. Magretta, "Why Business Models Matter", *Harvard Business Review*, May/2002.
- [9] T. BIEGER, D. KNYPHAUSEN-AUFSEß und C. KRYS, *Innovative Geschäftsmodelle: Konzeptionelle Grundlagen, Gestaltungsfelder und unternehmerische Praxis*. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2011.

- [10] A. Osterwalder und Y. Pigneur, *Business Model Generation*. Weinheim [u.a.]: John Wiley & Sons, 2010.
- [11] B. Wagner und A. Pfnür, "Die Rolle der Projektentwickler in der immobilienwirtschaftlichen Transformation – Netzwerkanalyse und Stakeholder-Ansatz zur Bestimmung strategischer Anpassungen" in *Transformation der Immobilienwirtschaft: Auswirkungen auf immobilienwirtschaftliche Geschäftsmodelle unter besonderer Berücksichtigung der Immobilienprojektentwicklung: Dissertation*, B. Wagner, Hg., 2021.
- [12] D. Ehmann, "Geschäftsmodelle von Projektentwicklungsunternehmen" in *Tagungsband zum 32. BBB-Assistent:innentreffen 2023: 04.10.2023 - 06.10.2023*, Universität Duisburg-Essen, Universität Duisburg-Essen, Fakultät für Ingenieurwissenschaften, Abteilung Bauwissenschaften, Institut für Baubetrieb und Baumanagement., Hg., Duisburg-Essen: DuEPublico: Duisburg-Essen Publications online, University of Duisburg-Essen, Germany, S. 171–177.
- [13] A. Pfnür und B. Wagner, "Strukturwandel und Transformation: Wirkungsmechanismen auf Immobilienunternehmen und deren Wertschöpfungssystem" in *Transformation der Immobilienwirtschaft: Geschäftsmodelle, Strukturen, Prozesse und Produkte im Wandel*, A. Pfnür, M. Eberhardt und T. Herr, Hg., Wiesbaden: Springer Gabler Wiesbaden, 2022.
- [14] J. Naisbitt, *Megatrends: Ten new directions transforming our lives*. New York, N.Y.: Warner Books, 1982.
- [15] G. Vornholz, *Entwicklungen und Megatrends der Immobilienwirtschaft*, 3. Aufl. Berlin, Boston: Walter de Gruyter, 2017.
- [16] M. Peyinghaus, R. Zeitner und A.-K. Kempster, *Leading Real Estate: Führung von Immobilienunternehmen unter Einfluss aktueller Megatrends*, 1. Aufl. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden; SPRINGER VIEWEG, 2022.
- [17] Å. Yderfält und T. Roxenhall, "Real estate business model innovation and the impact of ego network structure", *MRR*, Jg. 40, Nr. 6, S. 648–670, 2017, doi: 10.1108/MRR-11-2016-0253.
- [18] B. Wagner, Hg., *Transformation der Immobilienwirtschaft: Auswirkungen auf immobilienwirtschaftliche Geschäftsmodelle unter besonderer Berücksichtigung der Immobilienprojektentwicklung: Dissertation*, 2021.
- [19] S. Efremidis, "Trends und Herausforderungen in der Wohnungswirtschaft" in *Wohnimmobilien: Lebenszyklus, Strategie, Transaktion*, D. Arnold, N. Rottke und R. Winter, Hg., Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden, 2017, S. 253–270.
- [20] C. Schmidt, *Digitalisierung in der Immobilienbranche*. [Online]. Verfügbar unter: <https://apti.at/digitalisierung-in-der-immobilienbranche-ein-beitrag-von-christoph-schmidt-dreso/> (Zugriff am: 30. Mai 2024).
- [21] Gabriel Andic, "Mögliche Geschäftsmodellinnovationen bei klein- und mittelständischen Projektentwicklerunternehmen im Bundesland Steiermark" Masterarbeit, Institut für Baubetrieb und Bauwirtschaft, Technischen Universität Graz, 2024.

# Entwicklung einer Darstellungsweise der Wertstrommethode für die Anwendung in der Bauprojektentwicklung

Paul Herrmann, M.Sc. <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Technische Universität Darmstadt, p.herrmann@baubetrieb.tu-darmstadt.de

## Kurzfassung

Die Arbeitsvorbereitung stellt in der Bauindustrie eine Grundvoraussetzung für eine erfolgreiche Projektentwicklung dar. Maßnahmen, welche vor Baubeginn formuliert wurden, sind über den zeitlichen Fortschritt auf ihre Wirksamkeit zu prüfen und bei Abweichungen anzupassen.[1, S. 24] Für die Planung eines Werkes als Ort der stationären Fertigung bedarf es vorab ebenfalls planerischer Aktivitäten, um eine effiziente Produktion zu gewährleisten. Die Wertstrommethode stellt ein beliebtes Werkzeug dar, um Produktionsprozesse sowie steuernde Informationsflüsse vorab zu durchdenken oder bestehende Vorgänge zu analysieren, um diese in einem zweiten Schritt anzupassen.

Anhand der Erläuterung der Durchführung der Wertstrommethode in der Automobilindustrie lassen sich für eine Adaptierung auf die Bauindustrie maßgebende Bestandteile darstellen. Ein Blick auf die Anwendung in der Fertigung lässt einen Zusammenhang zwischen der Einsatzhäufigkeit des Verfahrens und den Fertigungs- bzw. Organisationstypen vermuten. Wie eine Literaturrecherche zeigt, scheint sich, unter Beachtung der in der Bauindustrie üblichen, instationären Einzelfertigung [2, S. 3] ein ähnlicher Zusammenhang abzuzeichnen. Um einen Vergleich der identifizierten Anwendungsfälle der Wertstrommethode auf die Prozesskette Bau zu gewährleisten, werden acht Merkmale synthetisiert und gegenübergestellt. Aufbauend auf den gewonnenen Erkenntnissen und unter Beachtung branchenspezifischer Unterschiede, wird die Darstellungsweise der Wertstrommethode aus der stationären Industrie ergänzt und ein Vorgehen für eine adäquate Anwendung vorgestellt. In drei Praxisbeispielen wird abschließend die gefundene Methodik evaluiert.

*Schlagerwörter: Lean-Management, Wertstromanalyse, Wertstromdesign, Wertstrommethode, Prozessmanagement, Arbeitsvorbereitung*

## 1 Einleitung

Die Wertstrommethode bezeichnet ein Prozessplanungsvorgehen aus der Automobilindustrie mit dem Ziel der effizienten und kundenfreundlichen Gestaltung und Abwicklung von Produktionsprozessen. In der Baubranche findet das Verfahren bisher nur in vereinzelt Pilotprojekten Anwendung. Mit Hinblick auf die in anderen Wirtschaftssektoren erfolgreich durchgeführten Anpassungen an branchenspezifische Fertigungstypologien [3, S. 208] [4, S. 14], kann eine generische Adaption auf Prozesse im Bauwesen erwogen und geprüft werden. Laut Umfragen in Wirtschaftszweigen, in welchen sich die Wertstrommethode etabliert hat, sehen 80% der befragten Unternehmen diese als „nützlich“ bis „sehr nützlich“ zur Verbesserung ihrer Produktionsverfahren an.[5, S. 53] Auch in Produktionsprozessen des Bauwesens lassen sich Potentiale erkennen und Handlungsfelder ableiten.

## 2 Branchenübergreifende Anwendungsfelder der Wertstrommethode

Über verschiedene Wirtschaftssektoren hinweg wird die Wertstrommethode zur Untersuchung von Prozessabläufen und deren Beziehung eingesetzt. Nach einer Best-Practice-Betrachtung wird über den Zusammenhang zwischen Fertigungstypologie und Einsatzhäufigkeit ein inhaltlicher Übergang zur Anwendung in der Bauindustrie geschaffen.

### 2.1 Anwendung in der stationären Industrie

Die Wertstrommethode gliedert sich in die Wertstromanalyse (Current-State-Map [CSM]) und in das Wertstromdesign (Future-State-Map [FSM]). Mittels der Analyse werden Produktions- und Informationsprozesse sowie deren Abfolge und in- sowie extrinsische Bezüge erfasst und dargestellt. Im Zuge des Designs wird das erzeugte Abbild einem systematischen Veränderungsprozess unterzogen.[6, S. 294] Die reine Visualisierung, ohne das Vorgehen der Datenerfassung und Bewertung, wird im weiteren als Darstellung betitelt.

Zu Beginn erfolgt die Festlegung der Prozesse, welche untersucht werden sollen, mit anschließender Datenerfassung am Ort der Produktion in zwei Durchgängen. Im ersten Durchgang wird die Abfolge der Produktionsschritte ermittelt, im zweiten Durchgang werden Prozessinformationen gesammelt. Alle Daten werden unmittelbar aufgenommen.[7, S. 12] Die Datenaufnahme, deren Vorbereitung, die Auswahl der untersuchten Vorgänge sowie der Prozess der Verwertung der gesammelten Informationen in einer Darstellung wird im Folgenden als Methode bezeichnet.

Der Wertstrom beschreibt, unabhängig von der Art und Struktur eines Unternehmens, alle Prozesse, welche vom ersten Entwurf bis zum fertigen Produkt notwendig sind, um eine auslösende Kundenanforderung (im Kontext der Bauwirtschaft Bauherrenanforderung) zu erfüllen [7, S. 9]. Das aus Kundensicht wertvolle Objekt (im Weiteren als Bearbeitungselement bezeichnet) bewegt sich gedanklich entlang des Materialflusses, welcher alle notwendigen Produktionsprozesse beinhaltet. Von dieser Prozesskette ausgehend, wird die Summe der Produktionslogistik einer Fabrik, aufgeteilt in Geschäftsprozesse, Informationsprozesse sowie Kunde und Lieferant dargestellt [8, S. 32] (vgl. Abb. 3-1). Die Struktur dient der kundenorientierten und damit im Sinne des Lean-Managements effizienten Organisation der Produktion.[8, S. 4] Als zentrale Kennzahlen leiten sich aus dieser Perspektive die Durchlaufzeit (Zeitspanne eines Produktes von dem Eingang bis zu dem Verlassen

eines Leistungserstellungsprozesses) sowie die Prozesszeit bzw. Wertschöpfungszeit (tatsächlich wertschöpfende Bearbeitungszeit) und deren Schwankungen ab. Beide Kennzahlen sind zunächst zu ermitteln und zu visualisieren, um dann die Durchlaufzeit zu reduzieren. [9, S. 29] Weitere Kennzahlen beschreiben die Taktraten, Bestände sowie Verluste in den Produktionsprozessen. [8, S. 117]

Die Veränderung der im Zuge der Wertstromanalyse aufgenommenen Arbeitsschritte wird als Wertstromdesign bezeichnet. Aufbauend auf der Analyse, welche Handlungsfelder innerhalb der Prozessketten aufdecken soll, werden Maßnahmen für eine ganzheitliche Wertstromoptimierung formuliert.[8, S. 123] In der Literatur werden zwei Vorgehen bezeichnet:

1. Quick Wins: Verbesserung von Schwachstellen ohne maßgebende Veränderung des Ablaufes. Dieses Vorgehen eignet sich bei kürzeren Prozessen oder Teilprozessen. [6, S. 312]
2. Systematische Umplanung der Produktion: Den sieben Leitlinien nach Rother & Shook folgend, werden die Produktions- und Informationsprozesse neu geplant und vernetzt. Überproduktion und der Aufbau von Beständen zwischen den einzelnen Arbeitsschritten werden als der größte Verursacher von Verschwendung identifiziert und gezielt bearbeitet.[7, S. 37-50]

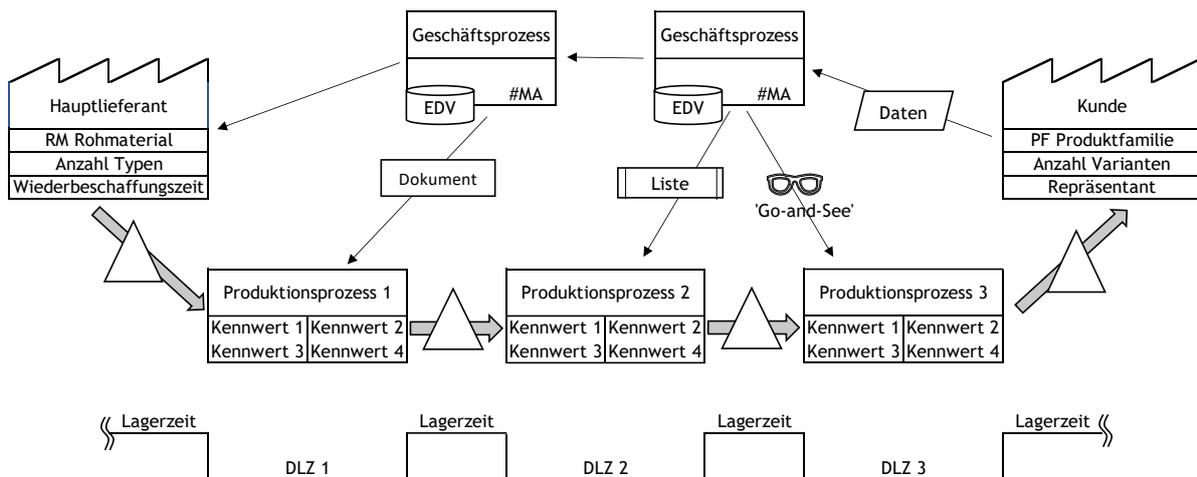


Abb. 2-1: Darstellungsweise nach Rother, Shook

## 2.2 Anwendung in Abhängigkeit des Fertigungs- und Organisationstyps

Für die Planung einer Produktion sind Rahmenbedingungen wie der Standort einer Produktionsstätte, die innerbetriebliche Anordnung von Produktionsmitteln, die Fertigungstypen und die Organisation der Fertigung zu beachten.[10, S. 203] Die beiden Letztgenannten lassen sich in Abhängigkeit der hergestellten Mengen in Massenfertigung bis Einzelfertigung und nach Anordnung der eingesetzten Ressourcen in Fließfertigung bis Baustellenfertigung gliedern. [10, S. 205 ff.]

Befragungen zum Einsatz der Wertstrommethode im produzierenden Gewerbe zeigen, dass mit Übergang von der Fließ- in die Werkstattfertigung sowie von der Großserienproduktion in die Einzel- bzw. Kleinserienfertigung der Einsatz der Wertstrommethode weniger häufig vorgenommen wird.[5, S. 38] Für die Baustellenproduktion, welche sich der Einzelfertigung zuordnen lässt, wird ein initialer Umsetzungsstand konспектиert. Die Anpassung der Theorien der Wertstrommethode auf den Bausektor sind aktuell noch Gegenstand der Forschung.[11, S. 3921] Im Zuge des Literaturstudiums bekräftigt sich dieser Eindruck durch die geringe Anzahl an identifizierten, wissenschaftlichen Publikationen sowie mangels einheitlicher Vorgehensweisen und Standards in der Anwendung der Wertstrommethode auf die Bauprozesskette.

## 2.3 Untersuchung der Anwendung in der Bauindustrie

Im Kontext der Baustellenfertigung lassen sich Anwendungsfälle der Wertstromanalyse mit den folgenden Wirkungsbereichen identifizieren:

- Baustellenfertigung [12, S. 71]
- Logistikprozesse [13, S. 154]

Ferner können Prozesse der Planung und des Designs sowie administrative Vorgänge der Bauindustrie durch Wertstromanalysen beschrieben werden [11, S. 3915]. Letztgenannte sowie Logistikprozesse sollen nicht in die weitere Auswertung einfließen, da diese sich sowohl hinsichtlich der Ablaufprinzipien als auch des Bearbeitungselementes von Prozessen der originären Bau-Wertschöpfung unterscheiden.

Neben dem Wirkungsbereich abstrahierten die Anwender die Wertstrommethode hinsichtlich der angestrebten Zieldimension und fokussieren z.T. ökologische anstelle ökonomischer Aspekte. [14, S. 67] [15, S. 818] In der Auswertung der Literatur lag der Fokus auf der Analyse von Prozessen der baustelleninternen, ortsgebundenen Fertigung mit der Zieldimension „Offenlegung von Verschwendung“ und „Grundlage zur Verringerung der Durchlaufzeit“.

In der nachfolgenden Tabelle sind die den Anforderungen entsprechenden Literaturbeispiele gegenübergestellt (vgl. Tab. 3-1

Bearbeitungselement		Pasqualini, Zawislak, 2005 – VALUE STREAM MAPPING IN CONSTRUCTION	Rosenbaum, Toledo et al. 2014 – Improving Environmental and Production Performance	Björnfot, Bildsten et al. 2011 – Lessons learned from successful value [16]	Bulhoes, Picchi et al. 2005 – COMBINING VALUE STREAM AND PROCESS	Hofacker, 2010 – Bewertung und Einführung von Lean- Methoden	Yu, Tweed et al. 2009 – Development of Lean Model	Yu, Al-Husseini et al. 2013 – Lean Transformation in a [17] Modular
		Fläche (m²)	Abhängig vom betrachteten Bauteil (m f. Säule, m² Boden...)	Bauteile (Türen, Glastrennwände , Fertig-Küchen)	Bauteil (Hier: Telefonmasten in der Vorfertigung	Einfamilienhaus Modell	Baumodule	
Formales Vorgehen	Produktfamilie wählen = Produktionsprozess	x	x	x		?	x	x
	Prozessgrenze/Flughöhe festlegen				(x)		x	x
	Aufnahme Rückwärts von Kunde zu Lieferant	x		x		x		
	CSM zeichnen	x	x	x	x	x	x	x
	FSM zeichnen	x	x	x	x	x	x	x
	Ideal State zeichnen	x		x				x
	Simulieren der FSM					x		x
	Einfaches Vorgehen mit Stift und Papier		x	x				
	Großes Format, Einfache Symbole			x				
	Klare Ziele definieren			x				
	Nicht mehr als 12 Prozesse zeichnen entlang der Wertschöpfung							x
	Variieren der "Flughöhe"					x		x
Dauer der Aufnahme	> 1 Tag	2 Monate	3 Tage k.A. Mehrere Monate	3 Wochen	2 Wochen	2 Tage		
Übernommene Notationen	Kunde	x	x	x	x	x	x	x
	Lieferant	x	x	x	x	x	x	x
	Bezeichnung Lieferant		x	x				
	Frequenz		x					
	Wertstrom	x	x	x	x	x	x	x
	-> Geteilter Wertstrom			(x)				
	Material und Informationen Kundenbezogen	x	x	x	x	x	x	x
	Produktionsprozesse	x	x	x	x	x	x	x
	Zeitlinie		x		x	x	x	x
	Materialunterstützung (Materialfluss zu den Produktionsprozessen)	x	x		(x)	?		
Informationen erweitert (statt PPS mehrere GP)					x	(x)	?	
Verwendete Kennzahlen	Durchlaufzeit	x	x	Wertstromdarstellung nicht deutlich lesbar	x	x	x	x
	Rüstzeit (Change over)	x	x		x	x	x	(x)
	Buchungszeit (Eingang Buchung BL bis NU bereit)							x
	Prozesszeit	x	x		x	x	x	x
	Dauer	x	x		x	x	x	x
	Anzahl Arbeiter/Schichten	?	x		x			x
	Abwesenheitstage		x					
	Dimensionen (m³, m², etc.)		x					
	Setup Time/Lead Time Percentage	?	x					x
	Prozesszeit pro Arbeiter (CWI)		x					
	Leistung	?	x					
	Gesamtwertschöpfungszeit		x					x
	Anteil Gesamtwertschöpfung		x					x
	Anteil Just-in-Time		x					
	Bestand	?	x			x	x	(x)
	Vorbestandswartzeit (= Wartezeit unfertiger Produkte [TI])		x				x	(x)
	Schwankungsfaktor/Variationsindex		x				x	?
Losgröße				x				
Mangelfreie Ausführung						x		
PSS						x		

). In roter Schrift notierte Veröffentlichungen beziehen sich auf Prozesse der Vorfertigung, werden aber aufgrund ihrer strukturellen Ähnlichkeit zum Bauprozess mit einbezogen. Orange hinterlegt sind die am häufigsten festgestellte Unterpunkte je Vergleichskriterium. Folgende Vergleichskriterien werden für die Adaptierung als relevant erachtet:

- formales Vorgehen:  
Untersuchung, welche Teilvorgänge von der Auswahl einer Prozesskette über die Zeichnung der CSM zur Erstellung der FSM ausgeführt wurden; Evaluation der Dauer der Datenaufnahme
- übernommene Notationen:  
Elemente der Darstellung, welche für die Wertstrommethode aus der stationären Industrie für das Vorgehen in der Bauindustrie übernommen wurden; keine Inhalte der Prozessknoten
- Verwendete Kennzahlen:  
Umfasst die Beschreibung der vorgefundenen Inhalte in den Prozessknoten
- Identifizierte Branchenunterschiede:  
Durch den jeweiligen Autor identifizierte Unterschiede zwischen stat. Industrie und Bauindustrie hinsichtlich des Einsatzes der Wertstrommethode
- Identifizierte Branchengemeinsamkeiten:  
Durch den jeweiligen Autor identifizierte Gemeinsamkeiten der stat. Industrie mit der Bauindustrie hinsichtlich des Einsatzes der Wertstrommethode
- Eingesetzte Mechanismen im Wertstromdesign:  
Zur Erreichung eines verbesserten SOLL-Zustandes eingesetzte Organisations- und Kommunikationselemente
- Erreichte Ziele:  
Durch den jeweiligen Autor als erfüllt bewertete Ziele bzw. umgesetzte Verbesserungen
- Ausblick:  
Durch den jeweiligen Autor identifizierter, weiterer Forschungs- und Handlungsbedarf

Bearbeitungselement		Pasqualini, Zawislak 2005 – VALUE STREAM MAPPING IN CONSTRUCTION Rosenbaum, Toledo et al. 2014 – Improving Environmental and Production Performance Björnfot, Bildsten et al. 2011 – Lessons learned from successful value [16] Bulhoes, Picchi et al. 2005 – COMBINING VALUE STREAM AND PROCESS Hofacker 2010 – Bewertung und Einführung von Lean- Methoden Yu, Tweed et al. 2009 – Development of Lean Model Yu, Al-Husseini et al. 2013 – Lean Transformation in a [17] Modular						
		Fläche (m²)	Abhängig vom betrachteten Bauteil (m f. Säule, m² Boden...)	Bauteile (Türen, Glasrennwände, Fertigt-Küchen)	Bauteil (Hier:	Telefonmasten in der Vorfertigung	Einfamilienhaus	Baumodule
Formales Vorgehen	Produktfamilie wählen = Produktionsprozess	x	x	x		?	x	x
	Prozessgrenze/Flughöhe festlegen				(x)		x	x
	Aufnahme Rückwärts von Kunde zu Lieferant	x		x		x		
	CSM zeichnen	x	x	x	x	x	x	x
	FSM zeichnen	x	x	x	x	x	x	x
	Ideal State zeichnen	x		x				x
	Simulieren der FSM					x	x	x
	Einfaches Vorgehen mit Stift und Papier		x	x				
	Großes Format, Einfache Symbole			x				
	Klare Ziele definieren			x				
	Nicht mehr als 12 Prozesse zeichnen entlang der Wertschöpfung						x	
Variieren der "Flughöhe"				x		x		
Dauer der Aufnahme	> 1 Tag	2 Monate	3 Tage k.A. Mehrere Monate	3 Wochen	2 Wochen	2 Tage		
Übernommene Notationen	Kunde	x	x	x	x	x	x	x
	Lieferant	x	x	x	x	x	x	x
	Bezeichnung Lieferant		x	x				
	Frequenz		x					
	Wertstrom	x	x	x	x	x	x	x
	-> Geteilter Wertstrom			(x)			x	
	Material und Informationen Kundenbezogen	x	x	x	x	x	x	x
	Produktionsprozesse	x	x	x	x	x	x	x
	Zeitlinie		x		x	x	x	x
	Materialunterstützung (Materialfluss zu den Produktionsprozessen)	x	x		(x)	?		
Informationen erweitert (statt PPS mehrere GP)					x	(x)	?	
Verwendete Kennzahlen	Durchlaufzeit	x	x	Wertstromdarstellung nicht deutlich lesbar	x	x	x	x
	Rüstzeit (Change over)	x	x		x	x	x	(x)
	Buchungszeit (Eingang Buchung BL bis NU bereit)							x
	Prozesszeit	x	x		x	x	x	x
	Dauer	x	x		x	x	x	x
	Anzahl Arbeiter/Schichten	?	x					x
	Abwesenheitstage		x					
	Dimensionen (m³, m², etc.)		x					
	Setup Time/Lead Time Percentage	?	x					x
	Prozesszeit pro Arbeiter (CWI)		x					
	Leistung	?	x					
	Gesamtwertschöpfungszeit		x					x
	Anteil Gesamtwertschöpfung		x					x
	Anteil Just-in-Time		x					
	Bestand	?	x			x	x	(x)
	Vorbestandswartzeit (= Wartezeit unfertiger Produkte [TI])		x				x	(x)
	Schwankungsfaktor/Variationsindex		x				x	?
Losgröße				x				
Mangelfreie Ausführung						x		
PSS						x		

Tab. 2-1: Gegenüberstellung ausgewählter Publikationen (1)

		Pasqualini, Zawislak 2005 – VALUE STREAM MAPPING IN CONSTRUCTION	Rosenbaum, Toledo et al. 2014 – Improving Environmental and Production Performance	Björnfot, Bildsten et al. 2011 – Lessons learned from successful value	Bulhoes, Picchi et al. 2005 – COMBINING VALUE STREAM AND PROCESS	Hofacker 2010 – Bewertung und Einführung von Lean- Methoden	Yu, Tweed et al. 2009 – Development of Lean Model	Yu, Al-Hussain et al. 2013 – Lean Transformation in a Modular
Identifizierte Branchenunterschiede	Längere Prozessaufnahmedauer / Hoher Aufwand	x	x				x	
	Kompliziertere Prozessaufnahme / Systeme	x		x	(x)		x	
	"Einzelbestellung" statt Marktschwankung	x					x	
	Bestand schwer erfassbar (Schätzung)		x					
	Hohe Variabilität		x		x		x	
	Planung der NU's genauer als die der Bauleiter		x				x	
	Lieferschwierigkeiten		x					
	Schlechte Zwischenlagerung auf der Baustelle		x					
	Planung und Controlschwierigkeiten (Mangel)		x					
	Weniger Produkte / Zeit als in der Industrie							x
	Zeiten nicht erfassbar							x
Keine automatische Datenerfassung							x	
Identifizierte Branchengemeinsamkeiten	Anlieferung von Rohmaterial ist gleich	x						
	Große Bestände		x					
	Fehlende Taktabstimmung		x					
	Geringe Wertschöpfungszeit		x		x		x	
	Gesamtheit statt Suboptimierung		x					
Eingestzte Mechanismen im Wertstrom	Go-and-See für Architekten	x						
	Kanban	x	x		x		x	
	Standardisierung		x				x	x
	Qualitätskontrolle entlang der kompletten Wertkette		x				x	x
	FIFO Lane		x	x	x		x	
	Supermarkt	x	x	x	x		x	
	Pull-Prinzip	x		x	x		x	
	Glättung / Verteilung der Ressourcen entlang der Fertigung	x					x	x
	Langzeitlieferverträge		x				x	
	Hejunka-Box / Work leveling			x				x
	Umfassendes Kennzahlensystem					x		
	Schrittmacher Takt festlegen						x	
	5S							x
Abfallmanagement		x						
Erreichte Ziele	Verbesserung der Kommunikation	x				x		
	Zusammenfassen von Arbeiten		x		x		x	
	Kontinuierlicher Fluss	x	x				x	
	Produzieren im Kundentakt	x	x		x		(x)	x
Ausblick	Kennzahlen hinzufügen		x			x	x	
	Replizierbarkeit und Verallgemeinerung		x					
	Anwendung bei verschiedenen Projekttypen		x					
	Größere Skalierung		x		x			
	Einbezug sozialer Dimensionen		x					
	Überwachung des Implementierungsprozesses		x					
	Anpassungen notwendig					x		x

Tab. 2-2: Gegenüberstellung ausgewählter Publikationen (2)

Eine große Herausforderung stellt die **Erfassung von Prozessdaten** als Grundlage für Wertstromanalysen dar. Sofern keine oder nur wenige Daten automatisiert erfasst und verarbeitet werden, verlängert sich der Zeitraum zur Datenaufnahme entsprechend bzw. ergeben sich Schwierigkeiten, benötigte Informationen überhaupt in einem angemessenen Aufwand zu ermitteln.

## 2.4 Vorgenommene Anpassungen

Für die Entwicklung der Darstellungsweise wird eine systematische Bewertung der Bestandteile der Wertstromdarstellung hinsichtlich ihrer Bedeutung in der stationären Industrie vorgenommen und auf die Gegebenheiten der Bauabwicklung übertragen.

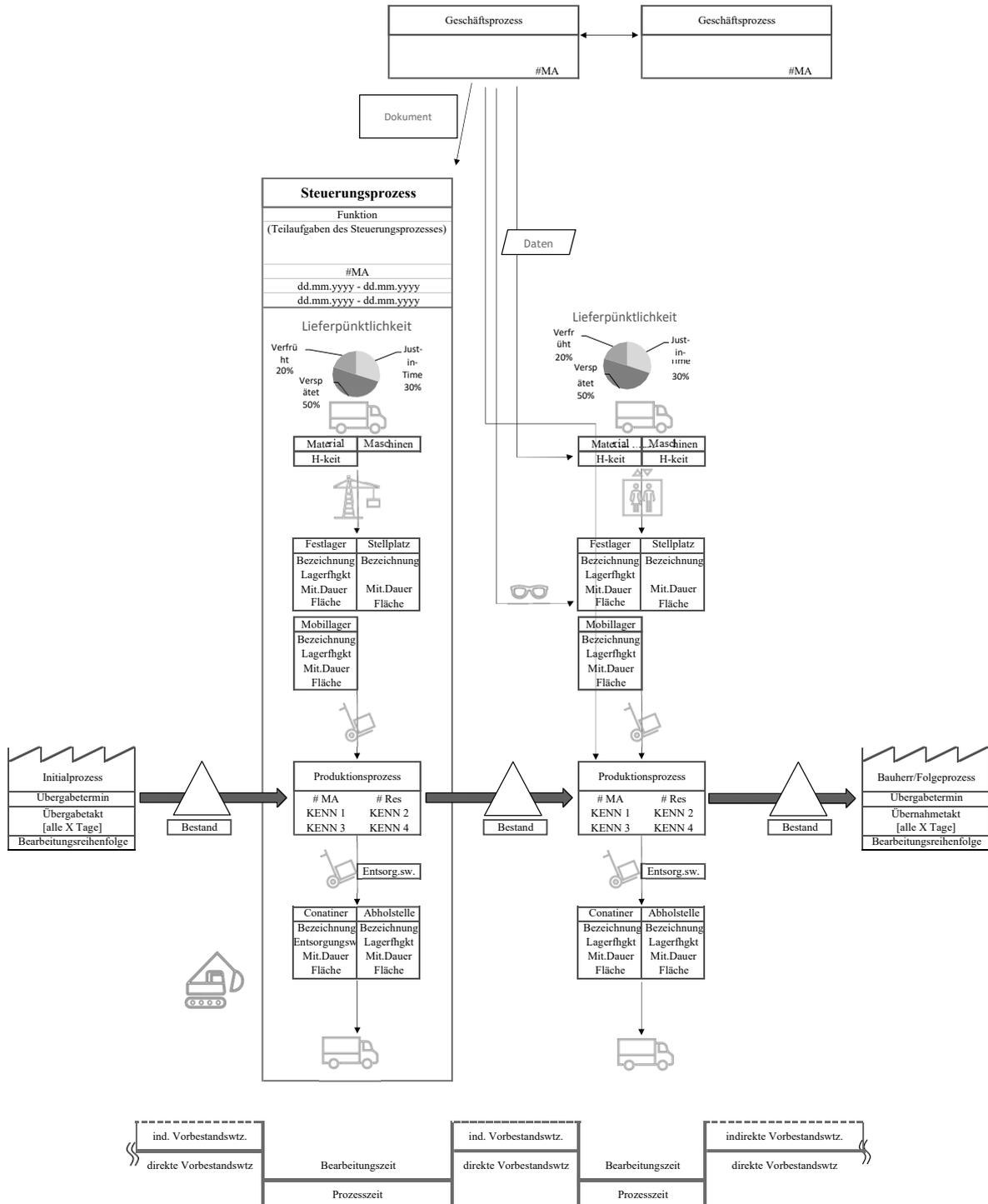


Abb. 2-2: Angepasste Darstellungsweise der Wertstrommethode auf die Bauprozesskette

Die Methodik wird hinsichtlich der Abgrenzung des Untersuchungsbereiches, der Festlegung der Bearbeitungselemente sowie des Umfangs und Vorgehens bei der Datenerfassung (Aufteilung in eine qualitative und quantitative Datenerfassung) angepasst. Logistikströme, welche von den Produktionsprozessen ausgelöst werden, ergänzen die Darstellungsweise. Diese umfassen hierbei nicht nur Materialien, sondern auch weitere Logistikgüter wie Bauhilfsstoffe, Geräte, Maschinen etc.. Welche Güter abgebildet werden sollen, ist im Einzelfall zu entscheiden. Zur Quantifizierung weisen die Kennzahlen eine mit der Automobilindustrie vergleichbare Detailschärfe auf.

Beibehalten wird die Notation der Informationsflüsse, Bestände zwischen Vorgängen, Abbildung des Bauherrn/Initialprozesses sowie Durchlaufzeit. Nachunternehmerprozesse werden dargestellt, aber mit einem Rahmen abgegrenzt. Der Steuerungsbereich des auftraggebenden Hauptunternehmens wird auf diese Art verdeutlicht. Informationen können nur bis an diese Grenze geleitet werden, ein Eingriff in den Einflussbereich des NU ist im Regelbetrieb nicht möglich (vgl. Abb. 2-2).

### **3 Anwendung in der Praxis**

In drei Praxisbeispielen wird die Anwendung der angepassten Wertstrommethode evaluiert. Alle drei Fallbeispiele beschränken sich auf die Erstellung einer Wertstromanalyse und Erarbeitung von Quick Wins. Gegenstand der Analyse sind Vorgänge, welche Bauabschnitte unabhängig voneinander bearbeiten können und den Anforderungen aus Kap.2.3 Rechnung tragen.

#### **3.1 Beschreibung der Praxisbeispiele**

Die Methodik der Wertstromanalyse in Fallbeispiel 1 sieht den Entwurf der Grundstruktur mit Beziehungen und Abfolgen der Vorgänge durch Beobachtungen, gestützt durch die Methode der Hands-on-Tools-Time [9, S. 54] sowie mehrere Experteninterviews und die Auswertung von Schriftverkehr und Baustellendokumenten vor. Zur Erfassung quantitativer Informationen wie Durchlauf oder Prozesszeit, wird eine systematische Multimomentaufnahme [18, S. 83] unter Auswertung von Bildaufnahmen im 10-Minuten-Takt durchgeführt. Alle Informationen werden weitgehend ohne Mitwirkung des Baustellenteams ausgewählt, zusammengetragen und nach Auswertung und Kontextualisierung als Wertstrombild dargestellt. Freiheitsgrade, über welche die Projektbeteiligten Einfluss auf die Darstellung nehmen können, werden nicht zugelassen. Die Datenerfassung erfolgt über einen Zeitraum von 21 Tagen. Gegenstand der Wertstromanalyse war der Bodenaushub und Einbau einer Steifenlage in einem steifen Verbausystem.

Aufbauend auf der Rückmeldung aus Fallbeispiel 1, wonach das Vorgehen in der Arbeitsvorbereitung sinnhaft Anwendung finden könnte, wird die Wertstromdarstellung in Fallbeispiel 2 und 3 vor Beginn der Bauausführung entworfen. Die Umsetzung erfolgt in zwei Arbeitskreisen, zunächst über eine Dauer von zwei Tagen mit einem Folgetermin in einem Abstand von ca. drei Monaten über die Dauer von einem Tag für Fallbeispiel 2 und einem Arbeitskreis über die Dauer von einem Tag für Fallbeispiel 3. Einbezogen werden bei der Erarbeitung der beiden Wertstromanalysen die jeweiligen Projekt- und Bauleiter sowie Schichtingenieure und Poliere, letztere nicht in voller Besetzung. Ergänzt wird der

Teilnehmerkreis in Fallbeispiel 2 durch Vertreter der kaufmännischen sowie technischen Abteilung und Planungsabteilung. Die Darstellung, Bezüge untereinander sowie Detailschärfe der Vorgänge wird für Logistik-, Informations- und Produktionsprozesse vorgegeben. Für die inhaltlichen Attribute (Beschreibung der Prozesse durch verfügbare Ressourcen, Bedarf an Informationen etc.) wird die Ergänzung von durch die Projektbeteiligten als relevant erachtete Kennzahlen zugelassen. Zunächst erfolgt die Darstellung der Abfolge der Arbeitsschritte, welche folgend durch Prozessinformationen gefüllt werden. Gegenstand der Wertstromanalyse waren linienförmige Infrastrukturprojekte im geschlossenen Tunnelbau.

### **3.2 Evaluation der Praxisbeispiele**

Die Evaluation erfolgt in explorativen Gruppen-Feedbackgesprächen mit insgesamt 22 Partizipanten (4 Teilnehmer im Zuge Fallbeispiel 1, 11 in Zusammenhang mit Fallbeispiel 2 und 6 Anwesende bei der Wertstromanalyse Praxisbeispiel 3). Zentraler Bestandteil der Evaluierung der ersten Fallstudie ist die qualitative Bewertung der Offenlegung von Verschwendungen und der korrekten Darstellung der Abläufe durch das Projektteam. Gegenstand der Bewertung im Zuge der Fallbeispiele 2 und 3 ist die Benennung von Vor- und Nachteilen der Darstellung in Hinblick auf die Arbeitsvorbereitung.

Die Bewertung deckt Schwachstellen des Modells aus Sicht der Bauleitung auf. So wird die Angabe der Liefermenge in Vielfachen des Bedarfes eines Bearbeitungselementes oder die Darstellungsreihenfolge (logisch-initialer Produktionsvorgang links, logisch-abschließend rechts) als nicht intuitiv bewertet. Die vorgenommene Baufeldeinteilung zur Erzeugung von Bearbeitungselementen wird als zu kleinteilig wahrgenommen.

Objektiv bewertet werden Stillstandzeiten im Erbaushub und nicht wertschöpfende Arbeitszeit in den Prozessen des Einbaus der Steifenlagen während der Untersuchung des ersten Fallbeispiels offengelegt. Als bedeutend ist ferner die Identifizierung eines nicht beachteten Logistikprozesses und die Entlastung von Ressourcen durch geeignete Lagerung von vorkommissionierten Materialpaketen zu nennen.

Die Kriterien „Offenlegung von Verschwendung“ und „Korrektheit“ konnten in Rücksprache mit dem Bauteam qualitativ erreicht werden. Weiterhin wurde dem Verfahren Potential in der Erfahrungssicherung und als Werkzeug in der Arbeitsvorbereitung zugeschrieben.

Am häufigsten wird der Vorteil der Schaffung von Struktur (5 Mal), die Visualisierung der Abläufe und Schnittstellen (4 Mal) sowie die Anregung zur Diskussion (5 Mal) genannt. Als verbesserungswürdig wird im Zuge aller drei Projekte die Erweiterung des Bearbeitungsteams um NU betrachtet.

Insgesamt entwickelten sich in den Diskussionen der Arbeitskreise 9 Kennzahlen / Prozessattribute, welche für die Bauteams von Bedeutung sind. Gegliedert nach Bestandteilen der Wertstrommethode, dienen die erzeugten Werte der Deskription der Logistikflüsse (u.a. Kennzahl Zugänglichkeit von Flächen / Kapazität von Flächen) sowie der Produktionsprozesse (u.a. Kennzahl Wartezeit / Abwesenheit Personal).

## 4 Zusammenfassung und Ausblick

Dieser Beitrag zeigt auf, dass die Einsatzhäufigkeit sowie die Vorgehensweise zur Durchführung der Wertstrommethode in Abhängigkeit der Fertigungstypologie zu variieren scheint. Am häufigsten erfolgt die Anwendung in Großserienproduktionen in Fließfertigung, am seltensten in der Einzelfertigung in Baustellenproduktion.

Reduziert auf Publikationen, deren Gegenstand der Einsatz der Wertstrommethode auf den originären Bauprozessen darstellt, können diese anhand von acht Kriterien vergleichend gegenübergestellt werden. Die Erfassung adäquater Eingangsdaten stellt für die Mehrheit der Anwender eine große Herausforderung dar. Die am häufigsten identifizierten Gemeinsamkeiten in der Umsetzung wurden gebündelt und zu einer an die Baubranche angepassten Variante der Wertstrommethode zusammengeführt. Die vorgestellte Anpassung bezieht allgemeine Grundsätze der Bauleistik und des Lean Construction Managements mit ein.

Anhand von drei Praxisbeispielen wurde der Einsatz der Methode und die Darstellungsweise sowie die Datenerfassung dargelegt. Strukturierung und Visualisierung der Abläufe sowie Anregung zur Diskussion stellen sich als die für die Projektteams maßgebenden Vorteile heraus. In der Größe der betrachteten Arbeitspakete sowie den verwendeten Kennzahlen besteht Anpassungsbedarf.

Die Evaluation des Vorgehens mittels Feedback der Teilnehmenden und Betroffenen der Analyse gibt einen Überblick über die grundsätzliche Potentiale der Methode und Darstellungsweise als Einheit. Um einen differenzierteren Überblick zu erhalten, ist eine Gegenüberstellung der Methode zu andere Prozessanalyseverfahren (Gesamtprozessanalyse, Business Process Modeling and Notation etc.) in folgenden empirischen Erhebungen denkbar. Ferner steht eine eingehende Bewertung der einzelnen Bestandteile aus. Die im Zuge der beschriebenen Anwendungsfälle festgestellten Vorteile und die Anwendung in der Arbeitsvorbereitung können als Anknüpfungspunkt weiterer Untersuchung dienen, um die Anwendung innerhalb der Bauprozesskette zwischen Akquise und Abnahme zu verorten.

Einheitliche Darstellungs- und Vorgehensweisen der Wertstrommethode konnten im Zuge des Literaturstudiums nicht identifiziert werden. In diesem Zusammenhang stellt sich die Frage, welche bausektorspezifischen Strukturen die Häufigkeit sowie die Einheitlichkeit des Einsatzes der Methode hemmen bzw. welche Aspekte der Wertstrommethode deren Anwendung erschweren. Die Untersuchung der Methodik baubranchenfremder Übertragungen, wie sie KOCH [4, S. 15] vorgenommen hat, könnte Lösungsansätze für die tiefere Adaptierung auf die Baubranche bieten. Grundlegende Mechanismen der Wertstrommethode wie die Taktung von Arbeitsabläufen, der Ausgleich von Ressourcenauslastung sowie die Vermeidung von Verschwendung haben sich in anderen Bereichen der Baubranche durchaus bewährt.

Die veranschaulichte Anpassung stellt eine Abstrahierung der aus Automobilindustrie üblichen Darstellungsweise auf die Bauindustrie dar. Die in den Praxisbeispielen beschriebene Methodik zur Datenerfassung und Aufbereitung begründet sich durch ihre Zweckmäßigkeit und richtet sich nach der Darstellung. Neben der reinen Visualisierung (=Darstellungsweise) steht eine Überprüfung der Übertragbarkeit und Bewertung der Relevanz der Zieldimensionen Variabilität, Qualität, Geschwindigkeit sowie Wirtschaftlichkeit, wie sie in der stationären Industrie für die Wertstrommethode formuliert werden können, aus.[8, S. 12] Um diese zu erreichen, sind alle Schritte

der Methodik, von der Auswahl der zu analysierenden Prozesskette bis zur Erreichung eines veränderten Zustandes durch Umsetzung eines Wertstromdesigns auf den Fertigungstyp der Bauindustrie zu übersetzen. Sofern Abhängigkeiten zwischen bauspezifischer Zielsetzung, Darstellungsweise und Methodik nach Abstrahierung bestehen, kann deren Reduzierung bzw. Synchronisierung als weiterer Schritt für die Entwicklung der Wertstrommethode in der Bauindustrie dienen.

## 5 Literaturverzeichnis

- [1] C. Hofstadler, "Bauausführung - Arbeitsvorbereitung als ein Erfolgsfaktor", *Forschungsjournal TU Graz*, S. 24, 2006/2007. [Online]. Verfügbar unter: <https://diglib.tugraz.at/download.php?id=5045c8383e6c5&location=browse>
- [2] T. Keitel, *Factoring als Instrument des Risikomanagements im Projektgeschäft*, 1. Aufl. Wiesbaden: Gabler Verlag / GWV Fachverlage, Wiesbaden, 2008.
- [3] M. K. Thomassen, E. Alfnes und E. Gran, "A New Value Stream Mapping Approach for Engineer-to-Order Production Systems" in *IFIP Advances in Information and Communication Technology, Advances in Production Management Systems: Innovative Production Management Towards Sustainable Growth*, S. Umeda et al., Hg., Cham: Springer International Publishing, 2015, S. 207–214, doi: 10.1007/978-3-319-22759-7\_24.
- [4] C. Koch, "Wertstromanalyse und -design für Auftragsfertiger" Dissertation, Institut für Produktionsmanagement und -technik, Technische Universität Hamburg, Hamburg, 2018.
- [5] M. Hämmerle und P. Rally, *Wertschöpfung steigern: Ergebnisse der Datenerhebung über die Verbreitung und Ausgestaltung von Methoden zur Prozessoptimierung in der Produktion mit besonderem Fokus auf die Wertstrommethode*. Stuttgart: Fraunhofer-Verl., 2010.
- [6] A. Lindner und P. Becker, "Wertstromdesign" in *Handbuch QM-Methoden: Die richtige Methode auswählen und erfolgreich umsetzen*, G. F. Kamiske, Hg., 3 Aufl. München: Hanser, 2015.
- [7] M. Rother und J. Shook, *Sehen lernen: Mit Wertstromdesign die Wertschöpfung erhöhen und Verschwendung beseitigen*, 1. Aufl. Aachen: Lean Management Inst, 2004.
- [8] K. Erlach, *Wertstromdesign: Der Weg zur schlanken Fabrik*. Berlin, Heidelberg: Springer Vieweg, 2020.
- [9] *Lean Constructon*, VDI 2553 (2019-03-00), VDI-Gesellschaft Bauen und Gebäudetechnik (GBG), Düsseldorf, Mrz. 2019.
- [10] W. Weber, R. Kabst und M. Baum, *Einführung in die Betriebswirtschaftslehre*, 10. Aufl. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden; Imprint: Springer Gabler, 2018.
- [11] W. Shou, J. Wang, P. Wu, X. Wang und H.-Y. Chong, "A cross-sector review on the use of value stream mapping", *International Journal of Production Research*, Jg. 55, Nr. 13, S. 3906–3928, 2017, doi: 10.1080/00207543.2017.1311031.

- 
- [12] A. Hofacker, "Bewertung und Einführung von Lean-Methoden in der Einzel- und Kleinserienfertigung am Beispiel des Stahlbaus" Dissertation, Technologie und Management im Baubetrieb, Karlsruher Instituts für Technologie (KIT), Karlsruhe, 2010. [Online]. Verfügbar unter: <https://publikationen.bibliothek.kit.edu/1000022489/1712293>
- [13] P. Wu, S. P. Low und X. Jin, "Identification of non-value adding (NVA) activities in precast concrete installation sites to achieve low-carbon installation", *Resources, Conservation and Recycling*, Jg. 81, S. 60–70, 2013, doi: 10.1016/j.resconrec.2013.09.013.
- [14] A. Vilventhan, ohne Vornamen und ohne Vornamen, "Value stream mapping for identification and assessment of material waste in construction: A case study" (eng), *Waste management & research : the journal of the International Solid Wastes and Public Cleansing Association, ISWA*, Jg. 37, Nr. 8, S. 815–825, 2019, doi: 10.1177/0734242X19855429.
- [15] A. Björnfot, L. Bildsten, J. Erikshammar, M. Haller und P. Simonsson, "Lessons learned from successful value stream mapping (VSM)", *Proceedings IGLC*, 2011. [Online]. Verfügbar unter: [https://www.researchgate.net/publication/290267985\\_Lessons\\_learned\\_from\\_successful\\_Value\\_Stream\\_Mapping\\_VSM](https://www.researchgate.net/publication/290267985_Lessons_learned_from_successful_Value_Stream_Mapping_VSM)
- [16] H. Yu, M. Al-Hussein, S. Al-Jibouri und A. Telyas, "Lean Transformation in a Modular Building Company: A Case for Implementation", *J. Manage. Eng.*, Jg. 29, Nr. 1, S. 103–111, 2013, doi: 10.1061/(ASCE)ME.1943-5479.0000115.
- [17] G. Künstner, *REFA in der Baupraxis: Teil 2 - Datenermittlung*, 2. Aufl. Frankfurt/Main: Ztv-Verl., 1984 [erschienen] 1986.

# Status quo der Bedarfsplanung in Deutschland

*Philipp Compagnone*<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Universität Kassel, Institut für Bauwirtschaft, Fachgebiet Baubetriebswirtschaft, philipp.compagnone@uni-kassel.de*

## **Kurzfassung**

Grundlage für Entscheidungen in der Planungsphase von Bauprojekten ist die in der DIN 18205 normierte Bedarfsplanung. Dieser Aufsatz befasst sich mit dem Status quo der Bedarfsplanung in Deutschland. Dazu werden zunächst die theoretischen Grundlagen und die historische Entwicklung der Bedarfsplanung vorgestellt. Ferner wird diese in den Lebenszyklus eines Bauwerks eingeordnet. Danach werden die Ergebnisse einer Expertenbefragung zum Status quo der Bedarfsplanung vorgestellt und interpretiert. Daraus ergeben sich einige Handlungsempfehlungen, die maßgeblich im Fazit festgehalten sind. Insgesamt zielt der Beitrag drauf ab, aus ingenieurtechnischer Sicht für die Bedarfsplanung zu sensibilisieren.

*Schlagwörter: Bedarfsplanung, DIN 18205, Projektentwicklung, Nutzeranforderungen, Stakeholderanforderungen, frühe Projektphasen*

# 1 Einleitung

Die frühen Projektphasen eines Bauvorhabens zeichnen sich durch eine hohe Projektbeeinflussbarkeit bei gleichzeitig verhältnismäßig geringen monetären Aufwendungen aus. Unter Voraussetzung einer dynamischen Berechnungsweise fallen ca. sieben Prozent der Projektlebenszykluskosten eines Bauwerks in der Planungsphase an. Hingegen sind zum Zeitpunkt der Vergabe der Bauleistung bereits ca. 80 % der Projektgesamtkosten determiniert. Entscheidungen, die in den frühen Projektphasen getroffen werden, sind dementsprechend kritisch für den Projekterfolg [1, 2]. Grundlage für Entscheidungen in der Planungsphase stellt unter anderem der Bedarfsplan gemäß DIN 18205 dar. Dieser ist das Ergebnis einer systematischen Entwicklung des Bedarfs im Rahmen der Projektentwicklung eines Bauprojektes gemäß AHO-Heft Nr. 19.

Im Leitfaden für Großprojekte des Bundesministeriums für Digitales und Verkehr wird betont, dass schon in den frühen Projektphasen „die Projektziele und ihr Verhältnis zueinander zu definieren, Entscheidungen zur Termin- und Ablaufplanung zu treffen, eine starke Entscheidungsfähigkeit durch die klare Verteilung von Aufgaben an kompetentes und verfügbares Personal zu schaffen und ein Risikomanagement sowie konstruktive Kontrollmechanismen zu etablieren [sind]“ [3, S. V]. Dies geschieht in der sogenannten Phase 0, für welche eine abgeschlossene Bedarfsplanung als Grundlage dient.

Erfolgt die Beauftragung einer Planungsleistung auf Grundlage der Leistungsbilder der HOAI, ist eine umfassende Bedarfsplanung nicht in den Grundleistung der Leistungsphase 1 enthalten. Vielmehr erfolgt die Klärung der Aufgabenstellung auf Grundlage dieser. Auch an dieser Stelle ist die Bedarfsplanung eine grundlegende Voraussetzung für die weitere Bauplanung. [4, S. 70]

Dieser Aufsatz beleuchtet die theoretischen und rechtlichen Grundlagen der Bedarfsplanung und betrachtet mithilfe von Experteninterviews, wie der Status quo der Bedarfsplanung in Deutschland ist. Dabei wird maßgeblich untersucht, in welchem Rahmen, mit welchen Methoden und in welchem Umfang die Bedarfsplanung vor der eigentlichen Bauplanung in Deutschland durchgeführt wird und welche Relevanz dieser im gesamten Projektlebenszyklus zugeschrieben wird.

## 2 Grundlagen der Bedarfsplanung

Wie in der Einleitung dargestellt, ist die Bedarfsplanung als Vorleistungen zu den Planungsleistungen eine wichtige Voraussetzung für einen zielgerichteten und erfolgreichen Planungsprozess. Ergebnis der Bedarfsermittlung als Teil der Projektentwicklung nach AHO-Heft Nr. 19 ist ein formloses Arbeitsdokument welches auch als Nutzerbedarfsprogramm bezeichnet wird. Es sollte folgende Unterlagen enthalten:

- Nutzungskonzeption, also die Bedarfsplanung nach DIN 18205 sowie Funktions-, Raum-, und  
Ausstattungsprogramm,
- Vorplanungskonzept,
- Kostenrahmen für die Herstellung mithilfe der DIN 276 und die Nutzungskosten mithilfe der DIN  
18980,
- Terminrahmen. [5, 6]

Kapitel 2 untersucht die Bedarfsplanung gemäß der DIN 18205 als integraler Bestandteil der Bedarfsermittlung.

## 2.1 Definition und Ziel der Bedarfsplanung

Die Bedarfsermittlung findet zu Beginn des Lebenszyklus eines Bauwerks statt. Abbildung 2-1 zeigt exemplarisch vier Strukturierungsmodelle der Entstehungsphase eines Bauwerks.

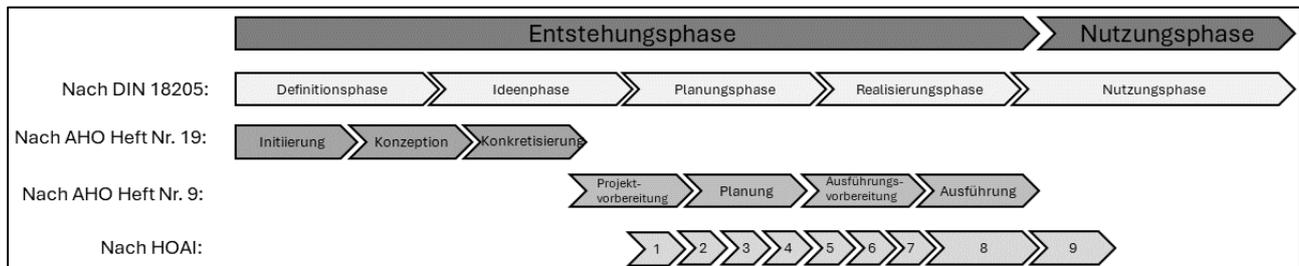


Abbildung 2-1: Strukturierungsmodelle der Entstehungsphase

Bevor die Planung gemäß HOAI bzw. die Projektsteuerung gemäß AHO-Heft Nr. 9 beginnt, findet die Projektentwicklung gemäß AHO-Heft Nr. 19 statt. Die Projektentwicklung gliedert sich in drei Ablaufphasen auf. Die darin enthaltenen Leistungsbilder sind in Modulen sortiert, welche sich den unterschiedlichen Managementebenen, Kaufmännisch, Juristisch, Technisch und Marketing zuordnen lassen. Die Projektinitiierung besteht aus vier Modulen. In der kaufmännischen Managementebene sind das Modul 1, die Standortanalyse und Modul 2, die Grundstücksakquisition. Auf der juristischen Managementebene handelt es sich um Modul 11, die Festlegung und Erarbeitung der rechtlichen Rahmenbedingungen. Zuletzt ist im technischen Management die Nutzungskonzeption (Modul 3) angeordnet, welche die Bedarfsplanung gemäß DIN 18205 enthält. [7, 8]

Um die Bedarfsplanung von der Grundlagenermittlung und damit der Leistungsphase 1 der HOAI abzugrenzen und der frühen Lage im Projektlebenszyklus gerecht zu werden, wird diese auch „strategische (Bauwerks-)planung“ oder umgangssprachlich „Leistungsphase 0“ genannt. [6, S. 136] Die Bedarfsplanung nach DIN 18205 ist ein ergebnisoffener und iterativer Prozess, der einen wichtigen Bestandteil im Lebenszyklus eines Bauwerks darstellt. Der Bedarfsplan, der aus der Bedarfsplanung hervorgeht, fungiert als Grundlage der Bauplanung und im Projektverlauf als Bewertungsinstrument für die Erfüllung der spezifischen Bedürfnisse der Bedarfsträger. Ein zentraler Aspekt ist hierbei die umfassende Ermittlung des Bedarfs, welche die Anforderungen, Ziele und Bedürfnisse der Beteiligten umfasst. Zu den Bedarfsträgern gemäß DIN 18205 zählen der Bauherr, zukünftige Nutzer oder Betreiber. Durch eine detaillierte Analyse der Bedürfnisse und Anforderungen kann das Gebäude gezielt an diese Anforderungen angepasst werden. Dabei spielen verschiedene Faktoren, wie die Größe und Zusammensetzung der Nutzergruppen, die Bauwerksart, räumliche Anforderungen und technische Ausstattungen eine wichtige Rolle. [9]

Ohne eine auskömmliche Bedarfsermittlung und Bedarfsplanung können folgende Problembereiche entstehen:

Unklarer Projektumfang

Unklare Termin- und Kostenvorstellungen, woraus ein falscher Finanzrahmen resultiert

Bedarf späterer Nutzer unklar

Keine Abstimmung der einzelnen Nutzergruppen

Keine Abstimmung der einzelnen Projektbeteiligten

Unzureichende Organisation der Projektbeteiligten

Fehlender Überblick über Entscheidungsstrukturen [6]

## 2.2 Überblick über die Struktur der DIN 18205

Die DIN 18205 wurde erstmals im Jahr 1996 herausgegeben. Dieser Aufsatz basiert auf der aktuellen Ausgabe von 2016. Die Norm ist in fünf Kapitel unterteilt, beginnend mit einem Vorwort und einer Einleitung. Im Anhang der Norm sind Checklisten enthalten, die im Verlauf des Bedarfsplanungsprozesses genutzt werden können. Die Anwendung der in der Norm enthaltenen Arbeitsmittel ist nicht verpflichtend. Die Bedarfsplanung ist eine delegierbare Bauherrenaufgabe, die keine obligatorischen Formalitäten umfasst. Der Ablaufprozess der Bedarfsplanung ist in Abb. 2-2 dargestellt und wird im Folgenden beschrieben.

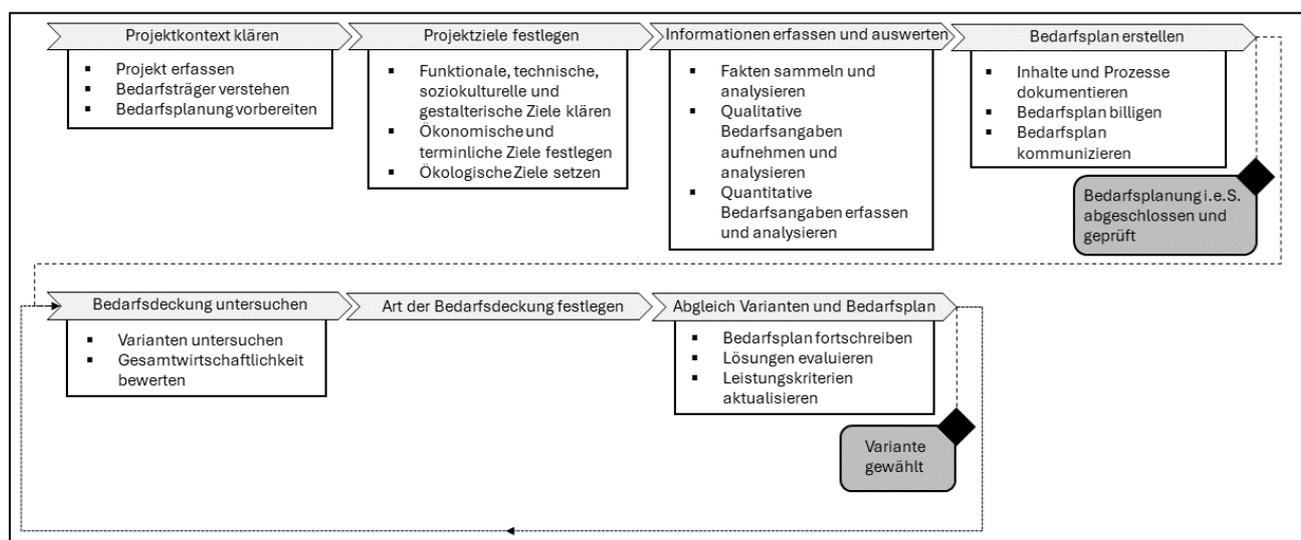


Abbildung 2-2: Ablaufprozess der Bedarfsplanung gemäß DIN 18205

Die Bedarfsplanung im engeren Sinne umfasst vier Prozessschritte und endet mit dem erstellten Bedarfsplan als Ergebnis.

Projektkontext klären: Um den Projektkontext zu klären, werden zunächst relevante Projektdaten erfasst, wie zum Beispiel der Projekttitle, die bedarfsauslösenden Gründe sowie der finanzielle und zeitliche Rahmen. Des Weiteren werden erste Entwicklungsziele festgehalten, die später die Bedarfsplanung beeinflussen könnten. Dies erfordert die Identifizierung und das Verständnis der verschiedenen Bedarfsträger. Anschließend wird die Bedarfsplanung vorbereitet. Dabei wird eine umfassende Analyse des Projektumfelds durchgeführt, insbesondere in Bezug auf die Stakeholder.

Darüber hinaus werden geeignete Kommunikationsmittel festgelegt und ein zeitlicher Rahmen abgesteckt. Als Hilfsmittel für diesen Prozess dient die Checkliste 1 im Anhang A.1 der Norm. [9]

Projektziele festlegen: Im zweiten Schritt des Prozesses werden die Projektziele definiert. Hierbei bietet die Norm im Anhang A.2 eine Checkliste als Hilfsmittel. Zunächst werden die funktionalen, technischen, soziokulturellen und gestalterischen Ziele festgelegt. Funktionale Ziele umfassen Aspekte wie Flächennutzungseffizienz, Barrierefreiheit und Risikominimierung. Zu den technischen Zielen gehören die Qualität des Schall- und Brandschutzes, die Beleuchtung, die Flexibilität sowie die Rückbaueigenschaften. Soziokulturelle Ziele konzentrieren sich auf die Sicherstellung von Gesundheit und Zufriedenheit, was unter anderem durch thermischen, akustischen, visuellen und olfaktorischen Komfort sowie qualitativ hochwertige Aufenthaltsräume erreicht wird. Gestalterische Ziele dienen der Sicherung der Gestaltungsqualität. Ferner werden die ökonomischen und zeitlichen Ziele des Projekts festgelegt. Dabei werden nicht nur kurzfristige Aspekte wie Planungs- oder Herstellungskosten betrachtet, sondern auch die Lebenszykluskosten und organisatorische Abläufe während der Nutzung. Die Berücksichtigung ökologischer Ziele, die das Thema Nachhaltigkeit abdecken, gewinnt zunehmend an Bedeutung. Dies beinhaltet den Schutz natürlicher und endlicher Ressourcen. Zum Beispiel kann bei einer späteren Variantenuntersuchung zwischen Umbau und Neubau abgewogen werden, oder bei einem Neubau kann durch maximale Flexibilität die Umnutzung erleichtert werden, um einem weiteren darauf folgenden Neubau vorzugreifen. [9]

Informationen erfassen und auswerten: In diesem Prozessschritt wird zwischen zwei Arten von Informationen unterschieden. Die DIN 18205 bezeichnet diejenigen Informationen als „Fakten“, die Daten zu den Rahmenbedingungen des Projekts umfassen. Dazu gehören Unterlagen zur Struktur und Organisation des Auftraggebers sowie der späteren Nutzer, aber auch die aktuelle und gewünschte zukünftige räumliche Situation. Zusätzlich gibt es „Bedarfsangaben“, die weiterhin in qualitative und quantitative Daten unterteilt werden. Die DIN 18205 stellt dazu in ihrem Anhang „A.3 - Checkliste 3 - Informationen erfassen und auswerten“ eine Arbeitshilfe in Form einer Checkliste zur Verfügung. Das Erfassen und Auswerten der Fakten ermöglicht ein umfassendes Verständnis der Situation, was wiederum vorteilhaft für die Ermittlung der Bedarfsangaben ist. Qualitative Bedarfsangaben umfassen Informationen zu den Prozessen und Arbeitsabläufen der späteren Nutzer, die beispielsweise durch Interviews, Workshops oder Begehungen der aktuellen Gebäude erhoben werden können. Ebenso werden funktionale Beziehungen zwischen und innerhalb von Funktionseinheiten betrachtet, was ebenfalls durch Interviews, Workshops, Begehungen oder Beobachtungen des Alltags erfolgen kann. Zudem werden spezifische Bedarfsanforderungen wie nutzerspezifische Anlagen oder Ausstattungen betrachtet und ermittelt. Neben den qualitativen Bedarfsangaben werden auch quantitative Daten erfasst und ausgewertet. Diese umfassen konkrete Zahlenwerte wie die Anzahl der Nutzungseinheiten, Flächenkennwerte und Raumgrößen. Die Auswertung der gesammelten Informationen wird in der DIN-Norm nicht explizit beschrieben. [9]

Bedarfsplan erstellen: Der abschließende Schritt der Bedarfsplanung im engeren Sinne ist die Erstellung des Bedarfsplans. Hierbei werden sämtliche zuvor erhobenen Informationen sorgfältig dokumentiert. Die formulierten Ziele und Anforderungen werden präzise und verständlich festgehalten, gestützt durch die vielfältigen Bedarfsangaben. Zugleich wird der gesamte Prozess, der zur Entwicklung des Bedarfsplans geführt hat, detailliert dokumentiert, um Nachvollziehbarkeit zu gewährleisten. Im Anschluss wird die erstellte Dokumentation dem Auftraggeber zur Prüfung

vorgelegt. Nach dessen sorgfältiger Prüfung und Freigabe wird der Bedarfsplan allen relevanten Stakeholdern präsentiert. Nach der Unterzeichnung durch den Bauherren wird der Bedarfsplan verbindlich für den weiteren Verlauf des Projekts und bildet die Grundlage für alle folgenden Planungs- und Umsetzungsschritte. [9]

Wie in Abb. 2-2 zu sehen ist, endet nach diesem Prozessschritt die Bedarfsplanung im engeren Sinne. Darauf folgt die Nachbearbeitung des Bedarfsplans und die stetige Kontrolle der Varianten auf ihre Bedarfsdeckung. Diese weiteren Prozessschritte enden mit der Wahl einer Variante, die dann in der Planung weiter verfolgt wird. Nach der Wahl der Variante endet der konkrete Prozess der Bedarfsplanung. Die DIN 18205 versteht die Bedarfsplanung allerdings als entstehungsphasenbegleitendes Werkzeug, um sicherzustellen, dass die Anforderungen der Bedarfsträger auch in die Realität umgesetzt werden. [9]

Bedarfsdeckung untersuchen: Im Variantenvergleich werden verschiedene Möglichkeiten zur Umsetzung des Bedarfsplans untersucht. Dabei werden unterschiedliche Realisierungsvarianten auf ihrer Vor- und Nachteile analysiert. Der Variantenvergleich erfolgt mithilfe von monetären Kenngrößen, um die wirtschaftlichste Option zu ermitteln. Dies kann Entscheidungen wie den Neubau, den Kauf von vorhandenen Immobilien oder den Umbau betreffen und kann in verschiedenen Planungsphasen des Projekts wiederholt werden. Die Bedarfsplanung im weiteren Sinne kann als Iterationsschleife verstanden werden. Das bedeutet, dass die Bedarfsplanung nicht nur einmalig erfolgt, sondern dass sie kontinuierlich über den Lebenszyklus des Gebäudes hinweg durchgeführt werden kann. Dies ermöglicht eine fortlaufende Anpassung an veränderte Anforderungen und Gegebenheiten. [9]

Art der Bedarfsdeckung festlegen: In diesem Prozessschritt, der eigentlich ein Unterpunkt des vorherigen ist, werden die verschiedenen Varianten sowohl qualitativ als auch quantitativ bewertet. Dabei werden die Vor- und Nachteile jeder Variante sorgfältig analysiert und anhand vordefinierter Kriterien beurteilt. Diese Bewertung ermöglicht eine fundierte und nachvollziehbare Entscheidung für den weiteren Projektablauf. [9]

Abgleich der Varianten mit dem Bedarfsplan: Mit dem Fortschreiten des Projekts und etwaigen Variantenuntersuchungen wird der freigegebene Bedarfsplan kontinuierlich weiterentwickelt und gegebenenfalls detaillierter ausgearbeitet. Neue Lösungsansätze werden evaluiert und mit dem aktuellen Bedarfsplan abgeglichen. Sollten Planungslösungen identifiziert werden, die nicht den Anforderungen des Bedarfsplans entsprechen, müssen sie weiter überarbeitet werden, um sicherzustellen, dass alle Bedürfnisse und Ziele angemessen berücksichtigt werden. Zusätzlich werden im Hinblick auf die spätere Erfolgskontrolle des Projekts während der Nutzungsphase quantitative Gebäudebewertungen entwickelt. Diese Bewertungen werden zu gegebener Zeit regelmäßig durchgeführt, um kontinuierlich die Nutzerzufriedenheit zu überprüfen und sicherzustellen, dass das Gebäude den Bedürfnissen und Erwartungen der Nutzer entspricht. [9]

### **3 Umsetzung der DIN 18205 in der Praxis**

Die Bedarfsplanung im Bauwesen hat seit ihrem ersten umfassenden Querschnittsbericht im Jahr 1981 eine stetige Entwicklung durchlaufen, beginnend mit der Definition und Vorstellung aufgrund ihrer damals geringen Bekanntheit [10]. In der wissenschaftlichen Literatur sowie in der praktischen

Anwendung hat sie sich seither als unverzichtbarer Bestandteil des Lebenszyklus eines Bauwerks etabliert. Die erstmalige Veröffentlichung der DIN 18205 im Jahr 1996 markiert einen Meilenstein, indem sie die Bedarfsplanung als Regelwerk im deutschen Bauwesen verankerte. Diese Norm normierte die Prozesse der Bedarfsplanung und stellte Arbeitsmittel in Form von Checklisten bereit. Die Bezeichnung der Bedarfsplanung als „Leistungsphase 0“ deutete darauf hin, dass sie als Vorleistung zur in der HOAI beginnenden Leistungsphase 1 anzusehen ist. Tatsächlich wurde die Bedarfsplanung erst mit der HOAI 2021, gültig ab dem 01.01.2021, als besondere Leistung zur Leistungsphase 1 aufgeführt. Bereits 2004 wurde sie jedoch in der AHO-Fachliteratur für Projektentwicklung und -steuerung, insbesondere im Heft Nr. 19, als bauherrenseitige Aufgabe hervorgehoben. [4, 6, 7]

In den folgenden Jahren fanden bedeutende Weiterentwicklungen statt. Im Jahr 2011 entwickelten Hodulak und Schramm eine nutzerorientierte Bedarfsplanung, die die Vorgaben der DIN 18205 in einem ausgearbeiteten Verfahren zur Gewinnung und Einbindung von Nutzeranforderungen integrierte. Diese Herangehensweise betonte die Einbeziehung der späteren Nutzer bereits in frühen Planungsphasen, um deren Bedürfnisse und Anforderungen optimal zu berücksichtigen [11]. 2017 transformierte Achatzi die Prozessschritte der DIN 18205 in operative Phasen und präsentierte sie in einem Leitfaden für den Projektablauf. Dieser Leitfaden bietet eine praxisnahe Anleitung zur Umsetzung der Bedarfsplanung gemäß DIN 18205 und unterstützt Planer und Projektbeteiligte bei der strukturierten Durchführung dieses Prozesses [5].

Auch im „Leitfaden für Großprojekte“ des Bundesministeriums für Digitales und Verkehr aus dem Jahr 2018 wird die Bedeutung der Bedarfsplanung betont. Bereits in den frühen Projektphasen wird darauf hingewiesen, dass es entscheidend ist, die Projektziele und ihr Verhältnis zueinander klar zu definieren. Dabei sollen auch Entscheidungen zur Termin- und Ablaufplanung getroffen werden. Zudem wird die Schaffung einer starken Entscheidungsfähigkeit durch die klare Verteilung von Aufgaben an kompetentes und verfügbares Personal als essenziell erachtet. Darüber hinaus wird die Notwendigkeit betont, ein Risikomanagement sowie konstruktive Kontrollmechanismen zu etablieren. [12]

Diese chronologische Darstellung verdeutlicht die fortschreitende Entwicklung und Bedeutung der Bedarfsplanung im Bauwesen sowie die kontinuierlichen Anpassungen in Literatur und Praxis, um den sich ändernden Anforderungen gerecht zu werden.

Trotz ihrer zentralen Bedeutung für den Erfolg eines Bauprojektes wird die Bedarfsplanung in Deutschland häufig unterschätzt [6]. Diese These soll im Folgenden mit Hilfe von Experteninterviews untersucht werden.

### **3.1 Untersuchungsmethodik: Experteninterview**

Grundsätzlich dienen Experteninterviews der Erhebung von Informationen durch die Befragung von Personen, die aufgrund ihres Fachwissens und ihrer Erfahrung als Experten in Bezug auf ein bestimmtes Forschungsinteresse identifiziert werden. Dabei handelt es sich um eine Methode zur Generierung qualitativer Daten, die später für die Auswertung in Textform verwendet werden. [13]

Die Auswertung erfolgt mithilfe der qualitativen Inhaltsanalyse von Gesprächsprotokollen, die den Befragten nochmals zur Bestätigung zugesendet wurden. Die qualitative Inhaltsanalyse zeichnet sich

durch ein systematisches und streng regelgeleitetes Vorgehen aus, wodurch eine intersubjektive Überprüfbarkeit gewährleistet wird. Gemäß Mayring und Fenzl umfasst das Vorgehen zwei grundlegende Schritte: die interpretative Kategorisierung einzelner Textpassagen und die Überprüfung von Mehrfachzuordnungen der Kategorien. Ein zentrales Instrument ist das Kategoriensystem, das induktiv oder deduktiv entwickelt wird. Bei induktiver Kategorienbildung am Textmaterial entwickelt sich die Formulierung von Kategoriendefinitionen nach Festlegung der Analyseeinheiten und vor dem endgültigen Durcharbeiten des Materials. [14]

Im Zeitraum von Februar 2024 bis Mai 2024 wurden vom Verfasser des vorliegenden Aufsatzes insgesamt zwölf Interviews mit Expertinnen und Experten aus dem Bauwesen durchgeführt. Darunter vertreten waren neben planenden Architekten auch Projektentwickler- und Projektsteuerer, Bauingenieure aus dem Bereich Tief- und Straßenbau, Entscheidungsträger aus der Bauabteilung öffentlicher Stellen bzw. privater Firmen und Standortentwickler, Stadtplaner und Bedarfsplaner. Die Interviews waren leitfadengestützte Gespräche, die in der ersten Hälfte das Expertenwissen zum Status quo der Bedarfsplanung in Deutschland abfragen sollten.

Dabei wurde sich bei der Durchführung der Interviews an folgenden Fragen orientiert:

- Für wie wichtig wird die Bedarfsplanung in der Baubranche in Deutschland erachtet?
- Wann wird sie in welchem Umfang und vom wem durchgeführt?
- Wie wird zwischen der Bedarfsplanung und der Grundlagenermittlung (LP 1 der HOAI) differenziert?
- Werden die Arbeitsmittel der DIN 18205 – Bedarfsplanung im Bauwesen – genutzt?

Nachdem dieser Themenblock ausgiebig besprochen wurde, thematisierte das Interview den spezifischen Prozess der Bedarfsplanung mit dem Fokus auf die Einbindung von Stakeholderanforderungen in diesen sowie der späteren Planung. Dabei dienten folgende Fragen als Grundlage:

- Wie werden die Daten der Bedarfsplanung gewonnen?
- Wer wird in die Ermittlung der Anforderungen integriert?
- Wessen Anforderungen werden gesammelt (Bauherr, spätere Nutzer, FM, Behörden, Öffentlichkeit etc.)?
- Wie werden die Anforderungen der unterschiedlichen Gruppen berücksichtigt?
- Wie wird sichergestellt, dass diese Anforderungen im Planungsprozess eingebunden und berücksichtigt werden?

### 3.2 Auswertung der Interviews

Die Auswertung der Experteninterviews erfolgte wie in Abschnitt 3.1 beschrieben. Mithilfe der interpretativen Kategorisierung wurden die im Interview getroffene Aussagen durch Schlagworte kodiert. Nachdem so alle Interviews durchgearbeitet wurden, konnten diese auf Mehrfachzuordnungen und generalisierbare Aussagen überprüft werden. Im folgenden werden die generalisierten Kernaussagen der durchgeführten Experteninterviews themenspezifisch vorgestellt.

Bedeutung der Bedarfsplanung in der Baubranche: Auf der theoretischen Ebene waren sich alle Befragten einig, dass die Bedarfsplanung sehr wichtig ist. Gleichzeitig wird sie, nach Aussage der

Experten, in der praktischen Umsetzung in der Baubranche noch nicht ernst genug genommen. Das spiegelt sich auch in den getroffenen Aussagen wieder.

Da die Bedarfsplanung als Bauherrenaufgabe maßgeblich vom einzelnen Bauherr abhängt, hängt entsprechend auch die Priorisierung und Detaillierung bei der Durchführung der Bedarfsplanung vom einzelnen Bauherrn ab. Weiterhin spielt auch die Größe und Wichtigkeit des betrachteten Projektes eine große Rolle für die Einschätzung der Wichtigkeit der Bedarfsplanung im konkreten Fall. Sowohl große private als auch große öffentliche Auftraggeber nehmen die Bedarfsplanung sehr ernst. Diese Organisationen haben ausreichend Ressourcen und Erfahrung, um eine umfassende Bedarfsplanung durchzuführen, und tun dies gerade bei großen Projekten auch. Trotz der Ernsthaftigkeit, mit der größere Organisationen die Bedarfsplanung in ihren Projekten angehen, wird sie in den meisten anderen Projekten laut der Interviewpartner nicht sehr ernst genommen. Gründe dafür sind unter anderem fehlendes Wissen um und ein mangelndes Bewusstsein für die Bedarfsplanung sowie fehlende Ressourcen und Zeitdruck.

Status quo der Bedarfsplanung: Der Status quo beschreibt den Ist-Zustand eines Untersuchungsgegenstandes, in diesem Aufsatz ist das die Bedarfsplanung in der deutschen Baubranche.

Die Auswertung der geführten Interviews ergab, dass in der Anwendung der Bedarfsplanung bei konkreten Projekten ein Zusammenhang zwischen dem Detaillierungsgrad der Durchführung und der „Art“ des Auftraggebers (AG) besteht. Für die weitere Einordnung werden folgenden Arten von AG festgelegt:

1. Öffentliche AG
  - a. Kleine Kommunen, Gemeinden oder Ähnliches
  - b. Große Kommunen und Städte etc.
2. Private AG
  - c. Privatpersonen oder kleine Firmen („Einmal-Bauherren“)
  - d. Große gewerbliche AG (Firmen/Konzerne)

Im folgenden soll der Ist-Zustand der Umsetzung der Bedarfsplanung bei den unterschiedlichen Bauherren auf Grundlage der geführten Interviews vorgestellt werden. Dabei ist zu beachten das Hochbauprojekte maßgeblich (zehn von zwölf Interviews) als Grundlage für die geführten Interviews dienten. Die zwei verbleibenden Interviews betrachteten Projekte aus dem Tiefbau bzw. der Standort- und Stadtentwicklung.

Bauämter und Verwaltungen von kleinen Kommunen oder Gemeinden (Kategorie 1.a.) führen gemäß der Aussagen der Experten eher selten die Bedarfsplanung durch. Wenn sie diese durchführen, machen sie es in der Regel auch selbst. Dabei werden sie oft den Anforderungen einer umfassenden Bedarfsplanung nicht gerecht. Grund dafür ist maßgeblich der Mangel an fachkundigem und erfahrener Personal.

Die sogenannten Einmal-Bauherren aus dem privaten Sektor (Kategorie 2.c.) führen ebenfalls eher selten selbst eine Bedarfsplanung durch. Durch das fehlende Fachwissen ist diesen oft nicht einmal bewusst, dass die Bedarfsplanung eine Vorleistung zu den Planungsphasen der HOAI ist. Anders als bei AG der Kategorie 1.a. wird die Bedarfsplanung bei diesen häufig von den Architekten durchgeführt, die darauffolgend auch die Planung des Bauvorhabens übernehmen. Die Architekten

nutzen die umfassende Bedarfsplanung zum einen als Akquisemöglichkeit, zum anderen gibt es in der Regel bei diesen AG keinen Wettbewerb, sodass die Architekten das Wissen der Bedarfsplanung für ihre eigene Planung direkt nutzen können.

Anders sieht das bei großen Städten und Kommunen (1.b.) sowie großen gewerblichen Bauherren (2.d.) aus. Diese setzen auf einen umfangreicheren Prozess, der langfristige und weitblickende Entscheidungen beinhaltet. Die Bedarfsplanung wird hier als strategisches Werkzeug genutzt, um langfristige und weitblickende Entscheidungen zu treffen. Der Mangel an Ressourcen wie fachkundigen Mitarbeitern und monetären Mitteln ist hier nicht so hoch wie bei Bauherren in anderen Sparten, entsprechend wird die Bedarfsplanung von internen Expertenteams gegebenenfalls mit der Unterstützung von externen Büros durchgeführt.

Bei Betrachtung der Differenzierung zwischen der Bedarfsplanung als eigenständiges Leistungsbild und der Grundlagenermittlung der HOAI wird klar, dass abgesehen von den Bauherren der Kategorie 2.c. das Bewusstsein für die Bedarfsplanung als eigenständige Bauherrenaufgabe vorliegt. Abhängig vom Bauherrn wird diese aus den genannten Gründen trotzdem nur mehr oder weniger umfangreich durchgeführt und die Ergebnisse dem Planungsteam mit Beginn der Planungsphase übergeben.

Ergebnis der Bedarfsplanung: Das Ergebnis der Bedarfsplanung in der Baubranche kann in verschiedenen Formen auftreten, je nachdem, in welchem Bereich es eingesetzt wird und welche spezifischen Anforderungen gelten. In der DIN 18205 ist der Bedarfsplan als Ergebnis nicht genauer spezifiziert. Durch die geführten Interviews zeigt sich, dass im Bereich Hochbau das Lastenheft das zentrale Ergebnis der Bedarfsplanung ist. Es enthält die Anforderungen, Erwartungen und Bedürfnisse des Projektes und dient als Referenz für alle Beteiligten. Ergänzt wird das Lastenheft unter anderem durch Tabellen, Beschreibungen und Skizzen. Im Tief- und Ingenieurbau umfasst der Bedarfsplan eher die spezifischen Nachweise oder technischen Dokumente wie Berechnungen und Prüfsertifikate, die für die weitere Planung benötigt werden.

DIN 18205: Als Grundlage für die Bedarfsplanung dient die DIN 18205. Alle interviewten Personen gaben an, dass sie diese kennen. Die Norm wird ebenfalls von allen Experten als unterstützendes Dokument bei der Durchführung der Bedarfsplanung gesehen.

Hauptsächlich bezieht sich diese Unterstützung auf die Checklisten, die im Anhang der Norm enthalten sind. Diese werden zwar nicht genau so übernommen, allerdings dienen Sie als Hilfsmittel und Gedankenstütze bei der Erstellung eigener Checklisten und Leitfäden für die Bedarfsplanung.

Neben diesen Checklisten gaben fast alle Befragten an, dass noch weitere spezifische Arbeitsmittel für die Bedarfsplanung erstellt wurden. Dabei handelt es sich hauptsächlich um Dokumente zur übersichtlichen Darstellung der gewonnenen Daten wie Excel-Tabellen oder Vorlagen für Standardbauteilbeschreibungen. Ferner werden auch Arbeitsmittel zur visuellen Darstellung des Bedarfs selbst erarbeitet und genutzt.

Datengewinnung und Einbindung von Stakeholdern: Die Ermittlung des Bedarfs erfolgt in der Regel in an das Projekt und die Situation angepassten Workshops. Welche Stakeholder bei diesen Workshops mit eingebunden werden, hängt stark davon ab, wer die Bedarfsplanung durchführt. Führt der Bauherr die Bedarfsplanung selbst durch und nutzt er Workshops als Technik zur Ermittlung der Daten, werden häufig auch die späteren Nutzer und das Facility Management (FM) in den Prozess involviert. Nutzen

externe Beauftragte den Workshop als Ermittlungstechnik für den Bedarf, kommt der Bauherr noch zu den Teilnehmern hinzu.

Ferner werden sowohl von Externen als auch vom Bauherrn selbst oft Gespräche mit den betroffenen Parteien als einfache Alternative oder Ergänzung zum Workshop in der Bedarfsplanung geführt.

Zuletzt wird laut Aussage der Experten der Bedarf auch häufig aus der strategischen Entwicklungsplanung abgeleitet. Stehen die späteren Nutzer noch nicht fest, wird auf der einen Seite versucht möglichst viel Flexibilität zu bewahren und auf der anderen Seite werden mögliche Bedürfnisse im Projektteam antizipiert.

Es zeigt sich, dass auch in diesem Punkt keine einheitliche Aussage festgehalten werden kann. Abhängig vom Projekttyp und dem Bauherrn werden unterschiedlich viele Stakeholder in unterschiedlicher Tiefe in die Bedarfsplanung eingebunden. Aus den Aussagen der Experten lässt sich kein einheitliches Vorgehen ableiten.

Weiterhin ist auch die Einbindung der unterschiedlichen Anforderungen sehr stark abhängig vom Projekt und dem Bauherrn. Einige Experten gaben an, dass die Gewichtung der Anforderungen abhängig von der Relevanz der Stakeholder vorgenommen wird. Dabei wird durch einen umfangreichen Bedarfsplanungsprozess versucht alle Beteiligten für das Gesamtziel zu sensibilisieren, um Verständnis für einzelne Entscheidungen zu wecken und eine faire und transparente Bedarfsaufteilung zu gewährleisten. Andere wiederum gaben an, dass der Bauherr vorgibt, welche Anforderungen berücksichtigt werden und welche nicht.

Bedarfscontrolling im Planungsprozess: Zuletzt wurde in den Gesprächen abgefragt, wie sichergestellt wird, dass der ermittelte Bedarf auch in der Planungsphase umgesetzt wird. Dabei wurde von allen Experten auf das erstellte Lastenheft und den Architektenvertrag verwiesen. Dabei wird vor allem durch stetige Prüfung der Planung und Abgleich mit dem Bedarfsplan gewährleistet, dass die Planung entlang des Bedarfsplans erfolgt. Diese Prüfung ist in der Regel personengebunden. Ein Experte merkte an, dass eine Art Testentwurf oder Entwurfsskizze als Ergebnis der Bedarfsplanung optimal wäre, um Planung und Bedarfsplanung miteinander vergleichen zu können.

### **3.3 Zusammenfassung der Ergebnisse**

Zusammenfassend lässt sich der Status quo der konkreten Anwendung der Bedarfsplanung in Deutschland wie in Abbildung 3-1 darstellen. Dabei wurden in einer Matrix die in Abschnitt 3.2 entwickelten Bauherrenkategorien den Fragen zur Bedarfsplanung gegenübergestellt.

		Bauherren			
		Öffentliche AG		Private AG	
		1.a. Kleine Kommunen, Gemeinden etc.	1.b. Große Kommunen und Städte	2.c. Privatpersonen oder kleine Firmen („Einmal-Bauherren“)	2.d. Große gewerbliche AG
Bedeutung der Bedarfsplanung		Geringe Bedeutung	Hohe Bedeutung, wird ernst genommen	Geringe Bedeutung	Hohe Bedeutung, wird ernst genommen
Status quo der Bedarfsplanung	Häufigkeit der Durchführung der Bedarfsplanung?	Eher selten	Häufig	Von selbst eher selten. Architekt übernimmt sie als Akquisemöglichkeit	Häufig
	Wer erstellt die Bedarfsplanung?	Bauherr selbst	Bauherr selbst in Kombination mit externen Büros	Beauftragter Architekt o. Ä.	Bauherr selbst in Kombination mit externen Büros
	Qualität der Bedarfsplanung?	Wird den Anforderungen nicht gerecht (niedrig)	Hoch	Zweckmäßig für den Architekten	Hoch
	Wird zwischen Bedarfsplanung und Grundlagenermittlung differenziert?	Ja	Ja	Nein	Ja
	Ist die DIN 18205 bekannt?	Ja	Ja	Tendenziell nein	Ja

Abbildung 3-1 Status quo der Bedarfsplanung aufgeteilt nach Bauherrenkategorie

Zudem lassen sich folgende Kernaussagen aus der Auswertung der Interviews festhalten.

- Der Bedarfsplan als Ergebnis der Bedarfsplanung nach DIN 18205 ist nicht ausreichend definiert, was dazu führt, dass es kein einheitliches Ergebnis bei der Bedarfsplanung gibt, als Standard gilt das Lastenheft.
- Die Arbeitsmittel der DIN 18205 dienen maßgeblich als unterstützendes Hilfsmittel für die Erstellung von eigenen auf das jeweilige Projekt angepassten Arbeitsmitteln.
- Die Einbindung von Stakeholdern wie dem Facility Management oder späteren Nutzern in den Bedarfsplanungsprozess hängt stark vom Bauherrn ab.
  - Stehen die späteren Nutzer noch nicht fest, werden deren Anforderungen antizipiert oder der Bedarf wird aus der strategischen Entwicklungsplanung abgeleitet.
  - Wie die gewonnenen Anforderungen weiterverarbeitet werden, kann mit den Interviews nicht genauer spezifiziert werden und ist stark abhängig vom Bauherrn, dem Projekt und dem Projektteam.
- Die Kontrolle der Bedarfsdeckung während der Planungsphase wird mithilfe von Lastenheft und personenbezogenem Wissen durchgeführt.

### 3.4 Interpretation der Ergebnisse

Nach Auswertung der insgesamt zwölf Experteninterviews zeigt sich, dass die Bedarfsplanung auf theoretischer Ebene nicht unterschätzt wird. Alle Experten gaben an, die Bedarfsplanung und die zugehörige DIN 18205 zu kennen und betonten ihre Wichtigkeit für die erfolgreiche Durchführung

von Bauprojekten. Trotzdem wird die Bedarfsplanung in konkreten Projekten häufig nicht ernst genug genommen und oft überhaupt nicht oder nicht umfassend durchgeführt.

Da die Bedarfsplanung Bauherrenaufgabe ist, sind die Gründe dafür auch bei den unterschiedlichen Bauherren zu suchen. Wie in Abschnitt 3.2 – Auswertung der Interviews schon dargestellt, lassen sich die Bauherren in vier Kategorien aufteilen.

Bei der Betrachtung von Bauherren, die privat oder ihrer Geschäftstätigkeit keine Berührungspunkte mit dem Bauwesen haben und nur sehr selten in die Rolle des Bauherren (Kategorie 2.c) schlüpfen, wird die Bedarfsplanung oft einfach vom beauftragten Architekten mit erledigt. In der Regel wickeln kleine Architekturbüros die Planung und Bauüberwachung für diese Bauherren ab. Die Bedarfsplanung wird dann in den ersten Gesprächen erstellt. Bei diesen Bauherren gibt es keine klare Trennung zwischen den einzelnen Leistungsphasen. Das kleine Projektteam aus Bauherr und Architekt wickelt das Projekt gemeinsam vom Projektanstoß bis zur Abnahme ab. In diesem Bereich liegt es entsprechend an den beauftragten Architekten, eine umfassende Bedarfsplanung mit den Bauherren zusammen durchzuführen und transparent für die Planung festzuhalten.

Bei kleinen öffentlichen Bauherren, wie kleineren Kommunen oder Gemeinden (Kategorie 1.a.) liegt bei der Beauftragung von Planungsleistungen nach HOAI häufig keine oder nur eine marginal durchgeführte Bedarfsplanung vor. Aus den Experteninterviews lässt sich schließen, dass dies in erster Linie auf einen Mangel an Fachkräften und damit auch an Arbeitszeit ist. Ferner kann aber auch die fehlende Erfahrung und das fehlende Wissen mit und über die Bedarfsplanung ein wesentlicher Aspekt für diesen Zustand sein. Wie schon bei Bauherren der Kategorie 2.c. liegt es hier an den beauftragten Architekten, eine umfassende Bedarfsplanung als Grundlage für die weitere Planung einzufordern, oder die Chance zu nutzen und die Bedarfsplanung als zusätzliche Leistung gegen ein entsprechendes Honorar anzubieten.

Die letzten beiden Kategorien, große öffentliche sowie große private Auftraggeber (Kategorie 1.b. und 2.d.), führen die Bedarfsplanung vor allem bei größeren Projekten regelmäßig durch und haben die Wichtigkeit dieser für den Erfolg des Gesamtprojektes erkannt. Allerdings ist die Art und Weise, wie die Anforderungen ermittelt werden, trotz eines an die DIN 18205 angelehnten Vorgehens sehr unterschiedlich. Teilweise werden aufwendige Workshops mit vielen Beteiligten durchgeführt, in anderen Fällen werden Anforderungen nur antizipiert oder einfach vom Bauherren vorgegeben. Auch die Dokumentation zum und der Bedarfsplan an sich sind sehr unterschiedlich gestaltet. Das macht die Bedarfsplanung zu einem sehr unklaren Prozessschritt, in dem jeder Bauherr selbst entscheiden kann aber auch muss, wie die Bedarfsplanung gestaltet wird.

Die Interviews zeigen, dass über alle Bauherren hinweg kein einheitliches Vorgehen bei der Bedarfsplanung vorliegt. Zwar bietet die DIN 18205 einen Rahmen, aber dieser scheint zu weit gefasst zu sein, als dass er für die Praxis relevant wäre. Somit ist es natürlich vor allem für kleine Bauherren schwierig eine gute Bedarfsplanung durchzuführen, da diese zum einen zu selten bauen um sich selbst tief mit der Bedarfsplanung auseinanderzusetzen, und zum anderen nicht über die nötigen Mittel an Geld und Arbeitskräften verfügen, um ein Standardvorgehen für die eigenen Maßnahmen zu entwickeln. Bei großen Bauherren gibt es zwar häufig etablierte Standardverfahren, allerdings sind die Ergebnisse in Ihrer Qualität und Quantität sehr unterschiedlich. Der Prozess der Bedarfsplanung könnte für alle Beteiligten durch eine einheitliche Methodik vereinfacht werden. Diese müsste die

Bedarfsplanung sowohl für kleine als auch für große öffentliche und private Bauherren begleiten und strukturieren. Ferner könnte eine solche Methodik auch von planenden Architekten angewandt werden, um die Bedarfsplanung für den Auftraggeber durchzuführen und dabei einen nachvollziehbaren Standard anzuwenden.

Bisweilen ist gemäß der Expertenaussagen das Bedarfscontrolling im Planungsprozess hauptsächlich durch personengebundenes Wissen abgedeckt. Zwar sind im Lastenheft und im Bedarfsplan Informationen hinterlegt, diese zu interpretieren ist allerdings oftmals sehr schwierig, da der Kontext in dem die Dokumente erstellt wurden ein anderer war. Insofern wäre eine Art Testentwurf oder Entwurfsskizze als Ergebnis der Bedarfsplanung ein wichtiger Schritt für ein gemeinsames Projektverständnis. Dieser Testentwurf könnte nicht nur für das Bedarfscontrolling während der Planungsphase dienen, sondern auch als Referenzmodell für die Bewertung der eingereichten Vorentwürfe für den Architektenwettbewerb.

## **4 Zusammenfassung und Ausblick**

Im Rahmen dieses Aufsatzes wurde der Status Quo der Bedarfsplanung in Deutschland untersucht. Dazu wurden insgesamt zwölf Experteninterviews mit Vertretern der Deutschen Bauwirtschaft geführt. Die Aussage, dass die Bedarfsplanung in Deutschland unterschätzt wird, kann mit diesem Aufsatz nicht gänzlich belegt werden. Wie in Abschnitt 3.3 – Auswertung der Ergebnisse – festgehalten, betonen alle befragten Experten die Wichtigkeit der Bedarfsplanung bei Bauprojekten. In der weiteren Analyse der Interviews zeigen sich allerdings deutliche Schwächen bei der Umsetzung und Durchführung der Bedarfsplanung in Deutschland. Gründe dafür sind unter anderem der Mangel an Personal, der bauherrenseitig zu Überlastungen von einzelnen Personen führt, und gleichzeitig der Versuch kurzfristig Kosten einzusparen, indem wichtige Prozessschritte selbst durchgeführt werden. Weiterhin fehlen vielen Bauherren die nötigen Kenntnisse über die Prozesse im Bauwesen, diese verlassen sich mit ihren Projekten auf Architekten und Ingenieure, die das nötige Fachwissen haben, um die Prozesse umfassend und normgerecht durchzuführen. An dieser Stelle gilt es auch diese Projektbeteiligten für die Wichtigkeit der Bedarfsplanung zu sensibilisieren. Von Architektenseite her kann, bei Verträgen in denen die HOAI vereinbart worden ist, eine umfassende Bedarfsplanung eingefordert werden. Liegt diese nicht vor, kann sie als besondere Leistung ergänzend zur Grundlagenermittlung angeboten werden. Es zeigt sich, dass ob und inwiefern Stakeholder und deren Anforderungen, Wünsche und Bedürfnisse in den Bedarfsplanungsprozess eingebunden werden, zwar eine wichtige Fragestellung ist, der Ist-Zustand der Bedarfsplanung allerdings noch auf einer übergeordneten Ebene Probleme aufweist. Bevor die Effizienz des Bedarfsplanungsprozesses verbessert werden kann, sollte die Effektivität, mit der die Bedarfsplanung durchgeführt wird, erhöht werden. Es mangelt bei der Bedarfsplanung an einem einheitlichen und strukturierten Vorgehen, das über einzelne Bauherren hinaus angewendet werden kann und das als Ergebnis einen Bedarfsplan mit einem festgelegten Dokumentenportfolio generiert.

Ein Ansatz für die Lösung des identifizierten Problems liefert die Anpassung der aus der Produktentwicklung stammenden Quality-Function-Deployment-Methodik (QFD) auf die Bedarfsplanung im Bauwesen. Der Methodik immanent ist ein strukturiertes Vorgehen, das für alle Bauherren anwendbar ist und den Prozess der Bedarfsplanung begleitet.

## 5 Literaturverzeichnis

- [1] K. Kleinschrot, *Entscheidungsmanagement in den Initiierungs- und Planungsphasen*. Dissertation, Universität Stuttgart, 2016.
- [2] B. Kochendörfer, J. H. Liebchen, M. G. Viering, *Bau-Projekt-Management: Grundlagen und Vorgehensweisen*. Wiesbaden: Teubner, 2010.
- [3] Bundesministerium für Digitales und Verkehr, *Aktionsplan Großprojekte*, 2018
- [4] HOAI (Honorarordnung für Architekten und Ingenieure), *Verordnung über die Honorare für Architekten- und Ingenieurleistungen*, 2021
- [5] H.-P. Achatzi, *Bedarfsplanung in der Projektentwicklung*. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2017
- [6] H. Ahrens, K. Bastian, L. Muchowski, *Handbuch Projektsteuerung - Baumanagement: Ein praxisorientierter Leitfaden mit zahlreichen Hilfsmitteln und Arbeitsunterlagen*, Stuttgart: Fraunhofer IRB Verlag, 2021.
- [7] AHO (Ausschuss der Verbände und Kammern der Ingenieure und Architekten für die Honorarordnung), *AHO-Heft Nr. 19: Ergänzende Leistungsbilder im Projektmanagement für die Bau- und Immobilienwirtschaft*, Köln: Bundesanzeiger, 2018.
- [8] AHO (Ausschuss der Verbände und Kammern der Ingenieure und Architekten für die Honorarordnung), *AHO-Heft Nr. 9: Projektmanagement in der Bau- und Immobilienwirtschaft - Standards für Leistung und Vergütung*, Köln: Reguvis Fachmedien, 2020.
- [9] DIN Deutsches Institut für Normung e.V., *DIN 18205: Bedarfsplanung im Bauwesen*, 18205:2016-11, Berlin, 2016.
- [10] H. Ingerfurth, R. Kuchenmüller, Th. Schloz, *Querschnittsbericht der Bedarfsplanung im Bauwesen*. Stuttgart: Fraunhofer IRB Verlag, 1981.
- [11] M. Hodulak, U. Schramm, *Nutzerorientierte Bedarfsplanung: Prozessqualität für nachhaltige Gebäude*, Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2019.
- [12] Bundesministerium für Digitales und Verkehr, *Leitfaden Großprojekte*, 2018
- [13] N. Simon, *Die qualitative Inhaltsanalyse als Bestandteil ingenieurwissenschaftlicher Forschungsansätze*. in: 30. BBB-Assistententreffen in Karlsruhe - Fachkongress der wissenschaftlichen Mitarbeiter Bauwirtschaft | Baubetrieb | Bauverfahrenstechnik : 10. - 12. Juli 2019, am Institut für Technologie und Management im Baubetrieb (TMB), KIT Baden: KIT Scientific Publishing, 2019.
- [14] Mayring, P., Fenzl, T., *Qualitative Inhaltsanalyse*. In: Handbuch Methoden der Empirischen Sozialforschung, N. Baur und J. Blasius, Hg., Wiesbaden: Vieweg, 2019,

# Kultur isst Struktur zum Frühstück?

*Axel Fricke, M. Sc., M. Eng.<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> TU Braunschweig – Institut für Bauwirtschaft und Baubetrieb, ax.fricke@tu-braunschweig.de

## **Kurzfassung**

Neu eingeführte Projektentwicklungsmodelle zielen neben einer Veränderung der Projektstruktur insbesondere auf eine geänderte Projektkultur ab. Oft sind Störungen in Bauprojekten allerdings eher auf rein strukturelle Defizite zurückzuführen, die durch mangelnde Schnittstellenkommunikation, unklare Verantwortlichkeiten und ineffektive Prozesse entstehen. Bevor man sich auf die Ebene der Projektkultur begibt, sollte daher eine detaillierte Analyse der strukturellen Herausforderungen erfolgen.

Im Verlauf dieses Beitrags wird dargelegt, welche Störungen auf Baustellen regelmäßig eintreten und wie diese vor dem Hintergrund der Organisationstheorie einzuordnen sind. Es wird aufgezeigt, dass der Großteil der auftretenden Störungen aus der Aufbau- bzw. Ablauforganisation herrühren. Darauf aufbauend wird abgeleitet, welche Maßnahmen zu treffen sind, um den identifizierten, regelmäßig auftretenden Problemen auf Baustellen zu begegnen. Es kann gezeigt werden, dass im Vorfeld eines gleichermaßen geforderten wie gewünschten Kulturwandels ein Strukturwandel in der Bauwelt vollzogen werden muss. Speziell die Ablauforganisation ist zu definieren und den neuen Gegebenheiten anzupassen, damit die Kultur infolge der geänderten Struktur ihren Nutzen entfalten kann.

*Schlagerwörter: Projektentwicklungsmodelle, Organisationstheorie*

## 1 Einleitung

Es ist eine Erkenntnis der Reformkommission Großprojekte, dass viele Probleme bei komplexen Bauprojekten auf Schnittstellenprobleme und störungsanfällige Abstimmungsprozesse zurückzuführen sind. [1, S. 12] Die vorgeschlagene Lösung, kooperative oder partnerschaftliche Projektabwicklungsmodelle zu implementieren, ist zweifellos ein Schritt in die richtige Richtung. Jedoch neigt man dabei dazu, die strukturellen Aspekte, die oft die Wurzel der Probleme sind, zu übersehen und stattdessen nur auf eine Veränderung der Projektkultur zu setzen.

In der Geschäftswelt wird oft betont, dass die Organisationskultur den strategischen Erfolg eines Unternehmens maßgeblich beeinflusst. Peter Druckers berühmtes Zitat "Culture eats strategy for breakfast" unterstreicht diese Perspektive. Dennoch darf nicht außer Acht gelassen werden, dass eine Organisationskultur nicht isoliert existiert, sondern eng mit der Organisationsstruktur verwoben ist. Verhaltensänderungen der Beteiligten können nur durch veränderte Strukturen und einen darauf aufbauenden Kulturwandel erzielt werden. [2, S. 86] Für diese Verhaltensänderung bedarf es eines neuen Werte- und Zielsystems (Organisationskultur), aber auch anderer Entscheidungsmechanismen und Prozesse (Organisationsstruktur).

Vor dem Hintergrund der Implementierung kooperativer und partnerschaftlicher Projektabwicklungsmodelle ist es das Ziel dieser Arbeit darzulegen, welchem Bereich der Organisationstheorie die regelmäßig auf Baustellen auftretenden Störungen zuzuordnen sind und aus welchem Bereich dementsprechend die Lösungsansätze heranzuziehen sind.

Dafür werden Erkenntnisse der Organisationstheorie aufgenommen und auf Bauprojekte übertragen. Es werden die Probleme, die in der Regel auf Baustellen auftreten, identifiziert und hinsichtlich Struktur (Aufbau- und Ablauforganisation) und Kultur eingeordnet.

## 2 Zusammenhang Organisationsstruktur und Organisationskultur

Unter einer Organisation kann ein über einen bestimmten Zeitraum bestehendes, arbeitsteiliges System verstanden werden, in dem personale oder sachliche Aufgabenträger zur Erfüllung der Unternehmensaufgabe und zur Erreichung der Unternehmensziele miteinander verbunden sind. In diesem System existieren festgelegte Regelungen, die die verschiedenen Aufgabenbereiche vorgeben, koordinieren und die Aufgabenerfüllung sicherstellen. Um alle Organisationsmitglieder auf das gemeinsame Ziel auszurichten, muss die Zusammenarbeit durch eine Organisationsstruktur geregelt werden. [3, S. 29]

Es gibt verschiedene Möglichkeiten, eine Organisation zu betrachten. Beim instrumentellen Organisationsbegriff sieht man die Organisation als Aufgabe oder Tätigkeit. Sie ist ein Werkzeug der Führung, das den Ablauf der betrieblichen Arbeit steuert. Dabei kann die Organisation als Funktion betrachtet werden, bei der sie ein der Planung nachgeordnetes Werkzeug der Führung ist, oder als festes Gefüge in einem Unternehmen, wobei die Organisation als dauerhafte Strukturierung von Arbeitsprozessen beschrieben wird. Das bedeutet, dass die Organisation die Verbindung von Elementen wie Ressourcen, Informationen und Personen dauerhaft regelt. [4, S. 15]

Der institutionelle Organisationsbegriff betrachtet jedes Unternehmen wie eine Organisation, eine Zusammenlegung und Verknüpfung von gemeinsamen Ressourcen zur Zielerfüllung. Dabei folgt die Struktur immer der gewählten Strategie oder dem verfolgten Ziel. Die Organisationstheorie kennt bereits Formen der Projektorganisation wie das Task-Force-Modell. Dies zeigt, dass die Aspekte der Organisationstheorie auf den Aufbau von Bauprojekten übertragbar sind. [3, S. 35], [5, S. 130]

## 2.1 Übertragbarkeit der Organisationstheorie auf Bauprojekte

In früheren Veröffentlichungen konnte die grundsätzliche Übertragbarkeit der Erkenntnisse der Organisationstheorie auf die Bauplanung bereits nachgewiesen werden. Daher wird an dieser Stelle davon ausgegangen, dass Bauprojekte als Erweiterung der Bauplanung genauso wie andere Organisationen, etwa Unternehmen, Vereine oder Vergleichbares, behandelt werden sollten, da sie ähnliche Merkmale aufweisen. [6, S. 82]

Die Struktur eines Bauprojekts bildet das Grundgerüst, das die Interaktionen, Verantwortlichkeiten und Abläufe definiert. Die Projektstruktur legt die formelle Hierarchie, Kommunikationswege und Entscheidungsprozesse innerhalb des Projekts fest. Sie stellt somit das Gerüst dar, auf dem die Projektkultur aufbaut. Eine klare Struktur kann dazu beitragen, die gewünschte Kultur zu fördern, indem sie klare Verantwortlichkeiten und Kommunikationskanäle schafft. Beispielsweise kann eine flache Hierarchie Innovation und Zusammenarbeit fördern, während eine steilere Hierarchie auf Effizienz und klare Befehlsketten ausgerichtet sein kann. [9, S. 71]

Jedoch kann die Projektkultur auch die Projektstruktur beeinflussen. Eine offene und kooperative Kultur kann dazu führen, dass informelle Kommunikationswege wichtiger werden als formelle Hierarchien. Mitarbeiter könnten sich unabhängig von ihrer Position stärker vernetzen, was zu einer flexibleren und anpassungsfähigeren Projektstruktur führt. Es ist notwendig, die Beziehung zwischen Projektstruktur und -kultur als eine wechselseitige zu betrachten. Eine gut durchdachte Projektstruktur kann die gewünschte Kultur unterstützen, während eine positive Kultur die Anpassungsfähigkeit der Struktur fördern kann. Projekte, die erfolgreich sein wollen, müssen beide Aspekte in Einklang bringen und sicherstellen, dass ihre Kultur und Struktur miteinander harmonieren, um gemeinsam die Projektziele zu erreichen. [3, S. 38]

Im Folgenden werden die Grundlagen der Organisationsstruktur und Organisationskultur näher erläutert und eine Verbindung zur Organisation von Bauprojekten hergestellt. So können anschließend in Kapitel 3.2 die regelmäßig auf Baustellen auftretenden Störungen der Organisationsstruktur oder -kultur zugeordnet werden.

## 2.2 Organisationsstruktur

Jede Organisation ist durch eine Struktur gekennzeichnet, die dazu dient, die Ziele der Organisation zu erreichen. Die Organisationsstruktur umfasst die Gesamtheit der dauerhaften und generellen Regelungen. Angesichts der in der Regel umfangreichen Gesamtaufgabe einer Organisation, die von einer Einzelperson nicht bewältigt werden kann, ist eine Differenzierung der Aufgaben erforderlich. Die organisatorische Integration und Koordination befasst sich mit der Verbindung dieser Aufgabenkomplexe oder organisatorischen Einheiten. Eine zentrale Frage der Organisationsstruktur ist die der angemessenen Zerlegung einer Gesamtaufgabe in Teilaufgaben und deren zielgerichtete Abstimmung. Die Gestaltung der Organisationsstruktur verfolgt das Ziel einer hohen

organisatorischen Effizienz, wobei der Grad der Aufgabenteilung positive wie negative Auswirkungen mit sich bringt. Dieses Ziel ist maßgeblich von den Gestaltungsprinzipien der formellen Elemente und Strukturierungsprinzipien abhängig. Die formellen Elemente bilden den Rahmen, in dem Arbeitsaufgaben entstehen und schaffen die Voraussetzungen für das menschliche Arbeiten in Unternehmen (oder wie hier in Projekten). Im Gegensatz dazu sind die Strukturierungsprinzipien die eigentlichen Mittel, die mithilfe der formellen Elemente die Gestaltung der Aufbau- und Ablauforganisation ermöglichen. [8, S. 5]

Die formellen Elemente umfassen unter anderem die Hierarchie, die Aufgabenverteilung, Regelungen für Entscheidungsbefugnisse und Kommunikationswege. Diese Elemente legen die Grundstrukturen fest, innerhalb derer die Organisation operiert. Die Hierarchie definiert die vertikale Anordnung von Verantwortlichkeiten und Zuständigkeiten, während die Aufgabenverteilung die horizontale Aufteilung der Arbeitsaufgaben beschreibt. Regelungen für Entscheidungsbefugnisse legen fest, wer in der Organisation welche Entscheidungen treffen darf, während Kommunikationswege den Informationsfluss vorgeben. [4, S. 33]

Die Strukturierungsprinzipien hingegen dienen dazu, die Beziehungen zwischen den formellen Elementen zu gestalten und zu optimieren. Beispiele hierfür sind die Delegation von Aufgaben und Verantwortlichkeiten, die Koordination von Abläufen sowie die Festlegung von Standards und Prozessen. Eine effektive Delegation ermöglicht eine flexiblere Organisation, während die Koordination sicherstellt, dass verschiedene Aufgaben und Abteilungen reibungslos zusammenarbeiten. Standards und Prozesse schaffen eine Grundlage für eine konsistente und effiziente Arbeitsweise in der gesamten Organisation. [4, S. 45]

Die Aufbauorganisation umfasst formale Hierarchien, Zuständigkeiten und Verantwortlichkeiten von der Unternehmensleitung über die verschiedenen Abteilungen bis zu den einzelnen Mitarbeitern. Diese klare Struktur dient der Definition von Aufgaben und Verantwortlichkeiten, um einen effizienten Betriebsablauf sicherzustellen. Die Ablauforganisation verleiht dieser Struktur Leben, indem sie die konkrete Umsetzung im Arbeitsalltag regelt. Sie definiert, wie Entscheidungen getroffen werden, wie die Kommunikation innerhalb der Hierarchien stattfindet und wie die Arbeitsabläufe gestaltet sind. [4, S. 76]

Damit ermöglicht die Aufbauorganisation die operative Umsetzung der strategischen Ziele und Vorgaben, die in der Organisationsstruktur festgelegt sind. Die Ablauforganisation ist von dynamischer Natur und bezieht sich auf die konkreten Prozesse und Handlungsabläufe innerhalb der vorgegebenen Organisationsstruktur. Hier stehen Effizienz, Zeitmanagement und Ressourcenoptimierung im Fokus, um einen reibungslosen Ablauf der täglichen Geschäftsprozesse zu gewährleisten und somit zur Erreichung der Unternehmensziele beizutragen. [8, S. 5]

In der Praxis sind Aufbau- und Ablauforganisation eng miteinander verzahnt. Während die Aufbauorganisation die Rahmenbedingungen setzt, ermöglichen die Ablauforganisation eine flexible Anpassung an sich ändernde Anforderungen. Nach der Ausarbeitung der Ablauforganisation wird die Aufbauorganisation häufig überprüft und gegebenenfalls angepasst, um eine optimale Abstimmung zwischen Struktur und Prozessen sicherzustellen. [9, S. 213]

Überträgt man diese Informationen auf Bauprojekte, sind unter den Projektstrukturen der Aufbau des Projekts (festgeschrieben im Projektorganigramm), aber auch die dem Projekt zugrundeliegenden Prozesse (meist festgeschrieben in Organisationshandbüchern) zu verstehen.

### 2.2.1 Aufbauorganisation

Die Aufbauorganisation umfasst das, was wir im Kern als Struktur oder Organisation betrachten. Das Ergebnis dieser Organisationsform zeigt sich in der Organisationshierarchie oder dem Organigramm. Hierbei werden Stellen und Abteilungen definiert, um Aufgaben zu verteilen, die dann von qualifizierten Mitarbeitern wahrgenommen werden. Die verschiedenen organisatorischen Einheiten werden zunächst durch die Aufgabenanalyse voneinander abgegrenzt, indem Haupt- und Nebenaufgaben erfasst werden. Anschließend erfolgt in der Aufgabensynthese die logische Anordnung dieser Aufgaben zueinander. Dies führt zu unterschiedlichen Organisationsformen wie dem Einliniensystem (nach Produktionen, Regionen oder Projekten; funktional nach Funktionen), dem Mehrliniensystem (z. B. Matrixorganisation) oder dem Stabliniensystem (Stabsstellen werden im Einliniensystem zugeordnet). [9, S. 128]

Die Aufbauorganisation eines Bauprojekts wird in dem Projektorganigramm dargestellt. In der Regel sind konventionell abgewickelte Bauprojekte als Stabliniensystem angelegt. Dies ist durch eine durchgängige Hierarchie, ausgehend vom Bauherrn zum Unternehmer, zum Nachunternehmer, jeweils unter Mitwirkung von Architekten, Planern oder Projektsteuerern als Stabsstellen, geprägt. Deutlich wird dadurch auch die eher hierarchische Prägung der konventionellen Projektabwicklung. [10, S. 37]

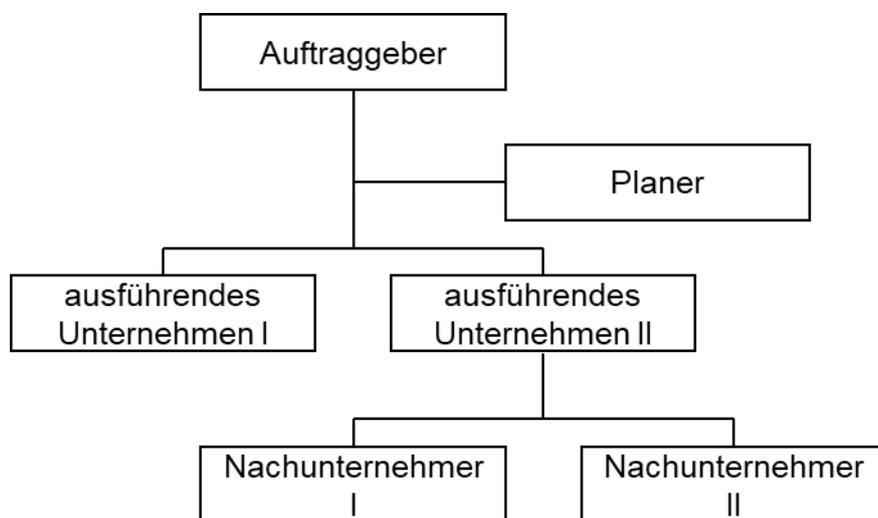


Abb. 2-2: Aufbauorganisation konv. Projektabwicklung (eigene Darstellung i. A. a. [10])

In kooperativen oder partnerschaftlichen Projektabwicklungsmodellen als anderes Extrem der Projektabwicklung sind die Hierarchien deutlich flacher und lassen sich am ehesten mit einer Matrixorganisation in der klassischen Organisationsstruktur vergleichen. Hier sind Bauherrenvertreter, Planende und ausführende Unternehmen in unterschiedlichen Konstellationen (z. B. beim Project Alliancing das s. g. Alliance Leadership Team, Alliance Management Team oder das Wider Project Team) für verschiedene Aspekte der Projektabwicklung zuständig. [11, S. 50]

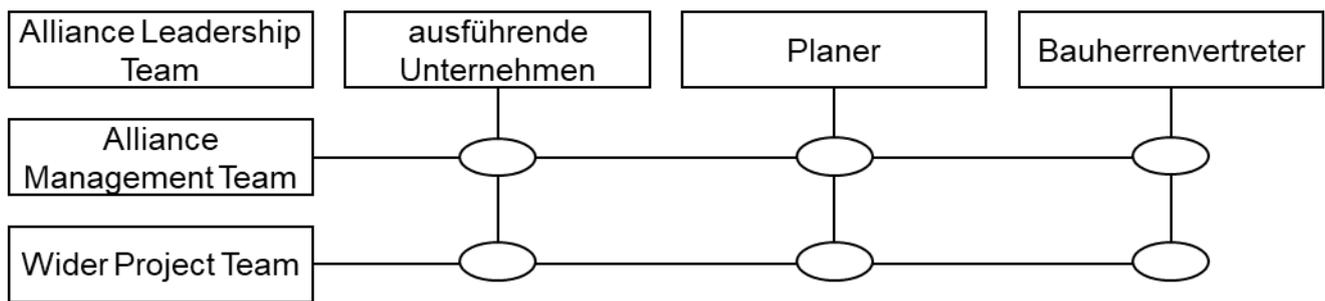


Abb. 2-3: Aufbauorganisation Project Alliancing (eigene Darstellung i. A. a. [11])

### 2.2.2 Ablauforganisation

Die Ablauforganisation koordiniert und gibt die Beziehungen zwischen den verschiedenen Arbeitsschritten vor. Durch diese werden die Arbeitsinhalte strukturiert und unter Berücksichtigung zeitlicher (z. B. Arbeitsdauer) und räumlicher Faktoren (z. B. Transportwege) sowie von Sachmitteln und Personen miteinander verknüpft und den entsprechenden Stellen sowie Abteilungen zugewiesen. Der Schwerpunkt der Ablauforganisation liegt auf der Strukturierung der einzelnen Arbeitsschritte, was zu zahlreichen dynamischen Arbeitsprozessen führt. Die Ziele der Ablauforganisation erstrecken sich auf die Steigerung der Wirtschaftlichkeit durch optimale Kapazitätsauslastung, die Reduzierung von Durchlauf-, Warte-, Verteil- und Leerzeiten, die Erhöhung der Termintreue sowie die Verbesserung der Qualität. Die Organisationsstruktur (und hier der Teil der Ablauforganisation) folgt gemäß Max Weber stets der Strategie, die von der Organisation verfolgt wird. Bei der Entwicklung innovativer Ideen ist daher eine andere Ablauforganisation erforderlich als bei der effizienten Abwicklung einer Aufgabe. [7, S. 38]

Organisationsstrukturen können das Verhalten der Beteiligten beeinflussen oder bestimmen. Regeln, die formal festgeschrieben werden, sind durch die Angehörigen der Organisation einzuhalten. Diese werden durch die in der Organisationsstruktur festgelegten Hierarchie im Rahmen der Führungsverantwortung definiert. Trotzdem werden in Organisationen nicht immer alle Regeln befolgt, da Mitglieder aus verschiedenen Gründen von den vorgegebenen Regeln abweichen. Häufig sind die Regelungen zu zahlreich oder widersprüchlich, sodass nicht alle erfüllt werden können. In solchen Fällen versuchen Mitglieder, sich einzelnen Regeln zu entziehen. [9, S. 16]

Die Ablauforganisation von Bauprojekten lässt sich am besten in den spezifischen Prozessen eines Projekts erkennen. Diese umfassen z. B. die Bearbeitung einer Rechnung, den Ablauf von Prüfungen, Freigaben und Abnahmen oder das Mangelmanagement sowie das Berichts- und Besprechungswesen. [10, S. 43]

In einigen Fällen können die Prozesse zur Erfüllung der Aufgabe möglicherweise durch Teile der Unternehmenskultur ersetzt werden. [9, S.16]

## 2.3 Organisationskultur

Unter Organisationskulturen versteht man Denk-, Gefühls- und Sinnstrukturen, die unterhalb der Bewusstseinssebene angesiedelt sind. Sie bestehen aus sichtbaren, interpretationsbedürftigen

Symbolsystemen. Ergänzt werden diese durch teils sichtbare, teils unbewusste Normen und Standards sowie den meist unsichtbaren und unbewussten Basisannahmen, die sich etwa aus menschlichem Handeln, der Umwelt oder (gefühlten) Wahrheiten speisen. [12, S. 5]

Die Organisationskultur verleiht der Organisation eine eigene, unverwechselbare Identität und wirkt auf die Mitglieder oder Partner als „kollektive Programmierung“. Dies führt zu einer Standardisierung von Gefühlen und Wahrnehmungen, bietet Orientierung, reduziert den Führungs- und Organisationsaufwand, fördert Identifikation ("Esprit du corps"), steigert Motivation und Zufriedenheit, und stabilisiert die Organisation. [13, S. 4]

Grundsätzlich kann man hinsichtlich der Organisationskultur zwischen zwei unterschiedlichen Perspektiven unterscheiden:

- Organisationen existieren in einer Kultur und werden durch die Kultur geformt, wobei Kultur als externe Variable betrachtet wird. Die umgebende Kultur beeinflusst die Arbeitsweise und Leistungsorientierung der in ihr tätigen Menschen. Im Hinblick auf Bauprojekte ist hier die Kultur des Landes, in dem die Projekte durchgeführt werden, zu nennen, aber auch die Baubranche mit ihren Eigenheiten.
- Organisationen sind eine Kultur, basierend auf einem interpretativen Ansatz. Sie bestehen aus gemeinsamen Ritualen, Gebräuchen und Ausdrucksformen, die auf eine für sie typische Weise Sinn produzieren. Die Kultur wird somit als interne Variable betrachtet. [13, S. 4]

Es existieren unterschiedliche Ansätze, welche Aspekte Einfluss auf die Organisationskultur haben. Vor dem Hintergrund der Anwendung der Theorie der Organisationskultur auf Bauprojekte werden für den weiteren Verlauf folgende Aspekte hinsichtlich ihrer Auswirkungen auf die Kultur der Organisation bzw. der Organisation auf die Kultur näher betrachtet, da diese als besonders relevant erachtet werden:

- Hierarchie,
- Ausbildung und Arbeitssozialisation sowie
- Segmentierung der Arbeitsstrukturen. [12], [13]

### **2.3.1 Wechselwirkungen der Hierarchie und der Organisationskultur**

Hierarchieebenen beschreiben das Ausmaß, in dem Mitglieder einer Gesellschaft oder Organisation akzeptieren und erwarten, dass Macht ungleich verteilt ist. In Organisationen mit hoher Machtdistanz akzeptieren die Mitglieder eine hierarchische Struktur, während in Organisationen mit niedriger Machtdistanz eine gleichberechtigtere Verteilung der Macht angestrebt wird. Hierarchien legen fest, wer innerhalb einer Organisation Macht ausübt. In stark hierarchischen Organisationen liegt die Macht oft bei den Führungskräften und Managern auf den oberen Ebenen, während in flacheren Hierarchien die Macht möglicherweise stärker zwischen den Mitarbeitern verteilt ist. Dies kann sich auf die Art und Weise auswirken, wie Mitarbeiter sich fühlen und wie sie miteinander interagieren.

Eine hierarchische Kultur kann zu einem Gefühl der Unterordnung und Abhängigkeit führen, während eine flachere Hierarchie eher ein Gefühl von Eigenverantwortung und Zusammenarbeit fördert. Die Hierarchie bestimmt oft, wie Informationen innerhalb einer Organisation fließen. In flacheren Hierarchien oder Organisationen mit informellen Kommunikationskanälen können Informationen schneller und direkter zwischen Mitarbeitern ausgetauscht werden, was zu einer offeneren und

transparenteren Kultur führen kann. In stark hierarchischen Strukturen hingegen kann die Kommunikation vertikal verlaufen, wobei Informationen möglicherweise durch mehrere Hierarchieebenen gefiltert werden (müssen), bevor sie ihr Ziel erreichen. Dies kann zu einem Mangel an Transparenz und offener Kommunikation führen. Hierarchien beeinflussen auch, wie Entscheidungen getroffen werden. In hierarchisch strukturierten Organisationen können Entscheidungen oft nur von Führungskräften auf oberen Hierarchieebenen getroffen werden, was zu einer zentralisierten Entscheidungsfindung führt. Dies kann zu Effizienz führen, aber auch zu geringerer Mitarbeiterbeteiligung und Kreativität. Flachere Hierarchien hingegen fördern oft eine dezentralisierte Entscheidungsfindung, bei der Mitarbeiter auf verschiedenen Ebenen befugt sind, Entscheidungen zu treffen, was zu mehr Flexibilität und Agilität führen kann. [9, S. 68], [14, S. 149]

### **2.3.2 Auswirkungen von Ausbildung und Arbeitssozialisation auf die Organisationskultur**

Berufsausbildungen können auch mit unterschiedlichen kulturellen Hintergründen einhergehen. Mitarbeiter mit verschiedenen kulturellen Hintergründen bringen unterschiedliche Werte, Kommunikationsstile und Arbeitsweisen mit sich. Diese kulturelle Vielfalt kann die Organisationskultur bereichern und zu einer offeneren und inklusiveren Arbeitsumgebung beitragen, in der Mitarbeiter aus verschiedenen Hintergründen geschätzt und respektiert werden. Unterschiedliche Berufsausbildungen können auch Herausforderungen bei der Integration in die Organisationskultur mit sich bringen. Mitarbeiter mit verschiedenen Hintergründen und Ausbildungen können möglicherweise unterschiedliche Erwartungen an die Arbeit, Kommunikationsstile oder Arbeitsweisen haben, was zu Reibungspunkten oder Missverständnissen führen kann. Während sie die Kompetenz und Flexibilität der Organisation fördern, können sie hemmend auf die Kommunikation wirken. [12, S. 12]

### **2.3.3 Auswirkungen segmentierter Organisationsstrukturen auf die Organisationskultur**

In einer stark segmentierten Struktur können Abteilungen oder Teams isoliert voneinander arbeiten und dazu neigen, sich auf ihre eigenen Ziele und Interessen zu konzentrieren. Dies kann zu einem Silo-Denken führen, bei dem die Zusammenarbeit zwischen Abteilungen erschwert wird und Informationen nicht frei fließen. Segmentierte Strukturen können auch die Kommunikation und den Informationsfluss innerhalb der Organisation behindern. Informationen und Entscheidungen können möglicherweise nicht effektiv zwischen den verschiedenen Abteilungen oder Ebenen geteilt werden, was zu Missverständnissen und ineffizienten Arbeitsabläufen führen kann. In einer stark segmentierten Struktur können Abteilungen oder Teams um begrenzte Ressourcen, Anerkennung und Einfluss konkurrieren. Dies kann zu einem Wettbewerbsumfeld führen, in dem die Zusammenarbeit zugunsten von Partikularinteressen vernachlässigt wird. Gleichzeitig kann eine Organisationskultur starken Konformitätsdruck ausüben, was oft zur Ablehnung neuer Ideen und Abschottung des Projekts gegenüber nicht Projektbeteiligten führt. [12, S. 187]

Da im weiteren Verlauf die Auswirkungen der Kultur auf oder innerhalb des Projektabwicklungsmodells relevant werden, erfolgt eine Betrachtung einzig auf Projekt- und nicht auf Branchenebene.

### 3 Regelmäßige Störungen von Baustellen

Im Folgenden werden regelmäßig auf Baustellen auftretende Störungen aus der Literatur aufgenommen und hinsichtlich ihres Entstehungsortes analysiert und eingeordnet.

#### 3.1 Ergebnisse einer Literaturrecherche

Probleme, die auf Baustellen auftreten können, sind vielfältig. Für den weiteren Verlauf werden nur solche Probleme weiter betrachtet, die störungsrelevant, sprich ursächlich für Störungen und damit einhergehende Behinderungen im Bauablauf, sind. Anderweitige Probleme ohne konkrete Auswirkungen bleiben unberücksichtigt, da sie keine unmittelbare Auswirkung auf den Projekterfolg haben.

Auf der Baustelle auftretende Probleme können den unterschiedlichen Verantwortungsbereichen bzw. Zuständigkeitssphären zugeordnet werden:

- Haghsheno/Kaben identifizieren Störungsursachen aus dem Verantwortungsbereich des AG, aus dem Verantwortungsbereich des ausführenden Unternehmens und Dritter bzw. Force Majeure. [15, S. 264]
- Freiboth unterscheidet Störungsursachen aus Sicht des ausführenden Unternehmens anhand der Einordnung in den Projektablauf nach innerbetrieblichen Störungsursachen und außerbetrieblichen Störungsursachen, die dem ausführenden Unternehmen vor oder nach Vertragsschluss bekannt wurden. [16, S. 8]
- Pils/Frühwirth betrachten die Bauablaufstörungen aus Sicht des Auftraggebers und nehmen eine Einteilung der Störungsursachen in Verantwortungsbereiche ähnlich Freiboth vor. [17, S. 29]
- Auf internationaler Ebene haben Javed et al. die Hemmnisse auf die Produktivität von Bauprojekten untersucht und nach Stakeholdern organisiert. [18, S. 240]

Da für die weitere Betrachtung (vorerst) weder der Verantwortungsbereich noch die Einordnung in den vertraglichen Projektablauf von Bedeutung sind, wird in diesem Beitrag auf eine Unterscheidung verzichtet.

Die folgenden Störungsursachen haben sich in den genannten Veröffentlichungen als besonders relevant herausgestellt und werden daher im weiteren Verlauf berücksichtigt:

- Häufige Änderungen der Planung
- Unvollständige Planung, ungenaue Planung, mangelhafte Planung
- Abstimmungsprobleme zw. Planer und ausführendem Unternehmen
- Ungenaue Anweisungen an ausführendes Unternehmen
- Zeitliche Überschneidungen von Planung und Ausführung
- Unzureichende Abstimmung des Planungsablaufs und des Bauablaufs
- Fehlende Genehmigungen und Planbereitstellungen
- Fehlerhafte und lückenhafte Leistungsbeschreibung
- Unzureichende Vorleistungen (bspw. AG-seitige Dritte)
- Falsche Beurteilung des Bauvorhabens durch das ausführende Unternehmen, insb. Risiken
- Mangelhafte Arbeitsvorbereitung durch ausführendes Unternehmen

- Unzureichende Führung auf der Baustelle
- Schwierigkeiten mit eingesetzten Nachunternehmern
- Fehlende und verspätete Entscheidungen durch Auftraggeber
- Eingriffe des AG in das Ablaufkonzept des AN

### 3.2 Einordnung der Störung nach Herkunft

Aufbauend auf den Erkenntnissen der vorherigen Kapitel werden die regelmäßig in Bauprojekten auftretenden Probleme und Störungsursachen analysiert. Es wird eine Zuordnung vorgenommen, ob die Störungen aus den Sphären der Organisationsstruktur (und hier der Aufbau- oder Ablauforganisation) oder der Organisationskultur entstammen. Geht man davon aus, dass die Störung aus einer der benannten Sphären kommt, so muss auch innerhalb dieser ein Lösungsansatz für die Störung gefunden werden. Lösungsansätze aus anderen Sphären können dann nur unterstützend herangezogen werden.

Bei der Einordnung wird der Betrachtungsrahmen immer durch das Projekt vorgegeben. Über das Projekt hinausgehende Aspekte wie die Branchenkultur oder die Struktur auf Unternehmensebene werden nicht weiter betrachtet.

Störungsursache	Einordnung		
	AUF	ABL	KLT
Häufige Änderung der Planung	!	X	
Unvollständige, ungenaue, mangelhafte Planung	!	X	
Abstimmungsprobleme zw. Planer und ausführendem Unternehmen	X	X	X
Zeitliche Überschneidung von Planung und Ausführung		X	
Unzureichende Abstimmung des Planungsablaufs und des Bauablaufs	X	X	
Fehlende Genehmigungen und Planbereitstellungen		X	
Fehlerhafte und lückenhafte Leistungsbeschreibung		X	
Unzureichende Vorleistungen	!	X	
Falsche Beurteilung des Bauvorhabens durch das ausführende Unternehmen	X		!
Mangelhafte Arbeitsvorbereitung		X	
Unzureichende Führung auf der Baustelle	X	X	!
Schwierigkeiten mit eingesetztem NU	X		!
Fehlende und verspätete Entscheidung durch Auftraggeber	X	X	
Eingriff des AG in das Ablaufkonzept des AN	!	X	

X = verantwortlich

! = mitwirkend

*Tab. 3-1: Einordnung der Störungen nach Herkunft*

Die häufige Änderung der Planung ist neben tatsächlich auftretenden neuen oder sich ändernden Anforderungen (z. B. aus Änderungen von Normen oder externen Rahmenbedingungen) größtenteils auf eine mit- oder nachlaufende Planung zurückzuführen und steht damit im direkten Zusammenhang zur unvollständigen, ungenauen oder mangelhaften Planung. Die Struktur von Bauprojekten im Hinblick auf die Arbeitsteilung oder Hierarchie ist für diese Störung nicht ursächlich, wirkt sich allerdings auch nicht positiv aus (ähnlich der Projektkultur). Vielmehr führt eine Nichtbeachtung etablierter Prozesse, bspw. dass die Ausschreibung einer Leistung erst nach der Fertigstellung der Planung erfolgen soll, zum größten Anteil dieser Störung. Gleiches gilt für die zeitliche Überschneidung von Planung und Ausführung bzw. unzureichende Abstimmung des Planungsablaufs und des Bauablaufs oder fehlende Genehmigungen und Planbereitstellung. Es könnte ggf. noch argumentiert werden, dass sich eine "Schnell-schnell"-Kultur in der Baubranche etabliert hat, die keine vollständig abgeschlossene Planung zulässt und damit viele nachträgliche Änderungen bedingt. Dies wäre allerdings ein branchenweites Problem, das durch eine Änderung auf Projektebene (z. B. durch ein kooperatives Projektabwicklungsmodell) nicht gelöst würde.

Die Abstimmungsprobleme zwischen Planenden und ausführendem Unternehmen sowie eine fehlerhafte und lückenhafte Leistungsbeschreibung können auf unterschiedliche Aspekte zurückgeführt werden. Zum einen führt die strikte Trennung von Planung und Ausführung in konventionell abgewickelten Projekten dazu, dass es keine direkten Verbindungen und somit Abstimmungswege oder Wissenstransfer zwischen den Planenden und ausführenden Unternehmen gibt. Dies ist ein Problem der Aufgabenverteilung und somit ein Problem der Aufbauorganisation von konventionellen Bauprojekten. Wo grundsätzlich die Möglichkeit der Abstimmung oder des Wissenstransfers gegeben ist, können auch in den Abstimmungsprozessen zwischen Planenden und ausführendem Unternehmen Probleme auftreten. Dies zeigt sich insbesondere, aber nicht erschöpfend, bei der Erstellung der Ausführungsplanung oder Werk- und Montageplanung durch das ausführende Unternehmen und die Rückkopplung/Rückmeldung zum Entwurfsverfasser/anderen Planenden. Hier werden Änderungen, die in einer detaillierten Planungstiefe vorgenommen werden, nicht an die Entwurfsverfasser zurückgespielt und können daher anderen Planenden oder ausführenden Unternehmen nicht zur Verfügung gestellt werden. Kompatibilitätsprobleme während der Planung und schlimmstenfalls ebenfalls während der Ausführung sind das Ergebnis.

Speziell die Abstimmungsprobleme zwischen Planenden und ausführendem Unternehmen können aber auch kulturell geprägt sein. Ursächlich hierfür ist aber abermals nicht die Projektkultur, die das Miteinander im Projekt widerspiegelt, sondern vielmehr die Berufskultur bzw. Ausbildungs- und Arbeitssozialisation der jeweiligen Professionen (siehe Abschnitt 2.3). Durch eine unterschiedliche Nomenklatur oder Sprache sowie ggf. abweichende Interpretationen von Dringlichkeit und Relevanz, können hier Kommunikationsprobleme auftreten. Da dies aber nicht auf die Projektkultur zurückzuführen ist, ist dies für diese Betrachtung zu vernachlässigen.

Unzureichende Vorleistungen als Störung auf der Baustelle sind nicht auf die Projektkultur zurückzuführen. Es kann argumentiert werden, dass die starke Segmentierung von Aufgaben, die sich in der konventionellen Projektabwicklung wiederfindet, einen Anteil an dieser Störung hat. Denn nur wo Aufgaben zwischen verschiedenen Parteien (AG und ausführendes Unternehmen oder

verschiedene ausführende Unternehmen die sequenziell arbeiten) aufgeteilt sind, können Vorleistungen unzureichend oder fehlerhaft sein. Somit wäre dies ein Problem der Aufbauorganisation. In der Regel ist diese Störung aber auf die Nichteinhaltung von Prozessen oder das nicht Erbringen von Leistungen innerhalb dieser Prozesse zurückzuführen und somit ein Thema der Ablauforganisation. Unter den gleichen Aspekten kann auch die mangelhafte Arbeitsvorbereitung subsumiert werden.

Die starke Segmentierung hat auch ihren Anteil an der falschen Beurteilung des Bauvorhabens durch das ausführende Unternehmen, insbesondere im Hinblick auf die bestehenden Risiken. Die Trennung der Bauaufgabe in unterschiedliche Leistungspakete führt zu einer Abgrenzung der Leistungserbringer gegeneinander und damit zur Verstärkung der Partikularinteressen der Projektpartner. Ein gemeinsames Verständnis und Management von Risiken schließt die starke Segmentierung aus. Dabei kann eine kooperative Projektkultur dem entgegenwirken, indem (bekannte) Risiken unter der Projektbeteiligten kommuniziert und betrachtet werden. Eine „Gegeneinander“-Kultur wiederum wirkt sich negativ verstärkend aus.

Die unzureichende Führung auf der Baustelle kann aus unterschiedlichen Blickwinkeln betrachtet werden. Entweder ist dies, ausgehend von der Aufbauorganisation, ein individuelles Problem dessen, der in der Organisationsstruktur mit der Aufgabe der Führung bedacht ist oder, ausgehend von der Ablauforganisation, das Nichteinhalten von oder nicht verfügen über notwendige Führungsprozesse. Hier kann allerdings die Projektkultur positiv entgegenwirken und durch ungeschriebene Regeln Führungsaufgaben übernehmen oder Prozesse unterstützen. Gleiches gilt für die Schwierigkeiten mit dem eingesetztem Nachunternehmer. Während ursächlich für das Problem die Aufbauorganisation ist (ohne eine Teilung der Aufgaben, wäre ein Nachunternehmereinsatz irrelevant), kann eine positive Projektkultur hier positiv einwirken.

Die fehlenden oder verspäteten Entscheidungen des Auftraggebers im Projektverlauf kann zum einen auf eine stark hierarchische Struktur zurückgeführt werden, bei der Entscheidungen die Hierarchie nach oben „weitergereicht“ werden oder bei der nur einige wenige Personen Entscheidungen treffen dürfen. Das Weiterleiten der Entscheidung entlang der Hierarchie verzögert den Prozess und führt zu langen Bearbeitungsfristen. Zum anderen kann der Prozess an sich mit unklar definierten Entscheidungsbefugnissen oder zu weit in der Zukunft liegenden Entscheidungszeitpunkten zu fehlenden oder verspäteten Entscheidungen führen. Es könnte argumentiert werden, dass eine Kultur, die Entscheidungen hemmt oder sogar bestraft, zu verspäteten Entscheidungen führt. Dies ist allerdings in der Regel nicht auf die Projektkultur zurückzuführen, sondern auf die Organisationskultur des Auftraggebers, in der sich die individuellen Entscheider bewegen. Für eine Betrachtung auf Projektebene kommt dieser Aspekt somit nicht infrage.

Abschließend verbleiben noch die regelmäßigen Eingriffe des Auftraggebers in das Ablaufkonzept des ausführenden Unternehmens. Diese stehen in direktem Zusammenhang mit bereits bewerteten Störungen wie Abstimmungsproblemen zwischen Planenden und Ausführenden, aber auch mangelhafter, verspäteter oder unzureichender Planung. Die Möglichkeit der Eingriffe des Auftraggebers ergeben sich aus seinem Direktionsrecht und könnten daher als strukturelles Problem des angewendeten Vertragsmodells gewertet werden. Naheliegender ist allerdings eine schlechte oder keine Koordination der Prozesse, was es zu einem Problem der Ablauforganisation macht.

Zusammenfassend wird ersichtlich, dass einige Störungen aus dem Bereich der Aufbauorganisation kommen. Dies ist vermeintlich insbesondere auf die Trennung von Planung und Ausführung, genauer gesagt die starke Segmentierung der Aufgaben bei konventionell abgewickelten Projekten, zurückzuführen. Neue kooperative und partnerschaftliche Projektabwicklungsmodelle knüpfen hier an und bieten durch ihre Struktur (bspw. den Einsatz von Mehrparteienverträgen) gute Lösungsmöglichkeiten. Nur ein geringer Anteil der entstehenden Störungen in Bauprojekten ist direkt auf die Projektkultur zurückzuführen. Es wird aber deutlich, dass unterschiedliche Störungstatbestände durch eine entsprechende Projektkultur positiv wie negativ beeinflusst werden können. Der überwiegende Teil der Störungen ist allerdings auf die Nichtbeachtung oder das Fehlen von Prozessen und damit den Bereich der Ablauforganisation zurückzuführen.

## 4 Schlussfolgerung

Das strukturelle Grundproblem einer Baustelle ist, wie bei allen arbeitsteiligen Systemen, die Differenzierung der Arbeit (z. B. in Planung und Ausführung, aber auch nach Gewerken) und auf der anderen Seite die Integration der jeweiligen Beteiligten.

Es konnte gezeigt werden, dass der Großteil der Probleme auf die wachsende Differenzierung der Aufgaben auf der Baustelle und die damit einhergehenden Schnittstellenproblematiken zurückzuführen sind. Es wird ersichtlich, dass die meisten, regelmäßig auf Baustellen auftretenden Probleme aus dem Bereich der Organisationsstruktur und hier insbesondere der Ablauforganisation herrühren. Zwar ist dieser Teilbereich der Organisationsstruktur dafür prädestiniert, durch eine entsprechende Organisationskultur unterstützt zu werden, die bei Bedarf Fehler/Lücken in den Prozessen durch unsichtbare/versteckte Regeln ausgleicht. Diese Organisationskultur kann aber zum einen nur Teile der Prozesse abdecken und muss sich in einer vorgegebenen Projekt-/Organisationsstruktur entwickeln. Auf dieser Ablauforganisation und der Definition von Prozessen sollte zukünftig der Fokus liegen. Der nachgeordnete kulturelle Wandel bzw. die Etablierung Projektkultur fördernder Aspekte muss ebenfalls betrachtet werden, aber nicht als vorrangiger Aspekt. Es wird daher dafür plädiert, in konventionellen, wie auch in kooperativen und partnerschaftlichen Projektabwicklungsmodellen, die Prozesse und Abläufe spezifischer und genauer zu definieren und diese zu befolgen. Ein Kulturwandel kann zusätzlich unterstützend wirken, zukünftige Bauprojekte störungsfrei abzuwickeln.

## 5 Literaturverzeichnis

- [1] Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur, *Reformkommission Bau von Großprojekten – Endbericht*, Berlin, 2015.
- [2] A. Cohn, E. Fehr, M. A. Maréchal, *Business culture and dishonesty in the banking industry*, Band 516 (7529), Seite 86-89, Nature, 2014.
- [3] H.-P. Wiendahl, *Betriebsorganisation für Ingenieure*, 6. Aufl. München: Hanser, 2008.
- [4] E. Kosiol, *Organisation der Unternehmung*, Wiesbaden: Gabler-Verlag, 1962.

- 
- [5] H. Mintzberg, *Mintzberg über Management: Führung und Organisation, Mythos und Realität*, Wiesbaden: Gabler-Verlag, 1991
- [6] P. Gautier, *Kooperationskultur in der Bauplanung*, Aachen: Shaker Verlag, 2013
- [7] S. Kauffeld, *Arbeits-, Organisations- und Personalpsychologie für Bachelor*, Berlin-Heidelberg: Springer-Verlag, 2014.
- [8] D. Spath, *Handbuch Unternehmensorganisation – Strategien, Planung, Umsetzung*, Seite 3-24, Berlin, New York, Tokio, Heidelberg: Springer, 2009
- [9] G. Schreyögg, *Grundlagen moderner Organisationsgestaltung*, 6. Aufl. Wiesbaden: Springer Gabler, 2016
- [10] P. Greiner, P. E. Mayer, K. Stark, *Baubetriebslehre – Projektmanagement*, 3. Aufl. Wiesbaden: Friedr. Vieweg & Sohn, 2005
- [11] C. Schlabach, *Untersuchungen zum Transfer der australischen Projektabwicklungsform Project Alliancing auf den deutschen Hochbaumarkt*, Kassel: Institut für Bauwirtschaft der Universität Kassel, 2013
- [12] E. H. Schein, P. Schein, *Organisationskultur und Leadership*, 5. Aufl. München: Verlag Franz Vahlen, 2018
- [13] G. Hofstede, *Lokales Denken, globales Handeln: Interkulturelle Zusammenarbeit und globales Management*, München: Verlag C.H. Beck, 2001
- [14] D. von der Oelsnitz, *Die innovative Organisation – Eine gestaltungsorientierte Einführung*, 2. Aufl. Stuttgart: W. Kohlhammer, 2009
- [15] S. Haghsheno, T. Kaben, *Konfliktursachen und Streitgegenstände bei der Abwicklung von Bauprojekten – eine empirische Untersuchung*, Jahrbuch Baurecht, München: Werner Verlag, 2005
- [16] A. Freiboth, *Ermittlung der Entschädigung bei Bauablaufstörungen*, Braunschweig: Institut für Bauwirtschaft und Baubetrieb, 2006
- [17] T. Pils, M. Frühwirth, *Was sind Hauptgründe für Bauablaufstörungen, wie können sie reduziert bzw. vermieden werden und warum werden Nachträge zurückgewiesen?*, 9. Grazer Baubetriebs- und Bauwirtschaftssymposium, S. 27-44, Graz: Verlag der Technischen Universität Graz, 2011
- [18] A. A. Javed, W. Pan, L. Chen, W. Zhan, *A systemic exploration of drivers for and constraints on construction productivity enhancement*, Band 8 (3), Seite 239-252, Built Environment Project and Asset Management, 2018

# Moderne Bauleitung Eine Studie zur Anwendbarkeit ausgewählter Arbeitsmodule in kleinen und mittleren Bauunternehmen

Robin Becker <sup>1</sup>, Nane Roetmann <sup>2</sup>, Laura Baßfeld <sup>3</sup>, Till Schöttler <sup>4</sup> und Manfred Helmus <sup>5</sup>

<sup>1</sup> Lehr- und Forschungsgebiet Baubetrieb- und Bauwirtschaft, rbecker@uni-wuppertal.de

<sup>2</sup> Lehr- und Forschungsgebiet Baubetrieb- und Bauwirtschaft, roetmann@uni-wuppertal.de

<sup>3</sup> Lehr- und Forschungsgebiet Baubetrieb- und Bauwirtschaft, lbassfeld@uni-wuppertal.de

<sup>4</sup> Lehr- und Forschungsgebiet Baubetrieb- und Bauwirtschaft, schoettler@uni-wuppertal.de

<sup>5</sup> Lehr- und Forschungsgebiet Baubetrieb- und Bauwirtschaft, helmus@uni-wuppertal.de

## Kurzfassung

Der demographische Wandel und der Wertewandel bei den kommenden Generationen haben zu einem doppelten Engpass geführt, der letztendlich in einem Fachkräftemangel resultiert. Diese Herausforderung betrifft auch das Tätigkeitsfeld der Bauleitung. Um die Attraktivität des Berufsfeldes zu steigern und mehr Nachwuchskräfte zu gewinnen, beschäftigt sich das Forschungsprojekt "Moderne Bauleitung" mit der Entwicklung und Implementierung verschiedener Arbeitsmodule, die die Work-Life-Balance der Mitarbeitenden verbessern sollen. Im Rahmen des Projekts werden empirische Daten durch Experteninterviews und verschiedene Umfragen erhoben. Das vorliegende Paper fokussiert sich auf die vorhandenen Angebote verschiedener Arbeitsmodule in Unternehmen. Es konnte festgestellt werden, dass verschiedene Arbeitsmodule zur Verbesserung der Work-Life-Balance in verschiedensten Unternehmensformen anwendbar sind. Die Nutzung dieser Module ist jedoch von verschiedenen Unternehmenskenngrößen und größtenteils von individuellen Umständen und Absprachen abhängig. Es besteht ein Bedarf an transparenterer und effektiverer Kommunikation seitens der Unternehmen mit allen Mitarbeitenden sowie klaren Konditionen bezüglich der verschiedenen Arbeitsmodelle. Um Unternehmen und Mitarbeitende über die Möglichkeiten der Arbeitsflexibilisierung und die Anwendung verschiedener Arbeitsmodule zu informieren, wird im weiteren Verlauf der Forschung die Entwicklung eines Online-Tools angestrebt. Dieses Tool soll eine umfassende Informationsquelle bieten und dazu beitragen, die Implementierung entsprechender Maßnahmen zu erleichtern.

*Schlagwörter: Fachkräftemangel, New Work, Moderne Bauleitung, Arbeitsmodelle, Work-Life-Balance, Nachhaltige Personalführung*

# 1 Einleitung

Das Forschungsprojekt "Moderne Bauleitung", gefördert durch das Bundesministeriums für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen (BBSR) zielt darauf ab, durch die Entwicklung und Erprobung von Arbeitsmodellen im Bereich Bauleitung den Nachwuchskräftemangel zu minimieren und die Attraktivität des Berufsfeldes zu steigern. In fünf Arbeitspaketen werden Literaturrecherche, Auswertung empirischer Daten sowie die Entwicklung und der Vergleich von Arbeitsmodellen aus anderen Branchen durchgeführt, um modulare Handlungsempfehlungen für kleine und mittelständische Unternehmen (KMU) abzuleiten. Im aktuellen Arbeitspaket E wurde aufbauend auf den entwickelten Arbeitsmodulen eine Umfrage durchgeführt.

Untersuchungsintention ist es, in welcher Ausprägung die entwickelten Arbeitsmodule im Bereich der Bauleitung in Unternehmen in Deutschland vorhanden sind, inwieweit die Umfrageteilnehmenden diese Module nutzen und welche positiven und negativen Aspekte aus der subjektiven Perspektive der Teilnehmenden gesehen werden. Aufbauend auf der durchgeführten Literaturrecherche wurden Vor- und Nachteile der Arbeitsmodule identifiziert. Diese galt es im Rahmen der Umfrage zu prüfen, ob diese auch von den Umfrageteilnehmenden geteilt werden. Darüber hinaus sollten im Rahmen der Umfrage Erkenntnisse darüber gewonnen werden,

- **welche Arbeitsmodule** in Bauunternehmen in Deutschland für den Bereich der Bauleitung **angewendet werden** und welche Vor- / Nachteile es aus Sicht der Mitarbeiter\*innen gibt,
- **welche Randbedingungen erfüllt** sein müssen, um die abgefragten Arbeitsmodelle einsetzen zu können.
- sowie welche (weiteren) **Arbeitsmodelle** sich Mitarbeiter\*innen im Bereich der Bauleitung **wünschen**.

Die Umfrage wurde deutschlandweit über verschiedenen digitale Plattformen und Institutionen, sowie verschiedene Kammern und Verbände verteilt. Dadurch konnte eine große Anzahl an Unternehmen und Individuen angesprochen werden. Die Umfrage war Mitte Januar bis Mitte März digital verfügbar. Die Teilnehmenden wurden zu Beginn der Umfrage über die Datenschutzbestimmungen aufgeklärt und mussten diesen proaktiv zur Teilnahme an der Umfrage zustimmen.

## 1.1 Aufbau der Umfrage

Die Umfrage besteht aus 42 Fragen und ist in vier übergeordnete Abschnitte (siehe Abb.1) unterteilt. Im ersten Abschnitt werden „allgemeine Angaben“ zu den Umfrageteilnehmenden abgefragt.

Hier interessieren unter anderem das genaue Tätigkeitsfeld und die Dauer der Beschäftigung. Weitere Kenndaten zur Unternehmenszugehörigkeit, sowie Bausparten und Auftraggeber werden ebenfalls abgefragt. Anschließend werden die entwickelten Arbeitsmodule und deren Ausprägungen vorgestellt. Hier gibt es pro entwickeltem Arbeitsmodul spezifische Fragen. Dabei wird insbesondere abgefragt, welche Arbeitsmodule aktiv genutzt werden. Die Teilnehmenden können angeben, ob sie selbst Nutzer sind und ob sie Vor- und Nachteile zu eben diesen sehen. Um weitere Erkenntnisse darüber zu gewinnen, was ebenfalls zu einer Attraktivitätssteigerung von Unternehmen führt werden die Mitarbeitenden abschließend um individuelle Rückmeldung gebeten. Die Fragen werden einerseits

mithilfe gradueller Antwortskalen nach dem Likert-Format beantwortet [sehr hoch [eins] – sehr niedrig [fünf]], was es ermöglicht, die persönlichen Einstellungen zu den verschiedenen Themengebieten zu messen [1]. Andererseits werden auch binäre Antwortmöglichkeiten verwendet, bei denen die Probanden Zustände entweder bejahen oder verneinen konnten. Hierbei waren Mehrfachnennungen zulässig. Zudem werden optionale Freitextantworten zur Verfügung gestellt. Arbeitgebenden darstellt, wird am Ende der Umfrage eine Freitextfrage programmiert, bei der die Teilnehmenden angeben konnten, was neben den vorgestellten Arbeitsmodulen zu einer Attraktivitätssteigerung des eigenen Arbeitsplatzes führen würde.



Abb. 1: Aufbau der Umfrage

## 2 Arbeitsmodule und Ausprägungen

Im Nachfolgenden werden die verschiedenen Arbeitsmodule und deren Ausprägungen vorgestellt, welche die inhaltliche Basis für die im weiteren Teil vorgestellte Umfrage und Auswertung bilden. Eine vorangegangene Literaturrecherche sowie qualitative Experteninterviews mit Personalreferent\*innen kleiner- und mittelständischer Bauunternehmen sind die Grundlage für die Definition der folgenden sieben Arbeitsmodule und deren Ausprägungen (siehe Abb.2). Dabei werden die Befragten insbesondere nach ihrer Einschätzung bzgl. der Flexibilisierungsmöglichkeiten in ihren Unternehmen befragt. Auch werden individuelle Vereinbarungen mit den Mitarbeitenden untersucht. Der Informationstransfer der angebotenen Arbeitsmodule und deren Ausprägungen wird ebenfalls abgefragt.

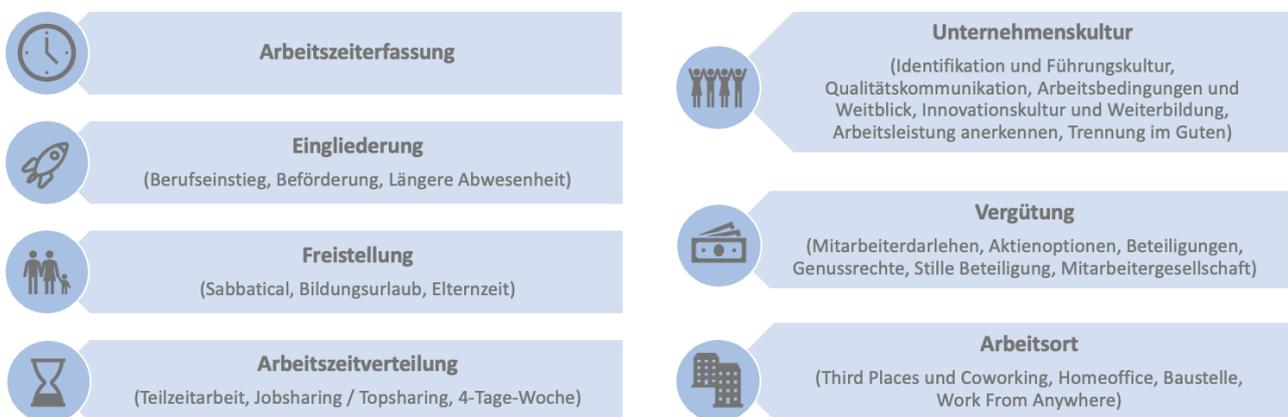


Abb. 2: Arbeitsmodule und Ausprägungen

## 2.1 Arbeitszeiterfassung

Die Erfassung der Arbeitszeit dient der Überwachung und Einhaltung der gesetzlich festgelegten Höchstarbeitszeiten pro Tag. Die Verwaltung mittels Arbeitszeitkonten ermöglicht die Erfassung der Differenz zwischen den geplanten und tatsächlich geleisteten Arbeitsstunden und gewährleistet einen umfassenden Überblick über die insgesamt erbrachte Arbeitszeit. Die Methode zur Erfassung muss den rechtlichen Anforderungen entsprechen, indem sie objektiv, zuverlässig und zugänglich ist (EuGH 14.05.2019, C55/18). Die Erfassung der Arbeitszeit wird als eine bedeutende Maßnahme des Arbeitsschutzes betrachtet. Durch Arbeitszeitkonten können Unternehmen ihre Flexibilität steigern, ihre Produktivität erhöhen und einen Wettbewerbsvorteil erlangen. Arbeitnehmende können bei Vorhandensein eines Langzeitarbeitskontos angesammelte Stunden für Freizeitausgleich nutzen und eine verbesserte Vereinbarkeit zwischen Beruf und Familie erreichen. [2]

## 2.2 Eingliederung

Die Eingliederung von Mitarbeitenden bezeichnet den Prozess der erfolgreichen Integration von Beschäftigten in ein Unternehmen oder in ein neues Arbeitsumfeld, sei es nach ihrem Eintritt, einer Beförderung oder nach einer längeren Abwesenheit. Dieser Prozess umfasst gezielte Maßnahmen zur Einarbeitung, Orientierung und Integration, die darauf abzielen, den neuen Mitarbeitenden den Start in ihr (ggfs. neues) Arbeitsumfeld zu erleichtern. Das übergeordnete Ziel besteht darin, dass sich die neuen Beschäftigten schnell in das Team eingliedern und effektiv in ihre Verantwortungsbereiche eingliedern können. Eine strukturierte Mitarbeiterintegration trägt nicht nur zur Bindung und Zufriedenheit der Arbeitnehmenden bei, sondern fördert auch deren Leistungsfähigkeit und Produktivität. [3]

## 2.3 Freistellung

Eine Mitarbeiterauszeit, auch bekannt als Freistellung oder Sabbatical, kann als eine Form der zeitlichen Flexibilität betrachtet werden, die es den Mitarbeitenden ermöglicht, für einen bestimmten Zeitraum von ihrer beruflichen Tätigkeit abwesend zu sein, ohne dabei ihren Arbeitsplatz aufgeben zu müssen. Diese Auszeit kann sowohl bezahlt als auch unbezahlt sein und erstreckt sich in der Regel über einen längeren Zeitraum als herkömmlicher Urlaub. Während dieser Phase haben die Beschäftigten die Möglichkeit, sich zu regenerieren, sich weiterzubilden, persönliche Projekte zu verfolgen oder neue Erfahrungen zu sammeln. Dieser Anreiz zielt darauf ab, die Motivation und Zufriedenheit der Arbeitnehmenden zu steigern, indem ihnen die Gelegenheit geboten wird, ihre beruflichen Verpflichtungen und ihr Privatleben besser zu vereinen. Die Gewährung von Mitarbeiterauszeiten kann Unternehmen zudem dabei unterstützen, ihre Attraktivität als Arbeitgeber zu erhöhen und talentierte Fachkräfte anzuziehen sowie langfristig an das Unternehmen zu binden. [4]

## 2.4 Arbeitszeitverteilung

Die Regelungen bezüglich der Arbeitszeit spielen eine entscheidende Rolle bei der Konzeption einer zukünftigen Arbeitswelt, insbesondere im Hinblick auf Herausforderungen wie die Vereinbarkeit von Familie und Beruf. Studien [5] zeigen, dass Arbeitnehmerinnen einen starken Bedarf an Flexibilität in

Bezug auf Arbeitszeit und -ort haben. Es ist jedoch wichtig, dass diese angestrebte Flexibilität nicht zu einer Überlastung der Arbeitnehmer\*innen führt. Die Gestaltung der Arbeitszeit ist ein komplexer Prozess, der maßgeblich von den individuellen Unternehmensparametern beeinflusst wird, wie beispielsweise vertraglichen Vereinbarungen oder Standortbesetzungen. Daher ist es ratsam, eine individuelle Lösung für das Unternehmen zu entwickeln, die die Interessen der Mitarbeitenden berücksichtigt und den Betriebsrat (falls vorhanden) einbezieht. [6]

## 2.5 Unternehmenskultur

Die Unternehmenskultur ist im Management ein allgegenwärtiger Begriff und wird als entscheidender Erfolgsfaktor angesehen. Studien zeigen, dass in deutschsprachigen Ländern 47% der Führungskräfte die Entwicklung der Unternehmenskultur als oberste Priorität betrachten. In einer Studie betrachten 82% der Manager\*innen die Unternehmenskultur als potenziellen Wettbewerbsfaktor. Seit fast 40 Jahren steht die Unternehmenskultur im Mittelpunkt wissenschaftlicher und praktischer Untersuchungen. Trotz dieser langen Forschungszeit scheint der Begriff nach wie vor vielfältig interpretierbar und flexibel anwendbar zu sein. Die weitläufige Verwendung des Begriffs im alltäglichen Sprachgebrauch führt dazu, dass er für verschiedene Zwecke genutzt wird, wobei die Verantwortung oft kollektiv getragen wird. Dies ermöglicht einen erheblichen Interpretationsspielraum und führt dazu, dass die Unternehmenskultur häufig zur Erklärung von Misserfolgen herangezogen wird, für die nicht alleinige Verantwortlichkeit übernommen wird. [7]

## 2.6 Vergütung

Mitarbeiterbonifikationen, auch bekannt als Mitarbeiterprämien oder Mitarbeiteranreize, sind zusätzliche monetäre oder nicht-monetäre Vergünstigungen, die von Arbeitgebern gewährt werden, um die Leistung, Motivation und Loyalität ihrer Beschäftigten zu steigern. In der Regel werden sie als Anerkennung für herausragende Leistungen oder spezifische Erfolge vergeben. Die Art und Ausgestaltung von Mitarbeiterbonifikationen können je nach Unternehmen variieren, jedoch haben sie das gemeinsame Ziel, die Arbeitnehmenden zu motivieren und ihre Bindung an das Unternehmen zu stärken. Eine gesteigerte Identifikation und Wertschätzung seitens der Mitarbeitenden führen oft zu einer effizienteren Arbeitsleistung. Darüber hinaus können bestimmte Formen von Mitarbeiterbeteiligungen auch die Liquidität des Unternehmens fördern. Es ist jedoch wichtig anzumerken, dass sowohl Vorteile für die Mitarbeitenden als auch für das Unternehmen selbst hieraus resultieren können. [8]

## 2.7 Arbeitsort

Der Terminus "Arbeitsort" bezeichnet den geografischen Standort, an dem die Arbeitsleistung erbracht wird. Ohne abweichende Vereinbarungen erstreckt sich die organisatorische Reichweite im Allgemeinen über den gesamten Einbindungsbereich der Arbeitnehmenden als potenzieller Arbeitsort. Bei mehreren Betrieben wird davon ausgegangen, dass das Arbeitsverhältnis ausschließlich für einen spezifischen Betrieb besteht, es sei denn, es liegt eine anderslautende Vereinbarung vor. Tätigkeiten außerhalb des regulären Arbeitsorts, wie beispielsweise Einsätze auf Baustellen, werden als Einsatzorte betrachtet [9]. In der Abgrenzung wird ein Arbeitsplatz als der spezifische Ort innerhalb eines Betriebs definiert, an dem der Arbeitnehmer in der Regel seine beruflichen Tätigkeiten ausführt.

Gemäß der Rechtsprechung des Bundesgerichts im Kontext der Unfallversicherung wird der Arbeitsweg als die kürzeste, ununterbrochene Strecke zwischen dem Wohnort und dem Arbeitsort zu den regulären Arbeitszeiten definiert, um die Arbeit aufzunehmen oder nach Arbeitsende zum Wohnort zurückzukehren. Der Begriff "Reiseweg" bezeichnet den Weg, der vom regulären Arbeitsort zum Einsatzort führt. [10]

### 3 Auswertung der Online-Befragung

Im Folgenden wird das Ergebnis der oben beschriebenen deutschlandweiten Umfrage unter Mitarbeitenden in Bauunternehmen dargelegt. Die Auswertung umfasst insgesamt 372 Fragebögen. Etwa 85 % der Befragten begleiten die Positionen innerhalb der Bau- oder Projektleitung, während die restlichen Teilnehmenden aus den Bereichen Kalkulation, Geschäftsführung oder Baustellenleitung stammen. Die Geschlechterverteilung der Teilnehmenden zeigt, dass 83 % männlich und 17 % weiblich sind. Die Altersverteilung der Probanden ist in der folgenden Abbildung dargestellt, wobei die Mehrheit zwischen 28 und 38 Jahren alt ist. Die Zugehörigkeit innerhalb ihrer Unternehmen der Teilnehmenden zeigt, dass diese zu gleichen Teilen unter drei, zwischen drei und fünf Jahren sowie zwischen sechs und neun Jahren beträgt und rund ein Drittel bereits mehr als zehn Jahre dort angestellt sind. Die Zusammensetzung kann ebenfalls nachfolgender Grafik entnommen werden.

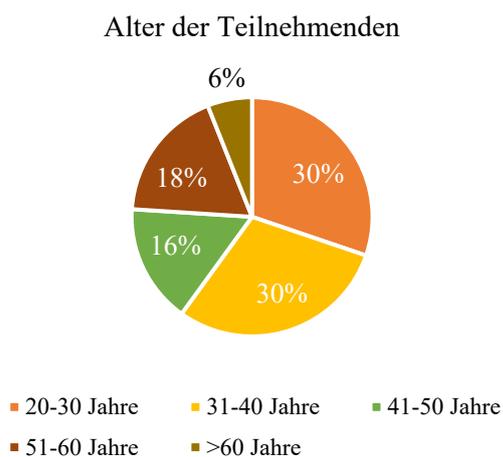


Abb. 3: Alter der Teilnehmenden.

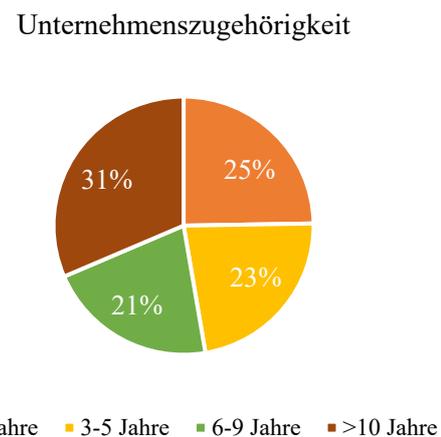
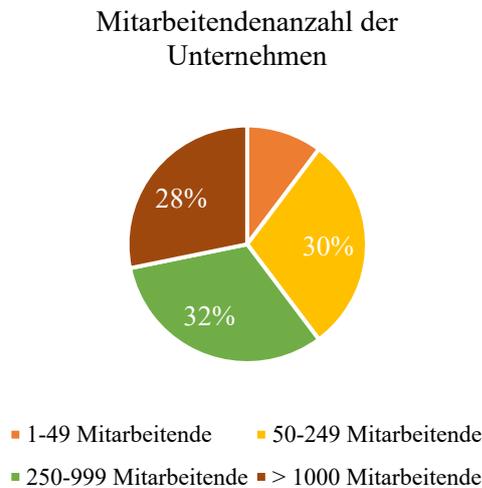


Abb. 4: Unternehmenszugehörigkeit

Die Befragungsergebnisse zeigen weiterhin, dass zu jeweils knapp einem Drittel der befragten Personen in Unternehmen mit einer Beschäftigtenzahl von 50 bis 249, 250 bis 999 sowie mehr als 1000 Mitarbeitenden tätig sind, während die verbleibenden zehn Prozent auf Unternehmen mit einer Belegschaft von einem bis 49 Mitarbeitenden entfallen. Die Mehrheit der Beschäftigten ist im Hochbau (u.a. im Bereich Gewerbe und Wohnen) tätig, gefolgt vom Tiefbau einschließlich Spezialtiefbau und dem Bereich Infrastruktur. Einzelne Beschäftigte sind auch in Bereichen wie Bauen im Bestand, Wasserbau, Brückenbau und Tunnelbau vertreten. Etwa 40 % der Befragten geben an, dass die Entfernung zu den eigenen Baustellen von ihrer jeweiligen Niederlassung aus bis zu 49 Kilometer beträgt, während ein weiteres Drittel eine Anfahrt von 50 bis 99 Kilometern hat. Der restliche Anteil ist bereit, Entfernungen von 100 bis mehr als 300 Kilometern zurückzulegen. In Bezug auf das Projektvolumen der bearbeiteten Aufträge zeigt sich ein ausgeglichenes Verhältnis, wie aus

den nachfolgenden Grafiken hervorgeht. Ähnlich verhält es sich bei der Unterscheidung zwischen öffentlichen und privaten Auftraggebern.



Bearbeitetes Auftragsvolumina

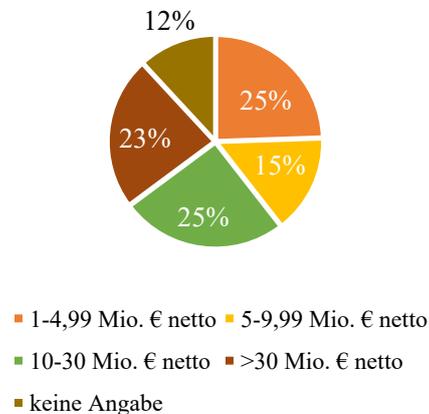


Abb. 5: Mitarbeiteranzahl der Unternehmen

Abb. 6: Bearbeitetes Auftragsvolumen

In Bezug auf das Arbeitsmodul der **Arbeitszeit** geben 55 % der Befragten an, dass Teilzeitangebote in ihren Unternehmen vorhanden sind. Von diesen machen insgesamt 3 % Gebrauch. Vollzeitbeschäftigten steht in 22 % der Fälle die Möglichkeit einer 4-Tage-Woche offen, während in Teilzeitstellen diese Option für 16 % der Befragten besteht. Jobsharing ist nur für zwei Prozent der Teilnehmenden optional, wird jedoch von diesen nicht in Anspruch genommen. In der Praxis arbeiten insgesamt 6 % in einer 4-Tage-Woche, sowohl in Vollzeit oder Teilzeit. Die überwiegende Mehrheit der Befragten, etwa 95 %, geht einer Vollzeitbeschäftigung nach. Es wurde während der Umfrage deutlich, dass vielen Befragten die Angebote zur Arbeitszeit ihres Unternehmens unklar sind.

Die Vorteile von flexiblen und kürzeren Arbeitszeiten werden von etwa einem Drittel der Befragten gleichermaßen in einer verbesserten Work-Life-Balance und mehr Zeit für private Aktivitäten gesehen. Etwa ein Fünftel der Befragten sieht darin weniger Stress. Knapp die Hälfte der Teilnehmenden sieht jedoch keinen Vorteil in diesem Arbeitsmodul. Hingegen werden insbesondere der höhere Workload (40 %), die Mehrarbeit für Kollegen (24 %) sowie schlechtere Aufstiegschancen (17 %) als Nachteile betrachtet. Auch hier sieht knapp die Hälfte der Teilnehmenden keine negativen Auswirkungen. Als Freitextantworten wurden ein geringeres Einkommen sowie ein höherer Organisations- und Kommunikationsaufwand in Bezug auf die Nachteile genannt.

Hinsichtlich des Moduls der **Arbeitszeiterfassung** geben 73 % der Befragten an, dass ihre Arbeitszeit nicht erfasst wird und etwaige Überstunden mit ihrem Grundgehalt abgegolten sind. Im Gegensatz dazu wird von lediglich einem Fünftel der Teilnehmenden die Arbeitszeit erfasst. Von 8 % der 372 befragten Personen, bei denen die Arbeitszeit erfasst wird, können die geleisteten Überstunden angesammelt und entweder abgebaut oder ausbezahlt werden. Die Teilnehmenden sehen vor allem die Möglichkeit zum langfristigen Ansparen von Überstunden für einen Freizeitausgleich (23 %) als Vorteil, während das Ansparen zur Schaffung eines monetären Ausgleichs weniger Bedeutung hat (11 %). Ein Fünftel der Befragten verbindet mit der Arbeitszeiterfassung eine verbesserte Work-Life-Balance. Etwa die Hälfte der Befragten sieht jedoch keine Vorteile in diesem Modul. 40 % der

Befragten geben an, dass durch das Fehlen einer Arbeitszeiterfassung tendenziell mehr Überstunden geleistet werden. 2/5 der Befragten nannten keine wesentlichen Nachteile zum Arbeitsmodul.

In über der Hälfte der Umfrageteilnehmenden gaben an, dass in ihren Unternehmen Programme für Berufseinsteiger\*innen angeboten werden, die als Bestandteil des Moduls **Eingliederung** fungieren. Weitere 41 % geben an, dass Wiedereingliederungsprogramme nach längerer Abwesenheit vorhanden sind. Ähnlich wie bereits im Modul Arbeitsort thematisiert, sind auch hier vielen Teilnehmenden die entsprechenden Angebote zur (Wieder-)Eingliederung in ihren Unternehmen unklar. Von den angebotenen Programmen nutzen unter dem Strich drei Viertel aller Befragten diese Angebote nach eigener Aussage nicht. Lediglich 18 % haben bereits an einem Programm zum Berufseinstieg teilgenommen, weitere jeweils 4 % an einem Programm nach längerer Abwesenheit oder im Zuge einer Beförderung. Die Vorteile solcher Programme werden vor allem in einem besseren Verständnis der Unternehmensprozesse (21 %), einer verbesserten Kenntnis der Unternehmenskultur (17 %) und einer schnelleren Einarbeitung in die jeweiligen Aufgaben (16 %) gesehen. Nachteile werden in diesem Zusammenhang kaum genannt, lediglich vereinzelt wird eine höhere Belastung für die Personen, die die Eingliederung übernehmen, oder ein erhöhter zeitlicher Aufwand (jeweils 9 %) sowie eine potenziell geringere Produktivität der in den Prozess eingebundenen Personen (6 %) genannt. In den Freitextantworten wird angemerkt, dass "wenn eine klare Struktur der Eingliederungsprogramme vorliegt, sollte der Aufwand im Rahmen gehalten werden. Leider ist es aufgrund des Fachkräftemangels nicht immer möglich, eine gute Betreuung zu gewährleisten."

Im Modul **Freistellungen** werden in nahezu allen Unternehmen der befragten Personen die Möglichkeit zur Elternzeit aktiv angeboten. Ebenso geben 38 % an, dass ihnen die Möglichkeit zum Bildungsurlaub sowie 31 % ein Angebot zum Sabbatical vorliegt (siehe Abb.7). Insbesondere die bezahlte Freistellung für Bildung in Form eines dualen Studiums wird vermehrt betont, ebenso wie die Freistellungen bei besonderen Anlässen wie Eheschließung oder Todesfall. Dennoch zeigt sich auch in diesem Modul eine Unklarheit über die möglichen Angebote in den eigenen Unternehmen. Ähnlich wie bereits im Modul Eingliederung beschrieben, nutzen fast 75 % der Teilnehmenden die Angebote ihrer Unternehmen nicht, wie Abbildung 5 verdeutlicht. Das Verhältnis von angebotenen Programmen zur tatsächlichen Nutzung läuft konträr zueinander. Lediglich eine Freistellungsphase in Form der Elternzeit wird von 15 % der Teilnehmenden in Anspruch genommen, weitere 10 % haben die Möglichkeit zur Freistellung zu Fortbildungszwecken genutzt. Hinsichtlich der Vorteile haben diese für die befragten Personen allesamt eine ähnliche Gewichtung (zwischen 8 und 14 %) und reichen von einer Erhöhung der Zufriedenheit mit der Arbeit über eine Steigerung der persönlichen Motivation und einer verstärkten Bindung zum eigenen Unternehmen bis hin zum verbesserten Image des Arbeitgebers. Nachteilig wird auch hier vor allem die Mehrbelastung für Kollegen und Kolleginnen gesehen sowie eine Neuverteilung der Aufgabenbereiche der abwesenden Person.

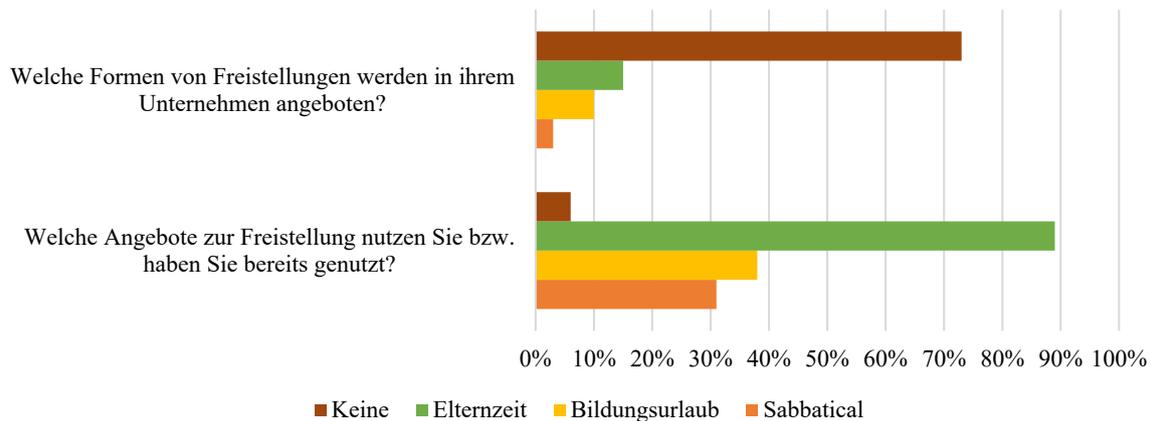


Abb. 7: Angebot und Nutzung von Angeboten zur Freistellung

Im Modul **Arbeitsort** bieten mehr als 80 % der Unternehmen der Befragten die Möglichkeit zum Arbeiten im Homeoffice an. Demgegenüber gibt es nur für 12 % die Möglichkeit zum „work from anywhere“, während weitere 16 % keinerlei solche Angebote haben. Die tatsächlich genutzten Arbeitsorte sind hauptsächlich das Büro innerhalb der Niederlassung (71 %), die Baustellenbüros (76 %) sowie das Homeoffice (60 %). Lediglich 5,6 % der befragten Personen nutzen keine dieser Angebote. Die wahrgenommenen Vorteile dieses Moduls sind:

- Fahrzeiterparnis (61 %)
- Möglichkeit, die Arbeit zu unterbrechen, um persönliche Angelegenheiten zu regeln (48 %)
- Verbesserung der Vereinbarkeit von Beruf und Familie (47 %)
- Höhere Produktivität bei Ausübung der Tätigkeit (46 %)
- Steigerung der Attraktivität als Arbeitgeber (41 %)
- Erweiterte Erreichbarkeit, auch außerhalb der üblichen Arbeitszeit (26 %)

Als nachteilig wird vor allem von rund der Hälfte der Teilnehmenden der verminderte Kontakt zu Kollegen und Kolleginnen sowie der damit einhergehende ausbleibende Austausch gesehen. Etwa zwei Fünftel der Befragten betrachten die erschwerte Trennung zwischen beruflichen und privaten Angelegenheiten als nachteilig. In den Freitextoptionen werden zudem das schlechte Equipment genannt, das die Umsetzung des Arbeitsmoduls erschwert, sowie der Umstand, dass bei Abwesenheit der Bauleitung die Ansprechperson vor Ort auf der Baustelle fehlen würde.

Im Bereich der **Unternehmenskultur** wurden von den Teilnehmenden sechs Aspekte zur Bewertung abgefragt, deren Ergebnisse in der folgenden Grafik dargestellt sind. Insbesondere die Aspekte „Identifikation und Führungskultur“, „Innovationskultur und Weiterbildung“ sowie „Trennung im Guten“ werden von den meisten Probanden als mittel bis stark vorhanden in ihren Unternehmen wahrgenommen. Generell werden alle abgefragten Aspekte im Mittelfeld mit einer Tendenz zur oberen Hälfte bewertet. Die Anzahl der Äußerungen in den Extrembereichen „sehr wenig vorhanden“ und „sehr stark vorhanden“ liegt zwischen 8 -14 %. Vorteilhaft im Hinblick auf das Modul wird vor allem ein verbessertes Wohlbefinden der Mitarbeitenden (68 %), ein höheres Engagement der Beschäftigten (65 %) sowie ein gesteigerter Unternehmenserfolg und verbesserte Entwicklungsmöglichkeiten für die Arbeitnehmenden (jeweils 52 %) betrachtet. Demgegenüber geben 66 % der befragten Personen an, keine Nachteile bezüglich des Moduls zu sehen. Lediglich wird auf die konservative Grundhaltung

innerhalb der Baubranche hingewiesen, durch welche Innovationen schleppend vorangetrieben werden.

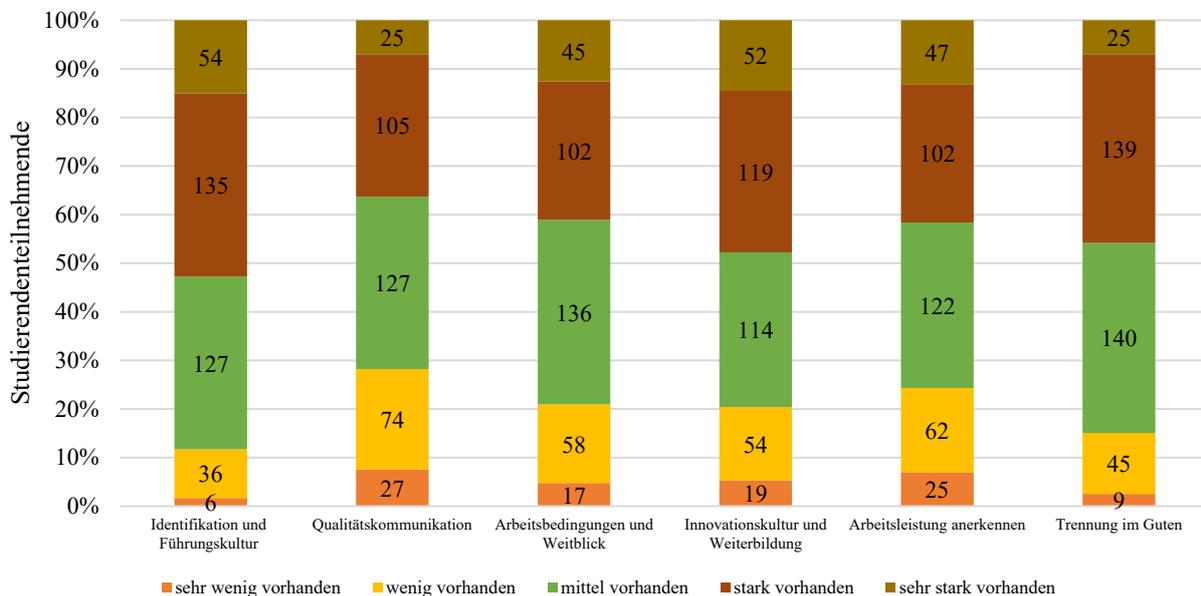


Abb. 8: Bewertung von Kriterien der Unternehmenskultur, n=372

Im Hinblick auf das Modul **Vergütung und Sachausstattung** zeigt sich folgende prozentuale Verteilung der Angebote innerhalb der Unternehmen sowie deren Nutzungshäufigkeit unter den Teilnehmenden:

- Mitarbeiterdarlehen: von acht Prozent der Unternehmen angeboten, jedoch von lediglich einem Prozent genutzt
- Aktienoptionen: in zehn Prozent der Unternehmen angeboten, von sechs Prozent genutzt
- Beteiligungen: bei 13 % der Unternehmen angeboten, von elf Prozent genutzt
- Sachleistungen und Anerkennungsprogramme: in 40 % der Unternehmen angeboten, von 32 % genutzt
- Renten- und Altersvorsorgeleistungen: bei 66 % der Unternehmen angeboten, von 51 % genutzt
- Weiterbildung: in 70 % der Unternehmen angeboten, von 52 % genutzt
- Keine Angebote dieser Form werden von 7 % der Unternehmen angeboten, jedoch von 3 % genutzt.

Daraus ergibt sich, dass insbesondere Angebote zur Renten- und Altersvorsorge sowie zur Weiterbildung von Unternehmen angeboten und von den Mitarbeitenden genutzt werden. Hingegen sind Angebote wie Mitarbeiterdarlehen, Aktienoptionen und Beteiligungen selten in Unternehmen vorhanden und werden von den Beschäftigten ebenfalls nur wenig genutzt. Als vorteilhaft wird vor allem die erhöhte Mitarbeiterzufriedenheit (52 %), die Förderung der Mitarbeiterbindung (46 %), sowie des Unternehmenserfolgs (40 %) sowie die finanziellen Anreize als Belohnung und Anerkennung für herausragende Leistungen (47 %) angesehen. Demgegenüber sehen rund ein Drittel der Befragten den Nachteil, dass ein erheblicher Teil der Bonifikationen aufgrund von Steuern

reduziert wird, da sie als Einkommen betrachtet werden. Weitere Faktoren wie Ungerechtigkeiten und mangelnde Transparenz (25 %) sowie Verzögerungen oder Unklarheiten bei der Ausschüttung von Bonifikationen (20 %) werden ebenfalls als nachteilig empfunden. In diesem Zusammenhang betonen die Teilnehmenden durch die Freitextoption erneut, dass eine Mitarbeiterbindung vor allem durch eine angenehme Arbeitskultur gewährleistet wird.

## 4 Interpretation der Ergebnisse

Es wurde festgestellt, dass eine vielfältige Gruppe von Teilnehmenden unterschiedlichen Alters erreicht werden konnte, wobei alle vordefinierten Altersgruppen vertreten waren. Die Verteilung der Teilnehmenden weist jedoch auch auf demografische Merkmale im Bereich der Bauleitung hin. Insbesondere ist die Gruppe der 20-30-Jährigen mit nur 6% gering vertreten, während die Mehrheit der Teilnehmenden der Altersgruppen 31-40 Jahre und über 60 Jahre angehört. Personen, die bereits die Hälfte ihres Arbeitslebens absolviert haben, machen insgesamt 62% der erwerbstätigen Teilnehmenden aus. Diese Ergebnisse der Umfrage stimmen mit früheren Erkenntnissen aus der Demografieforschung überein, die einen Mangel an Nachwuchs in der Bauleitung, insbesondere aus den aktuellen Jahrgängen, aufzeigt [11].

Die Daten zeigen, dass **Teilzeitangebote** in den Unternehmen vorhanden sind, jedoch nur von einem geringen Prozentsatz der Befragten genutzt werden. Zum einen können Teilzeitstellen möglicherweise nicht attraktiv genug gestaltet sein, um eine größere Nutzung zu fördern. Es ist zu vermuten, dass die angebotenen Teilzeitoptionen in Bezug auf Stundenanzahl, Flexibilität oder Vergütung nicht den Bedürfnissen der Mitarbeitenden entsprechen oder aufgrund der hohen Projektverantwortlichkeiten des Tätigkeitsfeldes nicht möglich sind. Die geringe Nutzung von **Jobsharing**-Optionen könnte darauf hinweisen, dass entweder die Nachfrage nach diesem Modell nicht vorhanden ist oder dass Hindernisse wie mangelnde Flexibilität bei der Arbeitsaufteilung oder organisatorische Schwierigkeiten die Umsetzung erschweren. Die Tatsache, dass viele Befragte die Angebote zur Arbeitszeitgestaltung ihres Unternehmens als unklar empfinden, deutet auf mangelnde Kommunikation seitens der Arbeitgebenden hin. Eine Option zur Verbesserung der Kommunikation könnten besseres Informationsmaterial und klare Richtlinien zur Verteilung an die Mitarbeitenden sein. Die Auswertung der **Arbeitszeiterfassung** deutet darauf hin, dass in vielen Unternehmen die Arbeitszeit nicht erfasst wird und etwaige Überstunden mit dem Grundgehalt abgegolten werden. Überstunden werden weiterhin nicht explizit erfasst und vergütet, sondern werden als Teil der regulären Arbeitszeit betrachtet. Dies kann zu einer Kultur der Überarbeitung führen, da Mitarbeitende möglicherweise nicht angemessen für zusätzliche Arbeitsstunden entschädigt werden. Die Umfrage zeigt, dass ein Großteil der Umfrageteilnehmenden in Unternehmen arbeitet, in denen die Arbeitszeit nicht erfasst wird. In Bezug auf vorangegangene Forschung, welche Verstöße gegen das Arbeitszeitgesetz in der Baubranche als üblich herausgestellt hat, sind hier Aktivitäten vorzunehmen, um diese Verstöße zu reduzieren. Das vergleichsweise geringe Angebot an Programmen zur **Eingliederung** neuer Mitarbeitenden oder zur Wiedereingliederung nach längerer Abwesenheit können auf Ressourcenbeschränkungen oder Prioritäten innerhalb der Unternehmen hindeuten. Insbesondere kleinere Unternehmen verfügen möglicherweise nicht über die Mittel oder die personellen Ressourcen, um umfassende Eingliederungsprogramme anzubieten. **Freistellungsmöglichkeiten** bieten mittlerweile viele Unternehmen ihren Mitarbeitern an, darunter Elternzeit, Bildungsurlaub, Sabbaticals

und Freistellungen für besondere Anlässe wie Eheschließungen oder Todesfälle. Diese Angebote können dazu beitragen, dass Mitarbeitenden ihre beruflichen und persönlichen Verpflichtungen besser miteinander vereinbaren können und ihnen die Möglichkeit geben, sich weiterzubilden, zu erholen oder persönliche Angelegenheiten zu regeln. Trotzdem nutzen viele Mitarbeitende diese Angebote nicht, auch hier ist eine mögliche Erklärung, dass die Mitarbeitenden nicht über die vorhandenen Freistellungsoptionen informiert sind oder dass sie aus persönlichen oder beruflichen Gründen keine Möglichkeit sehen, von diesen Angeboten Gebrauch zu machen. Die hohe Anzahl an Teilnehmenden, die die Möglichkeit zum Homeoffice nutzen können, deutet auf einen Trend zur Flexibilisierung der Arbeitsorte hin, der besonders in jüngster Zeit verstärkt wird, möglicherweise als Reaktion auf die Auswirkungen der COVID-19-Pandemie. Die Vorteile des Homeoffice, wie die Einsparung von Fahrzeiten, die verbesserte Vereinbarkeit von Beruf und Familie und die höhere Produktivität, werden von vielen Mitarbeitenden anerkannt und spiegeln den Wunsch nach einer flexibleren Arbeitsgestaltung wider. Die Bewertung der **Unternehmenskultur** zeigt, dass viele Mitarbeitende die Aspekte der Identifikation mit dem Unternehmen, der Führungskultur und der Innovationskultur als mittel bis stark vorhanden wahrnehmen. Dies deutet darauf hin, dass viele Unternehmen bemüht sind, eine positive Arbeitsumgebung zu schaffen, die Mitarbeiterbindung und Engagement fördert. Allerdings wird auch auf die konservative Grundhaltung in der Baubranche hingewiesen, die möglicherweise die Innovationsbereitschaft und -umsetzung behindern könnte. Unternehmen bieten eine Vielzahl von **Vergütungs- und Sachleistungsangeboten** an, wobei bestimmte Leistungen häufiger angeboten und genutzt werden als andere. Renten- und Altersvorsorgeleistungen sowie Weiterbildungsmöglichkeiten sind dabei am verbreitetsten und werden auch am häufigsten von den Mitarbeitern in Anspruch genommen. Im Gegensatz dazu sind Angebote wie Mitarbeiterdarlehen, Aktienoptionen und Beteiligungen seltener vorhanden und werden von den Mitarbeitern auch weniger genutzt. Diese Vergütungsoptionen sind meist nur in größeren Unternehmen möglich.

## 5 Fazit und Ausblick

In vorangegangener Forschung wurde die Problematik des Fachkräftemangels und seiner Auswirkungen auf die Attraktivität des Tätigkeitsfelds der Bauleitung umfassend erörtert. Als Lösungsansatz für dieses Problem wurden im Rahmen des Forschungsprojekts "Moderne Bauleitung" verschiedene Arbeitsmodule inkl. Ausprägungen zur Steigerung der Attraktivität entwickelt. Zur Untersuchung der tatsächlichen Nutzungshäufigkeit dieser Modelle in der Praxis wurde eine Umfrage unter 372 Mitarbeitenden deutschlandweit durchgeführt.

Die Ergebnisse dieser Umfrage haben bestätigt, dass viele der entwickelten Arbeitsmodule grundsätzlich anwendbar sind. Allerdings basiert ihre Nutzung häufig auf individuellen Absprachen und ist nicht einheitlich geregelt. Des Weiteren wurde deutlich, dass viele Mitarbeitende nicht ausreichend über die vorhandenen Angebote und Möglichkeiten informiert sind. Somit besteht ein Bedarf an verstärkter Aufklärungsarbeit, insbesondere im Hinblick auf potenzielle Nachwuchskräfte. Zudem ist eine Steigerung der Transparenz innerhalb der Unternehmen erforderlich.

Um eine benutzerfreundliche Übersicht sowohl für Mitarbeitende als auch für Unternehmen zu schaffen, ist im weiteren Verlauf der Forschung die Entwicklung eines Online-Tools geplant. Dieses Tool soll Informationen über die Möglichkeiten und Ausgestaltung der Arbeitsmodule sowie die prozentuale Nutzungshäufigkeit auf Basis von Marktmitbegleitern bereitstellen. Damit soll eine

Unterstützung bei der Entscheidungsfindung und Implementierung entsprechender Maßnahmen gewährleistet werden.

## 6 Literaturverzeichnis

- [1] Baur, Nina; Blasius, Jörg (2014): Handbuch Methoden der empirischen Sozialforschung. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden.
- [2] "BAG, Beschluss vom 13.09.2022 - 1 ABR 22/21-Arbeitszeiterfassungspflicht des Arbeitgebers." Retrieved 28.11, 2023, aus <https://www.kav-nw.de/de/Aktuelles/Rechtsprechung-Rechtsfragen/Rechtsprechung-Rechtsfragen1/BAG-Beschluss-vom-13.09.2022-1-ABR-22-21-Arbeitszeiterfassungspflicht-des-Arbeitgebers-.html>
- [3] vgl. Schnell, New Work Hacks (2019) S. 107 ff.
- [4] vgl. Hellert, Arbeitszeitmodelle der Zukunft (2018) S. 77 ff.
- [5] vgl. bitkom (2019) (Hrsg) New Work: Wie arbeitet Deutschland? [https://www.bitkom.org/sites/default/files/2019-09/bitkom-charts-new-work-i-11-09-2019\\_final\\_0.pdf](https://www.bitkom.org/sites/default/files/2019-09/bitkom-charts-new-work-i-11-09-2019_final_0.pdf) (abgerufen am 22.11.2023)
- [6] Altun, Hartmann, Handlungsfelder der aktuellen und zukünftigen Arbeitszeitgestaltung, in Die Zukunft der Arbeit, 2023, S. 99
- [7] Vgl. Josef Herget and Herbert Strobl, "Unternehmenskultur–Worüber Reden Wir?" Unternehmenskultur in der Praxis: Grundlagen–Methoden–Best Practices (2018): 4.
- [8] Vgl. Bellmann, L., Kleinhenz, G., „Systeme der Mitarbeiterbeteiligung in Deutschland: Grundsätzliche Überlegungen und Ergebnisse aus dem IAB-Betriebspanel zur Verbreitung, Beteiligung und zum Produktivitätseffekt“, in: „Mitarbeiterbeteiligung – Visionen für eine Gesellschaft von Teilhabern“, Klaus-R. Wagner (Hrsg.), Betriebswirtschaftlicher Verlag Dr. Th. Gabler, Wiesbaden 2002, S. 54.
- [9] Vgl. Roland Müller, Céline Hofer, and Manuel Stengel, "Arbeitsort Und Arbeitsweg," AJP 4 (2015): 565.
- [10] Vgl. Roland Müller, Céline Hofer, and Manuel Stengel, "Arbeitsort Und Arbeitsweg," AJP 4 (2015): 565.
- [11] Weegen, M. (2020) Informationssystem Studienwahl und Arbeitsmarkt (ISA). Abgerufen am 11. Dezember 2023 von [https://www.uni-due.de/isa/fg\\_ingenieurwiss/bauing/bauing\\_am\\_frm.html](https://www.uni-due.de/isa/fg_ingenieurwiss/bauing/bauing_am_frm.html)

# Pneumatische Schalkörper in der Durchbrucherstellung und Sicherung

Robin Becker<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Bergische Universität Wuppertal, rbecker@uni-wuppertal.de

## Kurzfassung

Auf Baustellen in Deutschland und weltweit ereignen sich jedes Jahr Arbeitsunfälle, die mitunter tödlich enden. Neben Unfällen mit Maschinen und Arbeitsmitteln stellen Absturzkanten und Öffnungen in Gebäudeebenen eine bedeutende Gefahr dar. Insbesondere bei der Erstellung von Durchbrüchen oder Versorgungsschächten und Lichtbändern besteht eine hohe Gefahr für Abstürze oder herunterfallende Gegenstände. Bisher werden Durchbrüche und Deckenausschnitte auf Baustellen oft manuell geschalt. Das verwendete Material wird nach dem Ausschalen entsorgt und nicht wiederverwendet. Die entstandene Öffnung wird oft nur unzureichend gesichert. Etablierte Systemschalungshersteller bieten hier durch verschiedene Systeme Lösungen. Diese beschränken sich jedoch oftmals auf das reine Erstellen der Deckenöffnung oder müssen als verlorene Schalung eingesetzt werden, um auch eine adäquate Durchbruchsicherung darzustellen. Ein System, das beide Anforderungen erfüllt, ist bisher nicht auf dem Markt erhältlich. Der Einsatz pneumatischer Schalkörper könnte hier Abhilfe schaffen. Nachdem verschiedene Systeme im Bereich der pneumatischen Schalkörper umfassend untersucht wurden, wird das vorliegende Patent in zwei Varianten entwickelt. Geeignete Materialien werden ebenfalls verglichen. Diese Varianten dienen der Durchführung nachfolgender In-situ-Versuche, um die praktische Machbarkeit und Leistungsfähigkeit zu evaluieren.

Schlagwörter: Arbeitsschutz, Durchbruchsicherung, Pneumatische Schalkörper, Produktentwicklung

## Abstract

Every year, workplace accidents occur on construction sites in Germany and worldwide, some of which end fatally. In addition to accidents involving machinery and tools, edges and openings in building levels pose significant risks. Particularly during the construction of openings or utility shafts and skylights, there is a high risk of falls or objects falling down. Currently, openings and ceiling cutouts on construction sites are often manually formed. The material used is discarded after forming, and not reused. The resulting opening is often inadequately secured. Established formwork system manufacturers offer solutions through various systems. However, these often focus solely on creating the ceiling opening or must be used as disposable formwork to provide adequate breakthrough protection. A system that fulfills both requirements is not currently available on the market. The use of pneumatic formwork bodies could provide a solution to this issue. After extensive examination of various systems in the field of pneumatic formwork, the present patent is being developed in two variants. Suitable materials are also being compared. These variants will be used in subsequent in-situ tests to evaluate practical feasibility and performance.

# 1 Status Quo

Im Jahr 2022 lag der Anteil von Stahlbeton als überwiegend verwendeter Baustoff beim Bau von Wohn- und Nichtwohngebäuden bei 9 bzw. 28%. [1]. Für die Verarbeitung und Formgebung von Beton werden verschiedene Schalungssysteme eingesetzt. Diese bisweilen stählernen oder hölzernen Konstruktionen werden benötigt, um eine Formstabilität zu gewährleisten, die auftretenden Lasten bei der Betonage aufzunehmen und insbesondere auch in Kombination mit geeigneten Traggerüsten die Vorschriften des Arbeitsschutzes zu erfüllen [2], [3]. Ein weiterer wesentlicher Faktor beim Einsatz von Schalungen ist, eine möglichst effektive und kosteneffiziente Bauweise zu erreichen. Schalungen sind ein wesentlicher Bestandteil der meisten Bauarbeiten und tragen erheblich zur Qualität und Formgebung von Bauwerken bei.

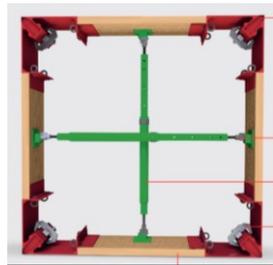
Insbesondere das Erstellen von Bauteilen in großer Höhe, wie Deckendurchbrüche und Schächte während der Bauphase birgt erhebliche Sicherheitsrisiken für das Baustellenpersonal. Arbeitsunfallstatistiken zeigen, dass jedes Jahr durchschnittlich 760.000 meldepflichtige Arbeitsunfälle, davon ca. 51.000 Unfälle im Zusammenhang mit Abstürzen geschehen. [4] Im Gegensatz zu aufgehenden Bauteilen werden kleine Öffnungen und Aussparungen im Hochbau nicht mit vorgefertigten Schalungssystemen erstellt, die entsprechende Arbeitssicherheitsvorkehrungen für die Mitarbeiter bieten. Es werden zugeschnittene Bauhölzer verwendet, um die entsprechenden Deckenöffnungen vor der Betonage individuell zu schalen. Nach der Betonage werden diese wieder entfernt, und das Holz kann nicht wiederverwendet werden, da es danach teils unter großem Kraftaufwand herausgebrochen werden muss. Der anschließend entstandene Durchbruch birgt erhebliche Sicherheitsrisiken durch Stolpern oder dem Fallen von Personen und Gegenständen. Um der Absturzgefahr entgegenzuwirken, wird gängiger Weise die Deckenöffnung während der Ausbauphase mit Holz- und Lastverteilerplatten abgedeckt und nur in wenigen Fällen auch in horizontaler Lage gesichert. [5] Die Platten können bei entsprechender Einwirkung jederzeit verrutschen und stellen ein weiteres Sicherheitsrisiko dar. Unfalldaten zeigen, dass Abstürze weiterhin zu den häufigsten tödlichen Arbeitsunfällen zählen. [6] Unter Berücksichtigung einer Verknappung und einhergehender Verteuerung von Rohstoffen und dem Bekenntnis zu einer nachhaltigen Kreislaufwirtschaft müssen diese Abfälle vermieden werden und gleichzeitig eine sichere Arbeitsumgebung für das Personal gewährleistet werden. [7]

## 1.1 Schalungssysteme zur Durchbruchherstellung

Für Wand- und Deckenschalungen existieren unterschiedliche Schalungssysteme, um Durchbrüche herzustellen. Neben Rahmenschalungen, die einige Hersteller als vorgefertigte Elemente anbieten, werden häufig auch Speziallösungen für bestimmte Anwendungsfälle benötigt. Diese bieten verschiedene Funktionalitäten, aus denen sich Vor- und Nachteile ergeben. Im Folgenden soll eine kurze Übersicht bestehender Systeme im Bereich der Durchbruchschalung und Absturzsicherung gegeben werden.

Aussparungsschalungen bieten in erster Linie eine Zeit- und Lohnkostensparnis. Vorgefertigte Elemente ermöglichen eine schnelle Montage, ohne Holz individuell für Aussparungen zuzuschneiden. Die aufgeführten Schalungssysteme der Hersteller PERI und Robusta Gaukel zeichnen sich beispielsweise durch ihre Nachhaltigkeit aus, da sie aufgrund ihrer hohen Wiederverwendbarkeit

eine hohe Anzahl von Einsätzen ermöglichen. Diese Schalungen sind formstabil und bieten eine einfache Handhabung für das Ein- und Ausschalen. [8] Sie sind zudem für unterschiedliche Decken- oder Wandstärken erhältlich. Andere Hersteller setzen auf verlorene Schalungen, die nach einmaligem Einsatz entsorgt werden oder in der Aussparung verbleiben. Vorteil dieser Systeme ist die noch einfachere Montage und dem Entfall des Ausschalens. In Verbindung mit einer verlorenen Schalung gibt es auch Hersteller, die Systeme vertreiben, welche neben ihrer Funktion als Schalung auch eine Durchtrittsicherung bieten. [9] Insgesamt stehen Wirtschaftlichkeit und Modularität im Vordergrund der bestehenden Systemschalungen zur Durchbruchherstellung. Nur eines der betrachteten Systeme bietet zusätzlich zur Schalung eine Durchtrittsicherung, die nach der Montage im Bauwerk verbleiben kann. Ein Schalungssystem, das sowohl wiederverwendbar, als auch modular einsetzbar und für eine sichere Durchtrittsicherung geeignet ist, ist auf dem Markt aktuell nicht verfügbar.



*PERI Varioelement VE [8]*



*Robusta Gaukel FLEX-Schalungssysteme [10]*

## 2 Pneumatische Schalkörper Stand der Forschung

Die erste Konzeption eines pneumatischen Schalungssystems geht bis auf das Jahr 1926 zurück. Hier wurden aufblasbare Röhren zur Erzeugung von Abwasserkanälen eingesetzt. [11]

Die Verwendung pneumatischer Membranen ermöglicht ebenfalls die Herstellung von kuppelförmigen Strukturen und kleinen Häusern. Die entwickelten Verfahren setzen eine Membran ein, die am Boden verankert wird, um ein Abheben zu verhindern. Nach dem Aufblasen wird die Membran von außen mit Bewehrung versehen, und der Beton wird im Spritzverfahren in mehreren Schichten aufgebracht. Nach anschließender Entleerung der Membran können Öffnungen für Fenster und Türen ausgeschnitten werden. [12], [13]

Die Form der entstehenden pneumatischen Schalung kann auch durch die Verwendung verschiedener Formen oder Seile angepasst werden, dies führt zu lokalen Verformungen der Membran. [14]

Darüber hinaus eignet sich die Verwendung von Schalungsmembranen zur Herstellung von Bauwerken aus Eis. Nach dem Aufblasen kann bei geeigneten Umgebungstemperaturen schichtweise Wasser aufgebracht werden, welches dann entlang der Kuppel gefriert und fest wird. Die Verwendung einer pneumatischen Kuppel ist dabei nicht auf die Herstellung von Betonbauwerken beschränkt. Es können auch Epoxidharz getränkte Carbonfasern verwendet werden. Diese werden im Inneren der Kuppel ausgelegt. Ergebnis sind besonders leichte Bauwerke. [15]

Eine weitere Anwendungsmöglichkeit ist die Herstellung von hohlen Betonelementen und Wänden. Durch das Aufblasen eines pneumatischen Kerns zwischen zwei Schalplatten, die mit Beton befüllt

werden, entsteht im Inneren der Betonplatte ein Hohlraum. Nach dem Aushärten entsteht ein Betonbauteil, welches in den Bereichen, in denen zuvor der pneumatische Kern lag, hohl sind. Die Betonmenge kann reduziert werden und leichtere Bauteile hergestellt werden. [16]

Neben der Verwendung pneumatischer Membranen zur Formgebung von Betonbauteilen besteht die Möglichkeit, die Funktion pneumatischer Membranen noch auf andere Weisen anzuwenden. Hierbei wird eine Betonplatte zunächst als horizontale Platte hergestellt und mit gezielten, keilförmigen Ausschnitten versehen. Nach dem Aushärten kann die segmentierte Betonplatte mithilfe einer pneumatischen Membran aufgerichtet werden. Beim Aufrichten schließen sich die zuvor angeordneten Ausschnitte zunehmend, bis eine größtenteils geschlossene Oberfläche entsteht. Spannstäbe, die an den Rändern der Betonplatte angebracht sind, werden mithilfe von hydraulischen Pressen gespannt und fixiert, um die Form auch ohne die aufgeblasene Membran zusammenzuhalten. Abschließend werden die verbleibenden Fugen gefüllt. [17]

In der Gesamtheit werden pneumatische Schalungen und Membranen hauptsächlich verwendet, um formgebend auf einen Baustoff zu wirken. Dabei können Pneus sowohl im Inneren, als auch außerhalb des Bauteils verwendet werden. Vorzugsweise werden sie genutzt, um Kuppeln oder andere, runde und organische Formen zu realisieren. Kantige oder kubische Bauteile können in der Regel nicht zuverlässig mit dieser Methodik hergestellt werden. Die benötigten Formen können aufgrund der grundlegenden Eigenschaften von Membranen nicht hergestellt werden. [18]

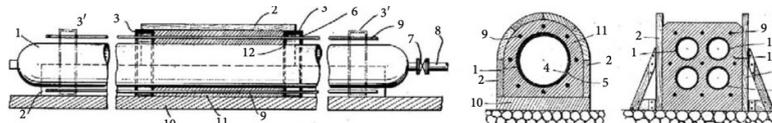


Abbildung 4: T. Nose US Patent

### 3 Pneumatischer Schalkörper zur Durchbruchherstellung und Sicherung

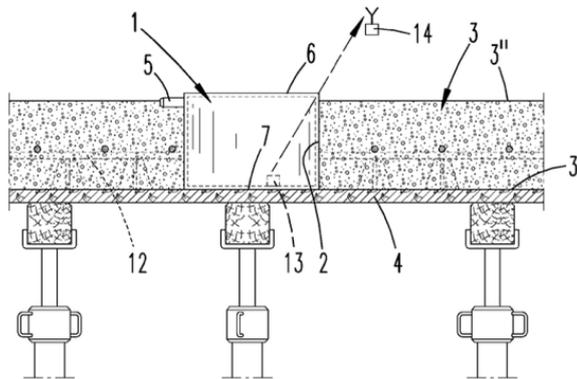
Die Eigenschaften von pneumatischen Schalkörpern machen sie zu einer attraktiven Option für eine Vielzahl von Anwendungen. Daher bietet es sich an, diese Eigenschaften auf die Herstellung eines Durchbruchs mit gleichzeitiger Durchsturzicherung zu übertragen.

Ein bereits patentiertes Schalungssystem bietet hier Ansätze für eine innovative Lösung. Das aufblasbare Schalungssystem nach Krüger beschreibt einen pneumatischen Schalkörper zur Herstellung von Deckendurchbrüchen. [19] Das Patent beschreibt einen Schalkörper, der mit verschiedenen Fluiden befüllt werden kann und aus einem biegeelastischen Werkstoff gefertigt ist. Der Körper ermöglicht die Erzeugung von Durchbrüchen in unterschiedlichen Größen und Formen. Sowohl zylindrische als auch kubische Maße sind realisierbar.

Nach dem Einbringen des Schalungskörpers und dem Betonieren verbleibt dieser als Sicherheitsvorkehrung in der Decke, um Durchstürze zu verhindern. Um die Zuverlässigkeit des Systems auch nach der Betonage sicherzustellen, ist im Inneren des Schalungskörpers ein Drucksensor integriert. Dieser übermittelt kontinuierlich Daten über den Innendruck des Systems. Durch den Innendruck kann der Schalkörper durch verschiedene Verkehrslasten auftretende Kräfte in den Beton ableiten. Dadurch soll auch das Befahren mit Kleingeräten ermöglicht werden. Die Demontage des

Schalungskörpers erfolgt durch das Ablassen der Luft. Die Haftung der Mantelwände an der Betonoberfläche wird aufgehoben, wodurch die Entnahme des Schalungskörpers ermöglicht wird. [19]

Abbildung 2: Runder Schalkörper auf der Bewehrten Decke [19]



1. Schalungskörper
2. Schalungswandung
3. Betondecke
  - a. Betondeckenunterseite
  - b. Betondeckenoberseite
4. Schalung
5. Ventil
6. Stirnfläche
7. Stirnfläche
8. Zugelement
9. Trittplatte
10. Wand
11. Reibungsvergrößerndes Profil
- 12.** Bewehrungsmatte

In Abbildung 2 ist eine Variation des Schalungskörpers (1) zu sehen, der auf der Deckenschalung (4) platziert ist und sich zwischen der Bewehrung (12) in der Position der zu erstellenden Deckenöffnung befindet. Die Schalungswandung steht dabei senkrecht zur Deckenschalung. Das Ventil (5) befindet sich an der oberen Stirnfläche (6) des Schalungskörpers. Der Schalungskörper hat in etwa die gleiche Höhe wie die Decke und verbleibt nach der Betonage in seiner Position. Das Patent beschreibt darüber hinaus noch weitere Komponenten, die für die Konstruktion des Schalungskörpers angedacht sind. Um die Formstabilität sicherzustellen, sind Zuganker im Inneren des Körpers angeordnet, die laterale auftretende Kräfte aufnehmen. Darüber hinaus ist eine reibungsvergrößernde Profilierung der Manteloberfläche zur Erhöhung der Reibungskraft an der Schalungswandung angedacht. [19]

#### 4 Materialauswahl

Genauere Angaben zur Herstellung des pneumatischen Schalkörpers nach Krüger sind nicht gegeben. Es werden einige Beschreibungen bezüglich der verwendeten Materialien und den Randbedingungen des Einbaus gemacht.

Es sind vor allem die Fluidbefüllbarkeit und die damit einhergehende Luftdichtigkeit zu berücksichtigen. Das Material wird als flexibel und elastisch beschrieben, welches sowohl Zug- als auch Biegebelastungen standhält. In Frage kommen alle Arten von Kunststoffen oder Gummi, insbesondere solche, die verstärkt oder armiert sind. Zudem wird betont, dass die Stirnflächen aus stabilem Kunststoff hergestellt sind, um Stabilität als Durchtrittssicherung zu gewährleisten. Neben den Angaben aus dem Patent ergeben sich zudem weitere Anforderungen aus allgemeinen Betriebsbedingungen auf Baustelle, sowie der Nutzung von Schalung. Hieraus abzuleitende Aspekte sind im Weiteren Dichtigkeit, Formbeständigkeit, keine Wasseraufnahme, Druckfestigkeit, einfaches Ausschalen, Reinigung sowie die Wiederverwendbarkeit, [20] Aufgrund der exothermen Reaktion der Hydratation ist ebenfalls eine Wärmeentwicklung sowie ein alkalisches Milieu zu erwarten, welche toleriert werden muss. [21] In Bezug auf die gestellten Anforderungen wurden verschiedene Materialien miteinander verglichen.

Tabelle 1: Materialvergleich verschiedener Polymere [22]

<i>Material</i>	<i>Dichtigkeit</i>	<i>Flexibilität</i>	<i>Chemische Beständigkeit</i>	<i>Zugfestigkeit</i>	<i>Verarbeitbarkeit (Formbarkeit)</i>	<i>Nicht Saugend</i>	<i>Verarbeitbarkeit (Kleben, Schweißen möglich)</i>	<i>Kosten</i>	<i>Mechanische Beständigkeit</i>
<i>PVC</i>	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
<i>PHB</i>	x	✓	x	x	✓	✓	✓	✓	✓
<i>Polyurethan</i>	x	✓	✓	x	✓	✓	✓	✓	✓
<i>PET</i>	✓	✓	✓	✓	x	✓	✓	✓	✓
<i>PTFE (Teflon)</i>	✓	✓	✓	✓	✓	✓	x	✓	✓
<i>PE</i>	✓	✓	✓	✓	✓	✓	x	x	✓
<i>ABS</i>	✓	X	✓	x	✓	✓	✓	✓	✓
<i>PES</i>	✓	x	✓	✓	x	✓	✓	x	✓
<i>PP (Polypropylen)</i>	x	✓	✓	✓	✓	✓	x	x	✓

PVC (Polyvinylchlorid) weist im Vergleich zu anderen Thermoplasten mehrere Vorteile auf. Dazu zählt insbesondere die Beständigkeit gegenüber den meisten Chemikalien und eine große Auswahl an Verbundwerkstoffen, die auf PVC-Basis hergestellt werden. Die Verarbeitbarkeit und Verbindung von PVC ist unproblematisch, da sowohl ein Verschweißen als auch Kleben möglich ist. Als Thermoplast kann das Material durch gezielte Temperatureinwirkung leicht verformt werden. In Verbindung mit einem Fasergewebeuntergrund steigt die Stabilität des Materials dabei weiter. [23] Die Anwendung von PVC-Gewebefolien im marinen Bereich und bei Druckanwendungen ist weit verbreitet.

Andere untersuchte Materialien eignen sich weniger, da sie keine gleichwertige chemische und physikalische Beständigkeit aufweisen oder deutlich schwieriger zu verarbeiten sind. Inerte Materialien wie PTFE erfüllen zwar die meisten Anforderungen, sind in der Verarbeitung allerdings extrem aufwändig und daher für einen Prototypen nicht geeignet.

Für das Grundmaterial des pneumatischen Schalkörpers wird daher zunächst ein Verbundmaterial aus PVC eingesetzt. Hierzu wird ein PVC-Verbundgewebe gewählt. Bei dem Material handelt es sich um handelsübliche Bootshaut, die einen mehrschichtigen Aufbau besitzt. Grundmaterial ist ein glasfaserverstärktes Gewebe, welches mit PVC beschichtet ist. Das Material ist besonders witterungsbeständig, abriebbeständig, knickbeständig, dimensionsstabil und gut verkleb- und verschweißbar. Weitere Materialeigenschaften sind dem Produktdatenblatt zu entnehmen. [24]

## 5 Herstellung

In der Recherche werden grundsätzlich zwei potenzielle Konstruktionsmethoden identifiziert. Diese unterscheiden sich hauptsächlich bei der Herstellung des Mantelkörpers. Es wird die Herstellung eines kubischen Schalkkörpers betrachtet.

Die Herstellung wird in insgesamt 4 Schritte eingeteilt:

- Zuschnitt der Materialien
- Herstellung des Mantelkörpers
- Herstellung der Stirnflächen
- Verkleben der Einzelkomponenten

### 5.1 Zuschnitt

Der erste Prototyp des pneumatischen Schalkörpers wird einen Durchbruch der Dimensionen 30/30 cm herstellen. Die Deckenstärke ist 20 cm. Die PVC-Gewebefolie wird in 3 Teile aufgeteilt. Es werden zwei quadratische Stirnflächen mit den Abmessungen 32/32 cm und eine weitere Fläche mit den Abmessungen 140/30 cm zugeschnitten. Die Überstände der Stirn, und Mantelflächen werden als Klebflächen verwendet, gegebenenfalls entfernt. Die Höhe der Mantelfläche reduziert sich ebenfalls bei Option 2 zusätzlich durch die verwendete Faltechnik. Hierzu später mehr.

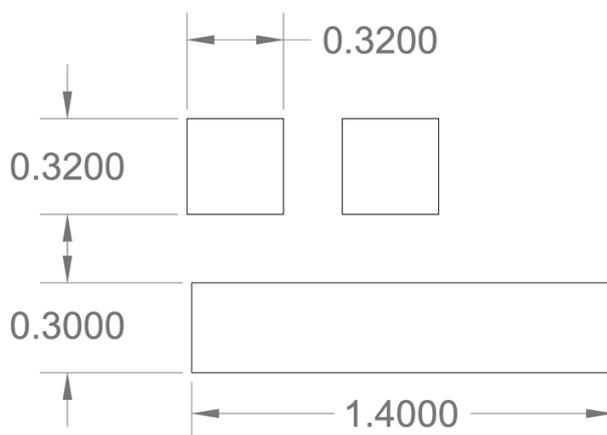


Abbildung 5: Abmessung und Rohmaterial, eigen Darstellung

### 5.2 Herstellung des Mantelkörpers

Der Mantelkörper des pneumatischen Schalkörpers stellt bei der Herstellung die größte Herausforderung dar. Es ist sicherzustellen, dass die Höhe des Schalkörpers im aufgepumpten Zustand in etwa der Stärke der Gebäudedecke entspricht. Die Mantelfläche muss weiterhin kollabierbar sein, um das Ausschalen zu ermöglichen. Zudem wird die Verwendung eines reibungsvergrößernden Profils

beschrieben, um den Verbund des Schalkkörpers mit dem Beton zu erhöhen und so nach dem Aushärten die Kräfte besser abzutragen. [19]

Um die erforderlichen Toleranzen bei der Herstellung von Durchbrüchen zu gewährleisten, werden verschiedene Verfahren ausgewählt. Einerseits die Drop-Stitch-Technik<sup>41</sup> und andererseits die Balgenfalttechnik. Erstere wird üblicherweise bei der Herstellung von Luftmatratzen, Stand-Up-Paddle oder bei aufblasbaren Kanus angewendet. Die Drop-Stitch-Technik verwendet zwei miteinander verbundene Gewebeschichten, die durch eine Vielzahl von Fäden verbunden sind. Die Fäden zwischen den Gewebeschichten verhindern, dass sich die beiden Schichten zu weit voneinander entfernen, wenn das Objekt aufgeblasen wird. Dadurch behält das Objekt seine Form und Struktur bei, auch wenn es starkem Druck ausgesetzt ist. [25]

Mit dieser Technik ist es möglich, auch pneumatische Objekte herzustellen, die auch unter Last die gewünschte Form beibehalten. Diese Technik wird aber nur zwischen zwei parallelen Ebenen angewendet. Es können also nur Strukturen mit zwei flachen, gegenüberliegenden Oberflächen gebildet werden. Die Aussteifung aller Flächen des Schalkkörpers durch ein vorgefertigtes Drop-Stitch-Gewebe ist nicht möglich, da sich die Fäden beim Einbau eines fertigen Gewebes nicht kreuzen lassen. Eine alternierende Verbindung einzelner Fäden-Cluster über Kreuz oder die manuelle Verwebung stellen hier Option 1 dar.

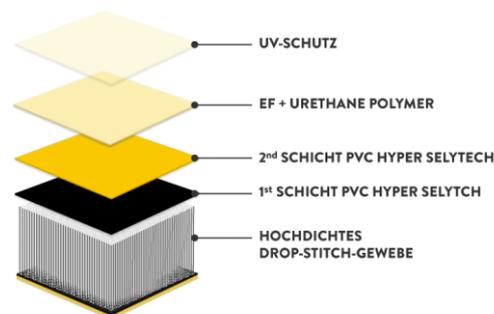


Abbildung 6: Aufbau eines Spacer-Fabrics, [26]

Eine weitere Möglichkeit, flexiblen Materialien Stabilität zu geben, sind verschiedene Origami- und Faltechniken. [27] Die aus dem Maschinenbau, der Fotografie und dem Akkordeonbau bekannten Faltenbälge werden dabei als Vorbild genommen. [28] Diese haben den Vorteil einer formstabilen Außenhaut und beulen sich auch bei Druck nicht so leicht aus. Durch die Faltenbildung und den Einsatz von Stabilisierungsringen im Inneren des Faltenbalgs wird das verwendete Gewebe stabilisiert und verformt sich nicht in lateraler Richtung. Trotzdem kann der Faltenbalg weiterhin in Längsrichtung gedehnt werden, ohne seine äußeren Abmessungen zu verlieren. Die Stabilisierung der Mantelflächen durch diese Technik stellt Option 2 dar. Ebenfalls kann der Mantel des Schalkkörpers aus einem Stück gefertigt werden, welches zu einem Ring verklebt wird. Durch die Faltung entsteht eine grobe Profilierung des Mantels, was den Vorgaben aus dem Patent entspricht. [19]

<sup>41</sup> auch Spacer-Fabric



Abbildung 7: Kastenbalg, [29]

### 5.2.1 Option 1 – Drop-Stitch Verstärkung

Um den Mantel unter Anwendung der Drop-Stitch-Technik herzustellen, wird zunächst eine Siebdruckplatte aus Siebdruck mithilfe einer CNC-Maschine in einem vorgegebenen Punktraster versehen, um als Schablone für verschiedene Abmessungen des Schalkkörpers verwendet zu werden. In die gefrästen Löcher werden je nach Herstellmethode Gewindestäbe oder Schablonen mit Dübeln eingesetzt und stabilisiert.

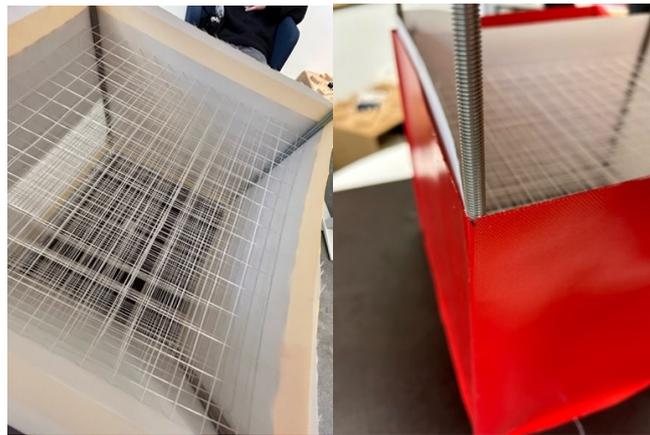


Abbildung 8: Herstellung der Option 1, eigene Darstellung

Die Herstellung des Drop-Stitch-Gewebes erfolgt in zwei Schritten. Zuerst wird ein Glasfasergewebe um die Gewindestangen gespannt und verklebt. Üblicherweise werden Gewebe mit einer Fadendichte von 80 bis 120 pro 10cm hergestellt. [30] Das Raster für den Prototypen wurde zunächst aufgrund der Grenzen einer manuellen Webung mit einem Abstand von 5 Fäden pro 10 cm festgelegt. Durch den größeren Abstand der Fäden steigt die zu erwartende Volumenänderung des Schalkkörpers bei gegebenem Druck. [31] Die reihenweise, horizontale Webung sorgt dafür, dass sich der Schalkkörper beim Befüllen leicht lateral zwischen den einzelnen Webreihen ausdehnt. Dadurch kann die Stabilität des Schalkkörpers als Durchtrittsicherung gegebenenfalls im eingebauten Zustand weiter erhöht werden und Lasten besser in den ausgehärteten Beton abgetragen werden. Nachdem zwei Ebenen in einer Reihe miteinander verbunden sind, werden die anderen zwei Ebenen über Kreuz in den Zwischenräumen verwoben. Die äußere Naht bewegt sich immer horizontal über die Mantelfläche.

Das äußere Mantelmaterial wird mit dem Glasfaser-Drop-Stitch-Gewebe verklebt. Dazu wird das PVC-Gewebe erhitzt und vorgefaltet, anschließend ebenfalls um den Rahmen gespannt und mit dem

Drop-Stitch-Gewebe verklebt. Beide Kontaktflächen werden mit Aceton gereinigt und mit Kleber benetzt. Nach einer Antrocknungszeit von ca. fünf Minuten wird eine zweite Schicht aufgetragen. Nun werden beide Oberflächen unter Zuhilfenahme einer Heißluftpistole auf ca. 150 bis maximal 170°C erhitzt und unter manuellem Druck miteinander verklebt.

### 5.2.2 Option 2 - Faltenbalg

Bei der Herstellung des Faltenbalges wird das PVC-Gewebe direkt bearbeitet. Mithilfe einer Heißluftpistole, einem Aluminiumprofil, Spannwerkzeugen und Hölzern werden zunächst die späteren Längsfalten hergestellt. Als erstes werden die Knickfalten mit einem Marker auf das PVC-Gewebe übertragen. Die Außenkanten des Mantels werden zuerst mit einem Heißluftfön auf 150°C erhitzt und gefalzt. Anschließend wird das Material mithilfe der vorgefertigten Eckanschläge, die in das Montageraster der Siebdruckplatte hineingesteckt werden, befestigt. Die horizontalen Falten werden ebenfalls unter Zuhilfenahme der Heißluftpistole über die gesamte Länge hergestellt.

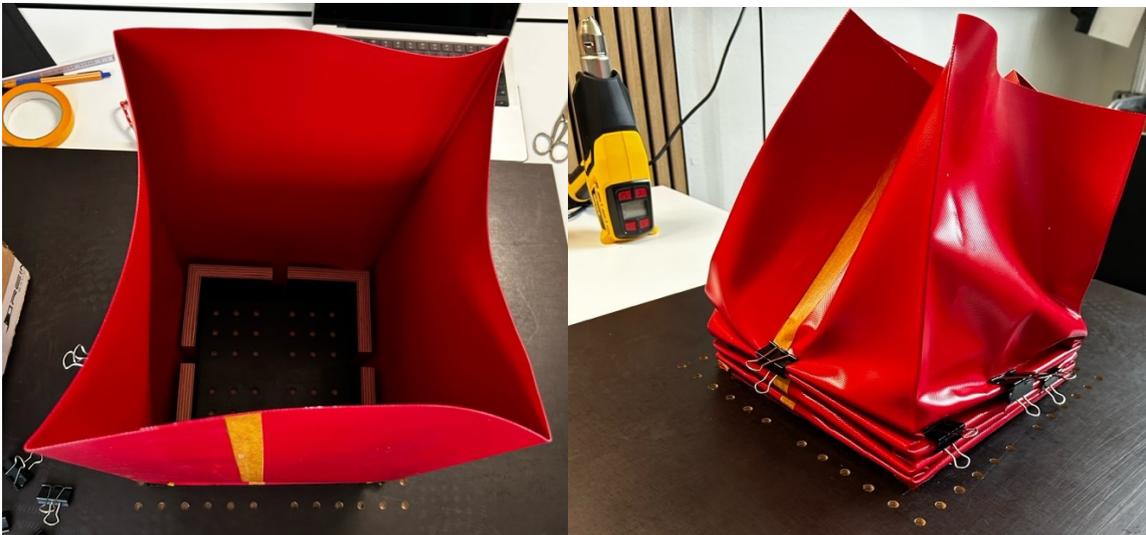


Abbildung 9: Herstellung der Option 2, eigene Darstellung

Um die Ecken auszubilden, werden alternierende Faltungen zwischen den einzelnen Lamellen in einem 45-Grad-Winkel angeordnet. Diese bilden die späteren Außenecken des Schalkörpers und müssen im richtigen Abstand zueinander hergestellt werden. Die Falten werden abschnittsweise mit Foldback-Klammern fixiert. Dieser Prozess wird für den gesamten Mantel durchgeführt.

### 5.3 Stirnflächen

Die Stirnflächen werden mit einer 3 mm dicken Hart-PVC-Platte verstärkt. Diese wird mit der Innenseite verklebt. Es wird ebenfalls ein Ausschnitt für die Platzierung des Ventils berücksichtigt. Das Ventil wird durch einen runden Ausschnitt in Nähe des Randes von der Innenseite eingeführt und verklebt. Die untere Stirnfläche wird ebenfalls verstärkt, dabei wird etwa 2 cm Abstand zur Außenkante gelassen. Es wird sichergestellt, dass sich der Schalkörper beim Ausschalen nicht im Beton verkantet, sondern flexibel genug bleibt und sich problemlos entfernen lässt. Da sich die Stirnflächen ebenfalls möglichst beim Befüllen des Schalkörpers ausbeulen sollen, werden diese

ebenfalls innenliegend miteinander verbunden. Da hier die Kräfte maßgeblich über die Hart-PVC-Platten abgetragen werden, kann ein deutlich gröberes Raster als im Mantel verwendet werden.

#### 5.4 Zusammenfügen der Einzelkomponenten

Nach Herstellung der Einzelkomponenten wird zunächst die untere Stirnfläche des Schalkkörpers mit dem Mantel verklebt. Dabei wird die Stirnfläche erhitzt und an den Kanten vorgefaltet. Der entstandene Deckel mit Falz wird über den Mantel gestülpt und vollflächig verklebt. Bevor die obere Stirnfläche im selben Verfahren aufgebracht wird, wird der Mantel des Schalkkörpers leicht gestaucht, um die korrekte Verbindung mit dem Drop-Stitch-Gewebe (Option 1) oder Zwischenwänden (Option 2) zu gewährleisten. Der fertige Prototyp wird auf Dichtigkeit geprüft, indem er mit Luft befüllt und mit Seifenlauge besprüht wird. Undichte Stellen, an denen sich Luftbläschen bilden, werden mit Dichtmasse oder Kleber verschlossen.

#### 5.5 Validierung

Beide Prototypen werden in Laborversuchen in situ an einer Deckenplatte getestet. Die Anforderungen an die Toleranzen im Hochbau in der DIN 18202 können voraussichtlich nur von Option 1 eingehalten werden. [32] Die geraden Mantelflächen gehen jedoch keine formschlüssige Verbindung mit dem aushärtenden Beton ein und können ggf. keine hohen Lasten abtragen. Im Gegensatz dazu bietet Option 2 mit dem sehr grob profilierten Mantel eine formschlüssige Verbindung. Ob dadurch höhere Kräfte aufgenommen werden können, muss eruiert werden. Innerhalb der Laborversuche wird neben der Reibung des Materials der maximale Druck sowie die Ausdehnung aufgezeichnet.

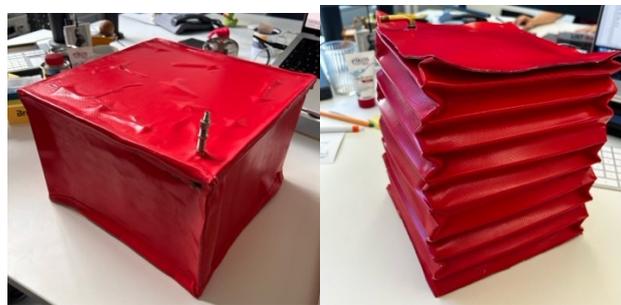


Abbildung 10: Beide Optionen im Vergleich, eigene Darstellung

### 6 Weitere Forschung und Ausblick

Die bevorstehenden Laborversuche der Prototypen stellen einen entscheidenden Meilenstein im Prozess der Validierung und Optimierung des Schalungssystem dar. Die Tests werden nicht nur dazu dienen, die funktionale Leistungsfähigkeit zu überprüfen, sondern auch die voraussichtlichen Traglastkapazitäten zu bestimmen. Ferner werden sie als aussagekräftiger Indikator dafür dienen, ob die Prototypen den Anforderungen auf Baustellen gerecht werden und ob sie sich zerstörungsfrei demontieren lassen.

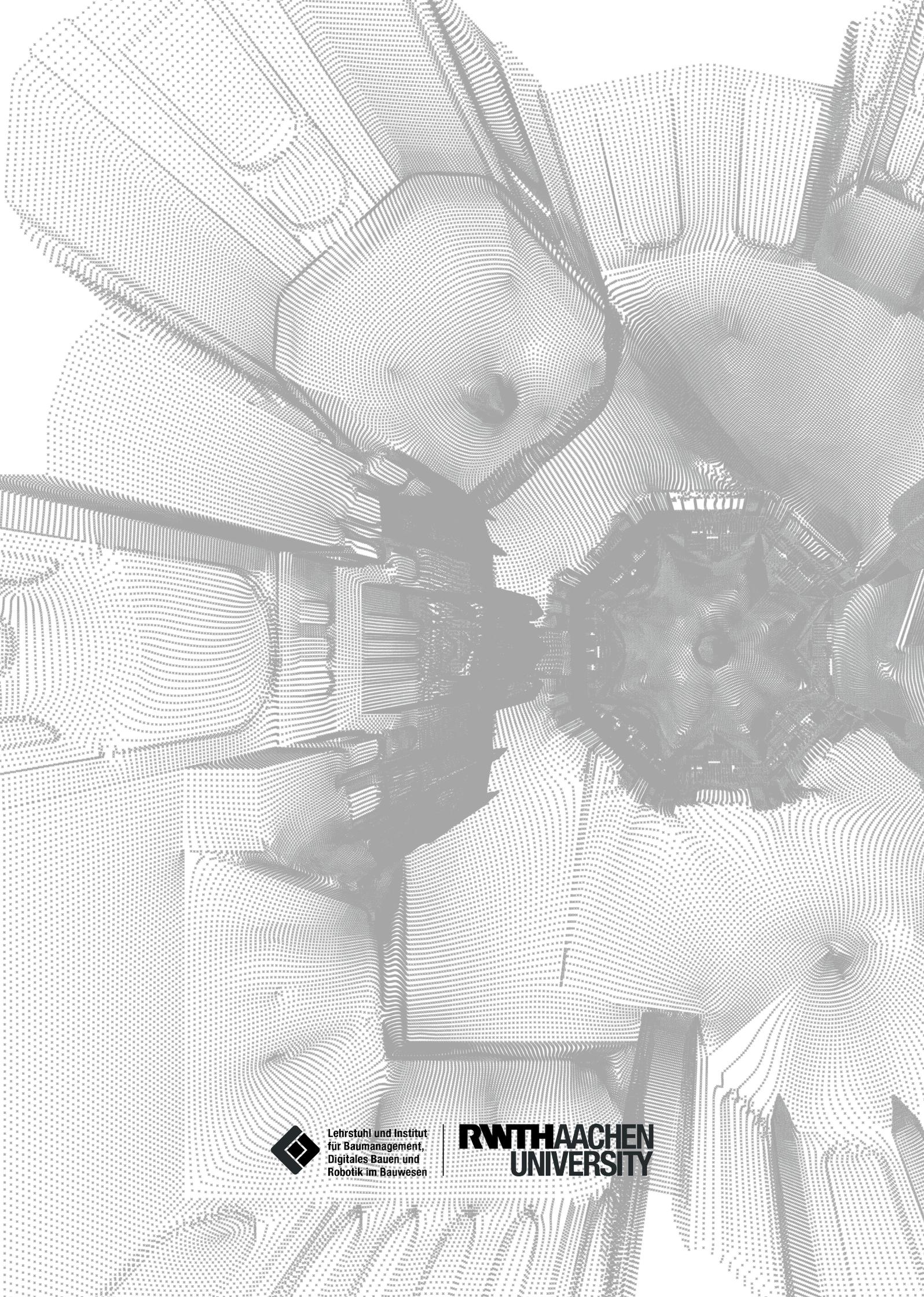
Ergänzend zu den experimentellen Versuchen wird eine numerische Analyse durchgeführt, um zusätzliche Referenzdaten zu generieren. Nach der Machbarkeitsbewertung ist weitere Forschung

nötig, um eine Wirtschaftlichkeitsbetrachtung durchzuführen. In diesem Zusammenhang werden insbesondere die Herstellungskosten einer eingehenden Betrachtung unterzogen.

## 7 Literaturverzeichnis

- [1] S. B. (Destatis), "Baugenehmigungen von Wohn- und Nichtwohnungsgebäuden nach überwiegend verwendeten Baustoffen ab 1980," 2022.
- [2] W. Jeromin, *Gerüste und Schalungen im konstruktiven Ingenieurbau*. Springer, 2017.
- [3] "Traggerüste - Anforderungen, Bemessung und Entwurf," in *DIN EN 12812 | 2008-12*, ed. Deutsches Institut für Normung: DIN EN 12812 | 2008-12, 2012.
- [4] D. G. U. (DGUV), "Arbeitsunfallgeschehen 2020," no. September 2021.
- [5] *Dacharbeiten - Öffnungen und Lichtkuppeln*, B. BAU, 2021.
- [6] BGBau. "Passgenauer Arbeitsschutz." (accessed.
- [7] S. B. (Destatis). "Starke Preisanstiege bei Baustoffen im Jahr 2021." (accessed 15.07, 2023).
- [8] P. GmbH. "Tür- und VARIO Aussparschalung." <https://www.peri.ch/de/produkte/schalungssysteme/komponenten-zubehoer/tueraussparschalung-vario-aussparschalung.html> (accessed.
- [9] M. F. GmbH, "Fixbox Verzahnte Deckenaussparung." [Online]. Available: [http://www.lang-baubedarf.de/fileadmin/BE\\_user/020-FRANK-Fixbox-BR.pdf](http://www.lang-baubedarf.de/fileadmin/BE_user/020-FRANK-Fixbox-BR.pdf).
- [10] R. Gaukel, "Flex-Schalrohr, rechteckig." [Online]. Available: <https://www.robusta-gaukel.com/shop/2-Schalcoerper-fuer-Aussparungen/2-2-Wiedergewinnbare-Schalcoerper/Flex-Schalrohr-rechteckig::522.html>.
- [11] N. Toichi, "Process of constructing culverts or pipes of concrete," ed: Google Patents, 1926.
- [12] *auf pneumatisch gestützten schalungen hergestellte beton schalen*.
- [13] H. Heifetz, "Domecrete Building System (Israel), "Bauen+ wohnen= construction+ habitation= building+ home,"" *Internationale Zeitschrift*, vol. 26, no. 6, pp. 262-263, 1972.
- [14] P. C. van Hennik and R. Houtman, "Pneumatic formwork for irregular curved thin shells," *Textile Composites and Inflatable Structures II*, pp. 99-116, 2008.
- [15] M. Dörstelmann *et al.*, "ICD/ITKE research pavilion 2014–15: Fibre placement on a pneumatic body based on a water spider web," *Architectural Design*, vol. 85, no. 5, pp. 60-65, 2015.
- [16] C. B. Mathews and J. G. Ambrose, "Inflatable core for use in casting hollow concrete units," ed: Google Patents, 1949.
- [17] B. Kromoser and J. Kollegger, "Herstellung von Schalentragerwerken aus Beton mit der "Pneumatic Wedge Method","" *Beton- und Stahlbetonbau*, vol. 109, no. 8, pp. 557-565, 2014, doi: 10.1002/best.201400014.
- [18] P. Stephan, F. Mayinger, K. Schaber, and K. Stephan, *Thermodynamik*. Springer, 1990.

- [19] B. Krüger, "Aufblasbarer Schalungskörper mit Drucksensor," Deutschland, 2021.
- [20] G. C. Lohmeyer, "Schalung—Ausführung und Bemessung," *Stahlbetonbau: Bemessung—Konstruktion—Ausführung*, pp. 633-657, 2004.
- [21] K. Hanses, B. Bielefeld, and C. Ebook Central Academic, *Betonbau (Basics)*. Basel, Schweiz: Birkhäuser (in English ; German), 2015.
- [22] Chemielexikon. [Online]. Available: <https://www.chemie.de/lexikon/Polyvinylchlorid.html>.
- [23] G. W. Ehrenstein, *Faserverbund-Kunststoffe: Werkstoffe-Verarbeitung-Eigenschaften*. Carl Hanser Verlag GmbH Co KG, 2018.
- [24] M. Technologies, "VALMEX® BOAT." [Online]. Available: <https://www.mehler-technologies.com/produkte-archive/inflatable-boat-mainstream/>.
- [25] D. G. Bagnell, "Recent advancements in the development of inflatable multi-hull boats utilizing drop-stitch fabric," in *11th International Conference on Fast Sea Transportation*, 2011.
- [26] Tiwal, "Design-Herstellung." [Online]. Available: <https://tiwal.com/de/tiwal3/design-herstellung/>.
- [27] U. Bosse, "Brücken aus Papier-Statik und Stabilität," *Grundschule aktuell: Zeitschrift des Grundschulverbandes*, no. 119, pp. 21-22, 2012.
- [28] G. Richter, *Akkordeon: Handbuch für Musiker und Instrumentenbauer*. Leipzig: VEB Deutscher Verlag für Musik (in English), 1990.
- [29] Wema, "Kastenbälge." [Online]. Available: <https://www.wema-maschinenschutz.net/produkte/kastenbaelge/kastenbaelge/kastenbalg>.
- [30] A. Mountasir, G. Hoffmann, and C. Cherif, "Development of weaving technology for manufacturing three-dimensional spacer fabrics with high-performance yarns for thermoplastic composite applications: An analysis of two-dimensional mechanical properties," *Textile Research Journal*, vol. 81, no. 13, pp. 1354-1366, 2011.
- [31] P. V. Cavallaro, C. J. Hart, and A. M. Sadegh, "Mechanics of air-inflated drop-stitch fabric panels subject to bending loads," in *ASME International Mechanical Engineering Congress and Exposition*, 2013, vol. 56383: American Society of Mechanical Engineers, p. V009T10A055.
- [32] D. 18202, "Toleranzen im Hochbau—Bauwerke," 2005.



Lehrstuhl und Institut  
für Baumanagement,  
Digitales Bauen und  
Robotik im Bauwesen

**RWTH**AACHEN  
UNIVERSITY