

Shervin Haghsheno, Kunibert Lennerts, Sascha Gentes (Hrsg.)

30. BBB-Assistententreffen 2019 in Karlsruhe

Fachkongress der wissenschaftlichen Mitarbeiter
Bauwirtschaft | Baubetrieb | Bauverfahrenstechnik

30. BBB-Assistententreffen 2019 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)

herausgegeben von
Shervin Haghsheno, Kunibert Lennerts, Sascha Gentes

Institut für Technologie und Management im Baubetrieb (TMB)

Fachgebiet Baubetrieb und Bauprozessmanagement

Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Kfm. Shervin Haghsheno
Am Fasanengarten, Geb. 50.31
76131 Karlsruhe

Fachgebiet Facility Management

Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Wi.-Ing. Kunibert Lennerts
Am Fasanengarten, Geb. 50.31
76131 Karlsruhe

Fachgebiet Rückbau konventioneller und kerntechnischer Bauwerke

Prof. Dr.-Ing. Sascha Gentes
Am Fasanengarten, Geb. 50.31
76131 Karlsruhe

Für den Inhalt der Beiträge sind die Verfasser verantwortlich.

Umschlaggestaltung: ana miguel . graphic and art

Impressum



Karlsruher Institut für Technologie (KIT)
KIT Scientific Publishing
Straße am Forum 2
D-76131 Karlsruhe

KIT Scientific Publishing is a registered trademark
of Karlsruhe Institute of Technology.
Reprint using the book cover is not allowed.

www.ksp.kit.edu



*This document – excluding the cover, pictures and graphs – is licensed
under a Creative Commons Attribution-Share Alike 4.0 International License
(CC BY-SA 4.0): <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/deed.en>*



*The cover page is licensed under a Creative Commons
Attribution-No Derivatives 4.0 International License (CC BY-ND 4.0):
<https://creativecommons.org/licenses/by-nd/4.0/deed.en>*

Print on Demand 2019 – Gedruckt auf FSC-zertifiziertem Papier

ISBN 978-3-7315-0906-6

DOI 10.5445/KSP/1000091800

Grußwort zum 30. BBB-Assistententreffen in Karlsruhe

Das BBB-Assistententreffen fördert und fordert in diesem Jahr zum 30. Mal den Austausch von wissenschaftlichen Mitarbeitern in den Bereichen Bauwirtschaft, Baubetrieb und Bauverfahrenstechnik. Nach reger Teilnahme unserer Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter an den Treffen der vergangenen Jahre freuen wir uns besonders, das Jubiläumstreffen am Institut für Technologie und Management im Baubetrieb (TMB) am Karlsruher Institut für Technologie (KIT) ausrichten zu dürfen. Wir heißen Sie, liebe wissenschaftliche Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, herzlich willkommen an unserem Institut und in der Fächerstadt Karlsruhe.

Das TMB hat sich seit der Gründung im Jahr 1967 zu einem leistungsstarken Institut entwickelt, das mit seinen drei Professuren den gesamten Lebenszyklus von Bauwerken in Forschung und Lehre abdeckt:

- Das Fachgebiet Baubetrieb und Bauprozessmanagement befasst sich mit Führungs-, Projektmanagement-, Wertschöpfungs- und Unterstützungsprozessen im Zusammenhang mit der Entwicklung, Planung und Realisierung von Bauvorhaben.
- Die Professur Facility Management wurde im Jahr 2000 als deutschlandweit erste Universitätsprofessur in ihrem Fachgebiet gegründet. Schwerpunkte liegen u.a. in Nachhaltigkeits- und Digitalisierungsstrategien, in Instandhaltungs- und Bewirtschaftungsstrategien, im Bereich Bauen im Bestand und energetischer Sanierung.
- Der Fachbereich Rückbau konventioneller und kerntechnischer Bauwerke erforscht Themenfelder wie beispielsweise recyclinggerechter Rückbau, maschinelle Abbruchverfahren und die automatisierte Trennung von gefährlichen und nicht gefährlichen Abfällen.

Im Rahmen des BBB-Assistententreffens laden wir Sie ein, den Austausch mit den anderen Teilnehmern zu nutzen, um ebenfalls Ihren Blick für den gesamten Lebenszyklus von Bauwerken zu erweitern. In einer von Globalisierung und digitaler Transformation geprägten Welt gewinnt der sprichwörtliche Blick über den Tellerrand zunehmend an Relevanz für die Ausrichtung Ihrer eigenen Forschungsarbeiten.

Wir danken Ihnen, liebe Teilnehmerinnen und Teilnehmer, für Ihre aktive Mitwirkung an der inhaltlichen und thematischen Gestaltung dieses Kongresses und danken den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern unseres Instituts für die organisatorische Ausrichtung des Treffens. Des Weiteren danken wir den Sponsoren, die das Assistententreffen in diesem Format ermöglichen.

Wir wünschen Ihnen aufschlussreiche und schöne Tage auf dem 30. BBB-Assistententreffen in Karlsruhe.



Prof. Dr. Shervin Haghsheno

*Fachgebiet Baubetrieb und
Bauprozessmanagement*



Prof. Dr. Kunibert Lennerts

Fachgebiet Facility Management



Prof. Dr. Sascha Gentes

*Fachgebiet Rückbau konventioneller
und kerntechnischer Bauwerke*

Inhaltsverzeichnis

Vorhersage des Injektionsvolumens einer Tunnelbaustelle unter Verwendung von Markov Ketten.....	6
Jan Onne Backhaus	
Grundlagen der Wertanalyse und deren Anwendung in deutschen Bauprojekten	24
Natalia Bienkowski	
Forschungsvorhaben: Entwicklung einer LEAN-Methodik zur wirtschaftlichen Optimierung der Produktionsprozesse im offenen Kanalbau	40
William Brenk	
Analyse und Darstellung wesentlicher Bestandteile von Projektentwicklungsformen im Bauwesen	54
Maximilian Budau, Dennis Mayer	
Identifikation, Analyse und Vergleich von Reifegradmodellen für Building Information Modeling (BIM).....	70
Maximilian Deubel, Julian Halter	
Entscheidungsmodell zur vereinfachten Bewertung des Planungs- und Betriebsaufwands von sicherheitsrelevanten Anlagen in Bauprojekten	88
Dirk Goßmann	
Entwicklung eines Tools zur Prognose und Optimierung der Lebenszykluskosten von Bürogebäuden in der Planungsphase	102
Kristina Heim, Nils-Magnus Wasser, Dennis Aldenhoff	
Berücksichtigung von Cradle-to-Cradle bei der Berechnung von Lebenszykluskosten.....	118
Christiane Hirzel, Anton Dorozhkin	

Aufbereitung von Carbonbetonabbruchmaterial.....	132
Florian Kopf, Jan Kortmann	
Herausforderungen öffentlicher Auftraggeber bei der Vergabe von Bauleistungen.....	146
Caroline Kothes	
Inkonsistente Projektdatenbasis trotz Big Open BIM-basierter Arbeitsweise in der Bauprojektanbahnung	160
Ralf Krüger	
Unstimmigkeiten der Formblätter Nr. 221 und Nr. 222 des Vergabehandbuches des Bundes in Bezug auf die Kalkulationspraxis der Einzelkosten der Teilleistungen.....	176
Martin Lücke	
Chancen zirkulärer Geschäftsmodelle für die Bauwirtschaft	192
Sven Mackenbach	
Vergleich praxisrelevanter Auftraggeber-Informationsanforderungen für Infrastrukturprojekte unter Verwendung von BIM-Methoden in Deutschland	204
Martina Mellenthin Filardo	
Zeitliche Einflussfaktoren auf die Fertigstellung von Bauprojekten – Ein Status Quo aktueller Forschungsschwerpunkte	218
Svenja Oprach, Maximilian Budau	
Die BIM-basierte Baugenehmigungsprüfung – eine Grundlagenbetrachtung.....	234
Judith Ponnewitz	
Analyse und Bewertung von Konfliktlösungsmechanismen im Rahmen der Projektanbahnungsform Integrated Project Delivery (IPD) im Bauwesen.....	248
Ana Schilling Miguél, Maren Schneider, Maximilian Budau	

Herausforderungen und Ansätze zur integrierten Risiko- und Kostensteuerung bei Bauprojekten.....	266
Julian Schütte	
Die qualitative Inhaltsanalyse als Bestandteil ingenieurwissenschaftlicher Forschungsansätze.....	290
Natalie Simon	
Wirksamkeit von verhaltensökonomischen Phänomenen in der Bauindustrie	304
Dominik Waleczko	
Ein Modell zur automatisierten Datenerfassung und Abbildung der Leistung im Infrastrukturbau	320
Tino Walther	
Erhöhung der Kooperation bei Bauprojekten auf Grundlage der Informations- und Mitwirkungspflicht gemäß VOB/B	340
Arthur Weigl, Georg Bernat	
Potenziale von BIM in Verbindung mit Constraint Solving Techniken im Rahmen der Evaluation am Beispiel eines Fabrikanpassungsprozesses.....	356
Kai Christian Weist, Lisa Theresa Lenz	
Subjektive Einflüsse bei der Zustandsbewertung von Ingenieurbauwerken	374
Cornell Weller	

Vorhersage des Injektionsvolumens einer Tunnelbaustelle unter Verwendung von Markov Ketten

Jan Onne Backhaus

Jan Onne Backhaus, Geotechnik und Baubetrieb, Technische Universität Hamburg, Deutschland

Kurzfassung

Dieser Beitrag beschäftigt sich mit der Vorhersage von Injektionsvolumina im Tunnelbau unter Verwendung von Markov Ketten. Hierzu wird die Fähigkeit des Baugrundes das Injektionsmittel aufzunehmen, mit einer Markov Kette modelliert. Der Kern der Markov Kette wurde unter Verwendung von realen Baustellendaten berechnet. Diese wurden durch die Firma Renesco GmbH und eguana GmbH baubegleitend erhoben und digitalisiert. Es zeigt sich, dass Markov Ketten für das betrachtete Baustellenszenario geeignet sind, um Vorhersagen über das anzunehmende Injektionsvolumen zu treffen. Der Einfluss variierender Stichprobengrößen und Vorhersagezeiträume wird diskutiert.

Inhalt

1	Einführung	8
2	Baustelle	8
3	Markov Ketten	10
4	Simulation	11
4.1	Methode	11
4.2	Stichprobenumfang	12
5	Ergebnisse	12
5.1	Vorhersagegenauigkeit über den gesamten Projektzeitraum.....	12
5.2	Vorhersagegenauigkeit über variierenden Vorhersage- zeitraum d bei vollem Stichprobenumfang	14
5.3	Vorhersagegenauigkeit bei reduziertem Stichprobenumfang s ..	16
6	Fazit	19
7	Danksagung	20
	Literatur	21

1 Einführung

In der Geotechnik führt der nur schwer erkundbare Baugrund häufig zu erheblichen Nachtragsforderungen. Es ist deshalb wünschenswert, die während des Bauablaufes anfallenden Daten über den Baugrund zu nutzen, um bereits während der Bauausführung zuverlässige Aussagen über die zu erwartenden Baumassen treffen zu können. Der aktuelle Trend zur Digitalisierung von Baustellen schafft zunehmend Datenbanken aktueller Bauprozessdaten. Diese lassen sich rechnergestützt auswerten, um wesentlich genauere Vorhersagen bei geringerem Arbeitsaufwand zu berechnen, als dies zuvor mit händischen Methoden möglich war.

In diesem Artikel wird eine Methode für die Massenvorhersage bei chemischen Injektionen im Tunnelbau vorgestellt. Die Methode verwendet durch die Firma eguana (vgl. Eguana 2019) baubegleitend aufgenommene Prozessdaten einer Renesco (vgl. Renesco 2019) Baustelle. Auf dieser werden Injektionen vorgenommen, um das längsläufige Eindringen von Wasser in einen ein Tunnelbauwerk partiell umgebenden, anhydritführenden Gipskeuper zu verhindern. (vgl. Sabew et al. 2019, S. 23 f.) Die verwendete Methode wurde für das am Institut für Geotechnik und Baubetrieb der Technischen Universität Hamburg entwickelte MATLAB Programm GBPlan implementiert. GBPlan ist ein sich aktuell in der Entwicklung befindliches Bauvorhersage und Bauprozessoptimierungswerkzeug (vgl. Backhaus 2018, S. 23 ff.; Backhaus und Grabe 2018, S. 247 ff.).

2 Baustelle

Der in diesem Beitrag untersuchte, etwa 450 m lange Baustellenabschnitt ist Teil einer 3,2 km langen Tunnelbaustelle. Diese wird von mehreren Injektionseinheiten, in Containern die auf LKWs montiert sind, durchfahren. Jeder der Container enthält bis zu drei Injektionspumpen. Die Planung sieht vor, nur in Bereichen des anhydritführenden Gipskeupers zu injizieren. Verpresst wird ein Acrylatgel (vgl. TPH 2019) dessen Aufgabe es ist, den Tunnel partiell umgebenden, anhydritführenden Gipskeuper, vor dem Eindringen von Feuchtigkeit zu schützen. Anhydrit vergrößert sein Volu-

men bei dem Kontakt mit Wasser um mehr als 50 %. Die hierbei entstehenden Kräfte können zu erheblichen Schäden an dem Tunnelbauwerk führen (vgl. Sabwe et al. 2019, S. 24 f.).

Der Tunnel ist in Längsrichtung in Abschnitte von 1 m unterteilt. Jeder dieser Ringe wird im Pilgerschrittverfahren mit Injektionen im Abstand von etwa 1 m verpresst. Abbildung 2.1 zeigt beispielhaft einen Querschnitt des Tunnels mit den dazugehörigen Injektionsbohrungen.

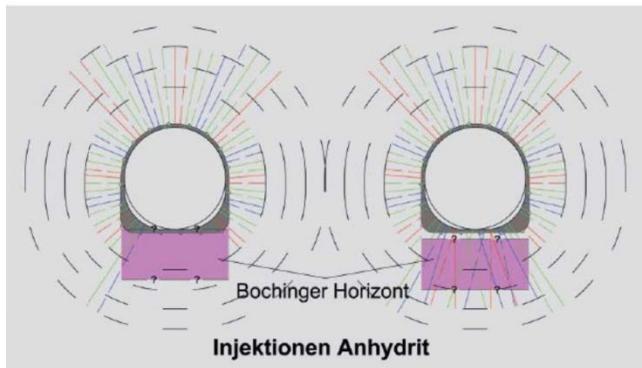


Abbildung 2.1: Tunnelquerschnitt mit Darstellung der Injektionstiefen. (Quelle: WBI GmbH, Auszug aus Ausführungsplanung, entnommen aus Sabwe et al. 2019, S. 25, Bild 2)

Verpresst wird nach einem auf die Grouting Intensity Number Methode (GIN-Methode) zurückgehenden Verfahren. Bei der GIN Methode wird basierend auf den Prozessdaten bereits abgeschlossener Injektionen entschieden, ob weitere Injektionen notwendig sind. Der Abbruch einer Injektion erfolgt entweder nach dem Erreichen eines definierten Injektionsdruckes oder einer Injektionsintensität. Letztere wird auch als GIN-Wert bezeichnet und beschreibt die in den Felsen durch die Injektion eingeleitete Energie. Die GIN-Methode soll ein Aufreißen des Felsens verhindern, indem das gleichzeitige Auftreten von hohen Injektionsvolumina und hohen Injektionsdrücken verhindert wird (vgl. Lombardi 1997; Lombardi und

Deere 1993, S. 3 ff.). Das von der Renesco GmbH verwendete Verfahren wurde auf die geologischen Gegebenheiten des Tunnels angepasst. Verpresst wird mit einem vordefinierten Maximaldruck p von 5 bar. Die Injektion ist erfolgreich, wenn das verpresste Injektionsvolumen ein vordefiniertes Maximum erreicht (beispielsweise 100 Liter) oder es über einen Zeitraum von 300 Sekunden einen vorgegebenen Schwellwert (beispielsweise 0,5 Liter) nicht überschreitet. Gelingt es nicht das Zeit-Druck Kriterium einzuhalten, wird die Injektion abgebrochen und das Bohrloch ein weiteres Mal beaufschlagt.

Für den Bauablauf bedeutet dieses Vorgehen, dass das gleiche Bohrloch mehrfach beaufschlagt werden kann. Dies geschieht zum Beispiel, wenn die Injektionskriterien nicht erreicht werden oder es zu einem Fehler, beispielsweise dem Austritt des Injektionsmittels an der Spritzbetonschale des Tunnels oder Problemen bei der Pumpe bzw. deren Steuerung, kommt. Da vor Baubeginn nur sehr ungenaue Daten über den Baugrund vorliegen und dessen Störung durch die vorangegangene Herstellung des Hohlraumes schwer vorhersagbar ist, ist auch eine Abschätzung des zu verpressenden Injektionsvolumens bisher nur unter Akzeptanz einer großen Ungenauigkeit in dem Vorhersageergebnis möglich.

3 Markov Ketten

Mit Markov Ketten lassen sich aufeinander folgenden Zuständen berechnen. Hierbei hängt jeder Zustand immer nur von seinem vorangehenden Zustand ab. Der Übergang von Zustand z_i in den Zustand z_{i+1} wird durch den *Kern* beschrieben. Dieser nimmt in diskreten Fällen die Form einer Übergangsmatrix $K = m \times m$ an, wobei m der Anzahl der möglichen Zustände entspricht und das k_{ij} Element in K die Wahrscheinlichkeit beschreibt, dass ein Zustand j auf einen Zustand i folgt. Entsprechend ist die Summe der Übergangswahrscheinlichkeiten einer Zeile gleich eins, beziehungsweise $\sum_{j=1}^n k_{ij} = 1$. Damit eignen sich Markov Ketten insbesondere, um auf der Basis einer Stichprobe eine Reihe von Zustandsfolgen abzubilden, deren Verteilung jener der Stichprobe entspricht. (vgl. Robert und Casella 2004, S. 205 ff.)

Markov Ketten finden im Bauingenieurwesen vor allem bei der Optimierung von Wartungsprozessen und im Life-Cycle Management Anwendung (vgl. Mohseni et al. 2017, Possan und Andrade 2014, Bocchini et al. 2013, Kobayashi et al. 2012, Kallen 2007, Touran 1997). Younes et al. (2015) verwenden Markov Ketten zur Untersuchung von Fakturierungsprozessen großer Bauprojekte. Vargas et al. (2014) verwenden eine Markov Ketten Monte Carlo Simulation zur Vorhersage der Bauzeit im Tunnelbau bei klassischem Sprengvortrieb. Yu et al. (2017) führen eine Risikoanalyse für die Bauzeitevorschau im Tunnelbau durch. Ein auf Markov Ketten basierender Ansatz zur Abschätzung der geologischen Eigenschaften von Tunnelbauwerken während der Planungsphase wird von Lu et al. (2018) vorgestellt.

4 Simulation

4.1 Methode

Die Simulation wird durch das sich momentan noch in der Entwicklung befindlichen Tool GBPlan, das am Institut für Geotechnik und Baubetrieb entwickelt wird, durchgeführt. GBPlan analysiert zunächst die als Textdatei im csv Format vorliegenden Eingabedaten hinsichtlich der in jeder Beaufschlagungsstufe verpressten Menge an Injektionsmittel. In dem untersuchten Zeitraum wurde jedes Bohrloch bis zu sieben Mal verpresst. Die Menge an in den Fels gepressten Injektionsmittel variiert mit der Anzahl der Beaufschlagungen. Entscheidend für die im Verlaufe der Erstellung des Bauwerks verpressten Mengen an Injektionsmittel ist neben der Anzahl der zu verpressenden Bohrlöcher auch die Anzahl der nötigen Beaufschlagungen. Diese werden unter Verwendung einer Markov Kette berechnet. Hierzu werden die Injektionsvorgänge auf jeder Beaufschlagungsstufe, das heißt die Anzahl der Bohrungen, die einmal, zweimal, usw. beaufschlagt wurden, gezählt und in den Kern umgerechnet. Dieser bildet die Originalverteilung der Stichprobe, das heißt der bisher gemessenen Injektionen, ab. Für jede Berechnung wird unter Verwendung des Kerns ein neues Injektionszenario auf der Basis der beobachteten Stichprobe berechnet. Das zu erwartende Injektionsvolumen wird dann über das Multiplizie-

ren der berechneten Injektionsstufen mit dem Mittelwert jeder Injektionsstufe berechnet.

4.2 Stichprobenumfang

Simuliert wird ein Projektzeitraum von etwa 5 Monaten. Innerhalb dieses Zeitraumes wurden 4631 Bohrlöcher injiziert.

5 Ergebnisse

5.1 Vorhersagegenauigkeit über den gesamten Projektzeitraum

Zur Berechnung der Vorhersagegenauigkeit über den gesamten verbleibenden Projektzeitraum berechnet GBPlan nach jeweils i Injektionen eine Vorhersage basierend auf den gemessenen Injektionsvolumina und der Anzahl der Beaufschlagungen der bereits durchgeführten Injektionen. Die in Abbildung 5.1 dargestellten Werte zeigen das vorhergesagte Injektionsvolumen im Verhältnis zu dem gemessenen Volumen auf der Ordinate nach i injizierten Bohrlöchern (Abszisse). Die Kurve *mean* zeigt das Ergebnis unter Verwendung des Mittelwertes. Während die erste Vorhersage, die auf einer Stichprobe von 50 Bohrungen berechnet wurde, noch eine geringe Abweichung gegenüber dem gemessenen Werte zeigt, vergrößert sich der Fehler schnell auf bis zu 45 % ($1 - 0,55$ bei einer Stichprobengröße von 1250 Bohrungen). Im Folgenden nimmt der Fehler ab, bis das Injektionsvolumen nach etwa 3250 Bohrungen überschätzt wird. Um auszuschließen, dass einzelne Extremereignisse die Vorhersage übermäßig beeinflussen, wurden zwei weitere Vorhersagereihen berechnet. Die Kurve *trimmean05* zeigt die Vorhersage unter Verwendung eines Mittelwertes für dessen Berechnung 5 % der Extremwerte, das heißt der betragsmäßig größten Ereignisse, unberücksichtigt bleiben. Bei der Kurve *trimmean15* werden für die Mittelwertberechnung sogar 15 % der Extrema aus der Stichprobe gestrichen. Hierdurch kommt es zum einen bei frühen Vorhersagen zu einer Vergrößerung des Vorhersagefehlers, was darauf schließen lässt, dass der Fehler nicht das Resultat einiger weniger Ausreißer bei der Messung ist,

sondern den sich über den Baufortschritt ändernden Baugrund abbildet. Zum anderen führt das entfernen der Extrema über alle Stützstellen zu einem geringeren Vorhersagevolumen. Da keine negativen Massen injiziert werden können, werden durch das Ausschließen von Extrema vor allem positive Ausreißer erfasst, was dieses Verhalten erklärt.

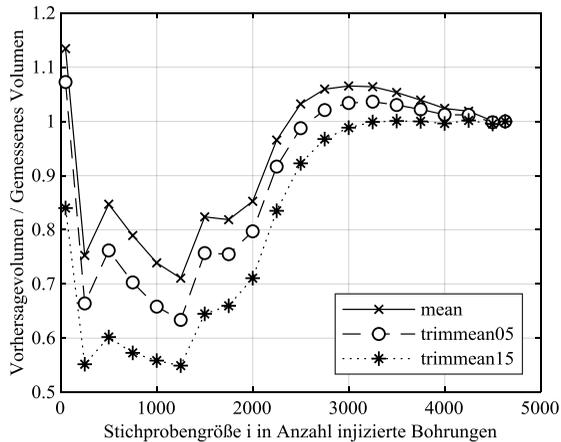


Abbildung 5.1: Vorhersagegenauigkeit nach i injizierten Bohrungen.

Auch wenn das Vorhersageergebnis sich mit zunehmendem Baufortschritt verbessert, scheint es nur bedingt geeignet, um die zu erwartenden Baumassen für das Gesamtbauwerk vorher zu sagen. Der Grund hierfür ist vor allem der, sich über das Bauwerk nicht homogen verhaltende, Baugrund, der mit zunehmender Tunnellänge zu einem mit dieser in seiner Größe positiv korrelierenden Fehler führt.

5.2 Vorhersagegenauigkeit über variierenden Vorhersagezeitraum d bei vollem Stichprobenumfang

Da ein kürzerer Vorhersagezeitraum gewohnheitsmäßig auch zu einem kleineren Fehler führt, stellt sich die Frage, bis zu welchem Vorhersagezeitraum d sich für die Bauplanung nützliche Injektionsmengen vorhersagen lassen. Abbildung 5.2 zeigt das vorhergesagte Volumen V_i bei Bohrung i im Verhältnis zu dem gemessenen Gesamtinjektionsvolumen V_{gesamt} . Die in roter Farbe dargestellte Kurve $d=0$ zeigt das Injektionsvolumen bei einem Vorhersagezeitraum von 0 Bohrungen, das heißt das tatsächlich verpresste Injektionsvolumen nach i fertig injizierten Bohrungen. Die weiteren Kurven zeigen das Vorhersagevolumen für einen Vorhersagezeitraum von d Bohrungen. Die kleinste verwendete Stichprobe enthält 50 Bohrungen. Entsprechend wurde der erste Messwert für $d=1500$ für die Bohrung 1550 ermittelt. Wie zu erwarten, liefern Vorhersagen mit kleineren Vorhersagezeiträumen d Ergebnisse, die näher an dem tatsächlichen Injektionsvolumen liegen.

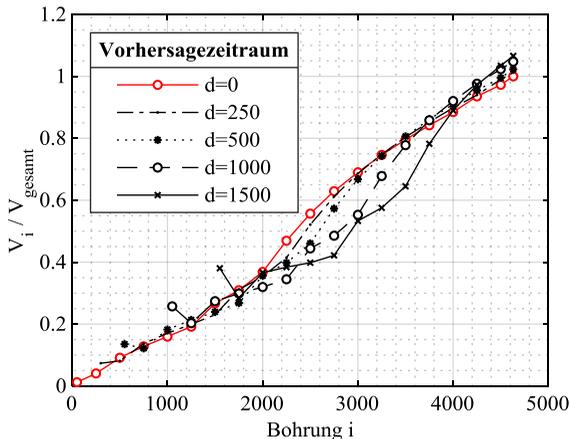


Abbildung 5.2: Vorhersage des gesamten injizierten Volumens bei Bohrung i bei einem Vorhersagezeitraum von d Bohrungen.

Abbildung 5.3 zeigt die Abweichungen der Vorhersagen von dem tatsächlichen Wert in Prozent.

Unter der Annahme von 40 fertig injizierten Bohrungen pro Tag entspricht ein Vorhersagezeitraum von 250 Bohrungen in etwa einer Arbeitswoche. Für diesen Zeitraum weicht die Vorhersage maximal 9,5 % von den real verbauten Mengen ab. Erwartungsgemäß steigt dieser maximale Fehler mit zunehmender Länge des Vorhersagezeitraums und erreicht bei $d=1500$ einen Wert von etwa -21 %. In dem untersuchten Projektzeitraum werden die Injektionsmengen basierend auf den Stichprobendaten fast durchgehend unterschätzt.

Tabelle 5.1 zeigt die Mittlere, absolute Abweichung über alle Stützstellen für die vier in Abbildung 5.3 dargestellten Vorhersagekurven. Unter der Annahme von etwa 40 fertigen Injektionen pro Tag und einer 6-Tage Woche würde sich die verwendete Methode bei der Monatsvorhersage für das untersuchte Szenario im Schnitt um 6 % verschätzen; bei der Wochenvorhersage sogar nur um 1,6 %.

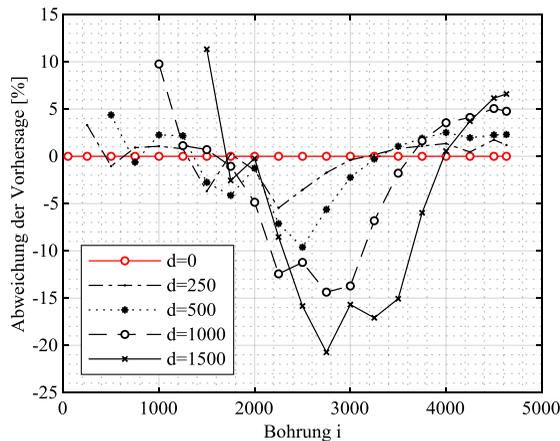


Abbildung 5.3: Abweichung der Vorhersage des Injektionsvolumens zum Zeitpunkt der Bohrung i bei einem Vorhersagezeitraum von d Bohrungen. Die verwendete Stichprobe umfasst alle bereits durchgeführten Injektionen.

Tabelle 5.1: Mittlere, absolute Abweichung über alle Stützstellen

	d = 250	d = 500	d = 1000	d = 1500
s = i-d	1,6 %	3,0 %	6,1 %	9,3 %

5.3 Vorhersagegenauigkeit bei reduziertem Stichprobenumfang s

Der Baugrund verändert sich bedingt durch die Genese zwar über die gesamte Tunnellänge, jedoch bleibt er innerhalb dieser Abschnittsweise gleich. Dies hat zu Folge, dass eine größere Stichprobe bei begrenztem Vorhersagezeitraum nicht zu einer Verbesserung des Vorhersageergebnisses führen muss. Abbildung 5.4 bis Abbildung 5.7 zeigen die Abweichung des Vorhersageergebnisses bei variierender Stichprobengröße s . Tabelle 5.2 zeigt die Summe der absoluten Fehler der berechneten Vorhersagen für alle Kombinationen aus Vorhersagezeitraum d und Stichprobenumfang s . Im Vergleich zu Abbildung 5.3 fällt auf, dass eine Verringerung des Stichprobenumfangs eine leicht glättende Wirkung hat. Die Extrema der Vorhersagefehler liegen näher an der Nulllinie. Gleichzeitig nimmt jedoch der mittlere, absolute Fehler über alle Stützstellen zu (siehe Tabelle 5.2). Bis zu einer Stichprobengröße von $s=1500$ wirkt sich eine Verringerung dieser positiv auf das Vorhersageergebnis bis $d=1500$ aus und nähert sich dem Ergebnis der maximal möglichen Stichprobe an (Tabelle 5.1).

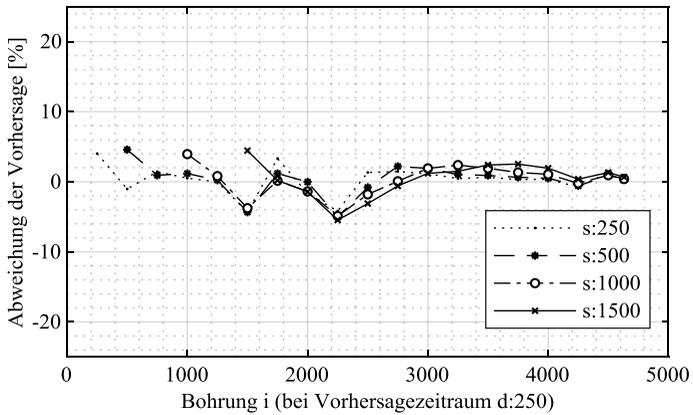


Abbildung 5.4: Abweichung der Vorhersage des Injektionsvolumens zum Zeitpunkt der Bohrung i bei einem Vorhersagezeitraum von $d=250$ Bohrungen. Die Größe der verwendeten Stichprobe s variiert.

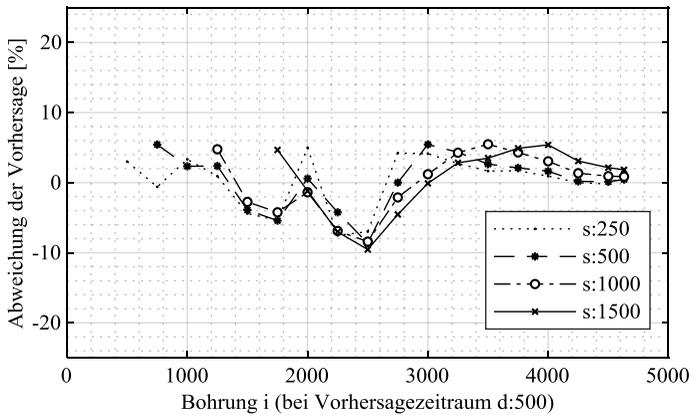


Abbildung 5.5: Abweichung der Vorhersage des Injektionsvolumens zum Zeitpunkt der Bohrung i bei einem Vorhersagezeitraum von $d=500$ Bohrungen. Die Größe der verwendeten Stichprobe s variiert.

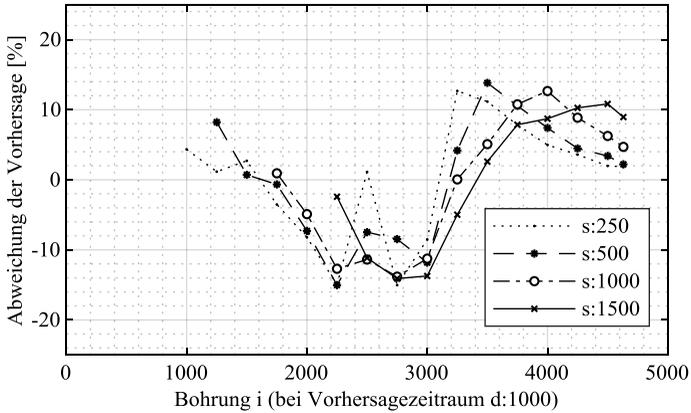


Abbildung 5.6: Abweichung der Vorhersage des Injektionsvolumens zum Zeitpunkt der Bohrung i bei einem Vorhersagezeitraum von $d=1000$ Bohrungen. Die Größe der verwendeten Stichprobe s variiert.

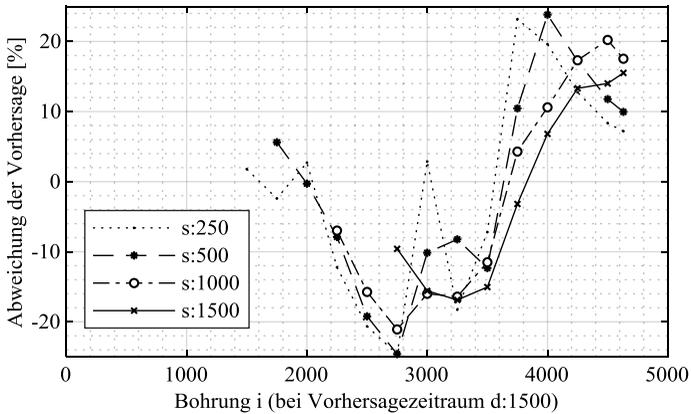


Abbildung 5.7: Abweichung der Vorhersage des Injektionsvolumens zum Zeitpunkt der Bohrung i bei einem Vorhersagezeitraum von $d=1500$ Bohrungen. Die Größe der verwendeten Stichprobe s variiert.

Tabelle 5.2: Mittlere, absolute Abweichung für alle Kombinationen aus Stichprobenumfang s und Vorhersagezeitraum d

	$d = 250$	$d = 500$	$d = 1000$	$d = 1500$
$s = 250$	1,50%	3,00%	6,40%	11,70%
$s = 500$	1,50%	2,90%	7,10%	12,40%
$s = 1000$	1,70%	3,50%	8,00%	14,30%
$s = 1500$	1,90%	3,90%	8,70%	12,20%

6 Fazit

Die verwendete Methode ist geeignet, um das Injektionsvolumen für das untersuchte Szenario vorherzusagen. Die Monatsvorhersage ($d=1000$) schätzt das Volumen im Schnitt mit einem Fehler von 6,4 %. Bis zur 6-Wochenvorhersage ($d=1500$) scheint sich eine Verringerung der Stichprobengröße positiv auf das durchschnittliche Vorhersageergebnis auszuwirken. Eine Vorhersage des über alle Bohrungen injizierten Volumens ist insbesondere zu Beginn des Untersuchungsraumes nur unter Akzeptanz großer Abweichungen von fast 45 % möglich.

Die vorgestellten Ergebnisse zeigen, dass sich Markov Ketten grundsätzlich für die Baumassenvorhersagen eignen. In wie weit sich diese auch in anderen Bauszenarien bewähren soll in weitere Studien untersucht werden.

7 Danksagung

Die Entwicklung von GBPlan wird insbesondere durch die Bereitstellung von auf Baustellen erhobenen, digitalen Daten ermöglicht. Für die Bereitstellung dieser Daten und die damit verbundene Offenheit bei der Unterstützung der Forschung gilt insbesondere Herrn Sewerin Sabew von der Renesco GmbH sowie Herrn Philipp Maroschek von der Eguana GmbH mein besonderer Dank.

renesco[®]
Geotechnik



Literatur

- Backhaus, J. O. (2018): Digitale Optimierung der Bauplanung. In: Schwerdtner, P. und Kessel, T. (Hrsg.): Tagungsband zum 29. BBB – Assistententreffen. Braunschweig, S. 23 - 33.
- Backhaus, J. O.; Grabe, J. (2018): Numerische basierte Prozessanalyse. In: Jürgen Grabe (Hrsg.): Workshop Digitale Infrastruktur und Geotechnik. Hamburg, S. 247 - 264.
- Bocchini, P.; Saydam, D.; Frangopol, D. M. (2013): Efficient, accurate, and simple Markov chain model for the life-cycle analysis of bridge groups. In: Structural Safety, Vol. 40, S. 51 - 64.
- Eguana (2019): Firmenwebsite. eguana GmbH. <https://eguana.at> [Zugriff am 20.04.2019].
- Kallen, M.-J. (2007): Markov processes for maintenance optimization of civil infrastructure in the Netherlands. Delft, Delft University of Technology, Dissertation.
- Kobayashi, K.; Kaito, K.; Lethanh, N. (2012): A Bayesian Estimation Method to Improve Deterioration Prediction for Infrastructure System with Markov Chain Model. In: International Journal of Architecture, Engineering and Construction, Vol. 1, Iss. 1, S. 1 - 3.
- Lombardi, G. (1997): GIN principle revisited. In: International Water Power and Dam Construction, Vol. 10, S. 33 - 36.
- Lombardi, G.; Deere, D. (1993): Grouting design and control using the GIN principle. In: International water power & dam construction, Vol. 46, S. 15 - 22.
- Lu, H.; Kim, E.; Gutierrez, M. (2018): A Markovian Rock Mass Quality Q-based Prediction Model for Tunneling. In: 52nd US Rock Mechanics / Geomechanics Symposium, Seattle, WA.
- Mohseni, H.; Setunge, S.; Zhang, G.; Wakefield, R. (2017): Markov process for deterioration modeling and asset management of community build-

- ings. In: *Journal of Construction Engineering and Management*, Vol. 143, S. 1 - 12.
- Possan, E.; Andrade, J. J. d. O. (2014): Markov Chains and Reliability Analysis for Reinforced Concrete Structure Service Life. In: *Material Research*, Vol. 17, S. 593 - 602.
- Renesco (2019): Firmenwebsite. Renesco GmbH. <https://www.renesco.com> [Zugriff am 20.04.2019].
- Robert, C. P.; Casella, G. (2004): *Monte Carlo Statistical Methods*. 2. Auflage, Springer, New York, NY.
- Sabew, S.; Piras, F.; Tintelnot, G.; Engels, M.; Maroschek, P. (2019): Automatisierung und Digitalisierung chemischer Injektionen zum Abdichten von anhydritführendem Gebirge. In: *Geo Rousources*, Vol. 1, S. 24 - 29.
- Touran, A. (1997): Probabilistic Model for Tunneling Project using Markov Chain. In: *Journal of construction engineering and management*, Vol. 123, Iss. 12, S. 444 - 449.
- TPH (2019): Rubbertite Technisches Datenblatt Stand 17.05.2018. TPH Bausystem GmbH. http://www.tph-bausysteme.com/fileadmin/templates/images/datenblaetter-deutsch/TD_RUBBERTITE_de.pdf [Zugriff am 19.04.2019].
- Vargas, J. P.; Koppe, J. C.; Pérez, S. (2014): Monte Carlo simulation as a tool for tunneling planning. In: *Tunnelling and Underground Space Technology*, Vol. 40, S. 203 - 209.
- Younes, B.; Bouferguène, A.; Al-Hussein, M.; Yu, H. (2015): Overdue Invoice Management: Markov Chain Approach. In: *Journal of Construction Engineering and Management*, Vol. 141, Iss. 1.
- Yu, J.; Zhong, D.; Ren, B.; Tong, D.; Hong, K. (2017): Probabilistic Risk Analysis of Diversion Tunnel Construction Simulation. In: *Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering*, Vol. 32, S. 748 - 771.

Grundlagen der Wertanalyse und deren Anwendung in deutschen Bauprojekten

Natalia Bienkowski

Natalia Bienkowski, Institut für Baubetriebswesen, TU Dresden, Deutschland

Kurzfassung

Kostenkontrolle und Kostensenkung sind zentrale Themen bei Bauprojekten. Eine besondere Möglichkeit hierzu ist die Wertanalyse. Im Vordergrund der Methode steht der „Wert“, welcher für das Verhältnis von befriedigten Bedürfnissen zu eingesetzten Ressourcen steht. Die Bedürfnisse des Bauherrn werden, kurzgefasst, in Funktionen „übersetzt“ und deren Kosten jeweils ermittelt. Damit können nicht benötigte Funktionen des Bauwerks eliminiert und für benötigte Funktionen eine Lösung mit geringerem Ressourcenverbrauch ausgearbeitet werden. So werden die Kosten interessengerecht gesenkt, ohne Bedürfnisse einzuschränken. In Amerika ist die Anwendung der Methode bei bestimmten öffentlichen Bauprojekten gesetzlich vorgeschrieben. Dagegen hat sie in Deutschland im Rahmen von Bauprojekten bisher nur wenig Anklang gefunden. Durch die mittlerweile weiter verbreitete kooperative Vertragsabwicklung könnte sich dies zukünftig ändern.

Inhalt

1	Problemstellung	26
2	Wertanalyse	26
2.1	Entstehung und Definition der Wertanalyse.....	26
2.2	Ziel und Methoden des Value Management.....	27
2.3	Ablauf und Wirkung der Wertanalyse.....	28
3	Anwendung der Wertanalyse in Bauprojekten	33
3.1	Verbreitung	33
3.2	Herausforderungen und fragliche Punkte	34
4	Zusammenfassung und Ausblick	35
	Literatur.....	37

1 Problemstellung

Nach einer Studie der Hertie School of Governance weisen Infrastruktur-Großprojekte in Deutschland eine Kostensteigerung von 73 % auf (vgl. Kostka und Anzinger 2015, S. 1). Diese Kostensteigerungen trotz – dies sei unterstellt – gewissenhafter Planung und Risikobetrachtung lassen aufhören und nach Optimierungsmöglichkeiten suchen. Das Wirtschaftlichkeitsprinzip des § 7 Abs. 1 Bundeshaushaltsordnung (BHO) fordert „das günstigste Verhältnis von eingesetzten Mitteln und erstrebtem Zweck“ (von Lewinski und Burbat 2013, § 7 Rn. 5). Die Optimierung genau dieses Verhältnisses ist das Ziel der Methode Wertanalyse (WA). Sie deckt ebenfalls die Forderung der angemessenen Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen sowie die Berücksichtigung der Risikoverteilung ab (vgl. § 7 Abs. 2 BHO).

In Amerika ist die Anwendung der WA bei bestimmten öffentlichen Bauprojekten gesetzlich vorgeschrieben. Dagegen fristet sie in der deutschen Baubranche trotz großer Potenziale zur Kostensenkung ein Schattendasein und ist bei öffentlichen Bauherren aktuell nicht einsetzbar. Im Folgenden werden daher – um ein grundlegendes Verständnis zu erlangen – die Prinzipien der WA, von deren Entstehung und Definition (Kapitel 2.1), über Ziel und Methoden (Kapitel 2.2), hin zu Ablauf und Wirkung (Kapitel 2.3) dargelegt. Hierauf folgt ein kurzer Überblick über die Verbreitung der WA in der Baubranche (Kapitel 3.1) sowie die Diskussion von Herausforderungen (Kapitel 3.2).

2 Wertanalyse

2.1 Entstehung und Definition der Wertanalyse

Die WA wurde im Jahr 1947 von Lawrence D. Miles bei General Electric in Amerika entwickelt. Infolge des Krieges waren Rohstoffe knapp, die Nachfrage dagegen groß. (vgl. VDI 2011, S. 27 f.) Dies war die Motivation zur Entwicklung einer neuen Methode zur Minimierung des Ressourcenverbrauches, ohne dabei Funktion oder Wert des Produktes zu beeinträchtigen.

Im Jahr 1967 kam die WA mit Gründung des VDI-Gemeinschaftsausschusses Wertanalyse nach Deutschland. (vgl. VDI 2017, S. 1)

Im weiteren Verlauf entwickelte sich das mit „Lean“ und „Six Sigma“ verwandte „Value Management“, dessen Herzstück die WA ist. Sie ist „definiert als ein organisierter und kreativer Ansatz, der einen funktionsorientierten und wirtschaftlichen Gestaltungsprozess mit dem Ziel der Wertsteigerung eines WA-Objektes zur Anwendung bringt“ (DIN EN 12973, 6.2.1.1.). Die ursprünglich fokussierte Minderung des Ressourcenverbrauchs ohne Beeinträchtigung der Funktionen spiegelt sich in der „Wertsteigerung“ wider, welche in Kapitel 2.2 näher betrachtet wird.

2.2 Ziel und Methoden des Value Management

Der Wert (value) ist im Fokus dieser Methode und ist definiert als „Maß, das angibt, wie gut eine Organisation, ein Projekt oder ein Produkt die Bedürfnisse der Anspruchsträger im Verhältnis zu den verbrauchten Ressourcen befriedigt“ (DIN EN 1327, 2.1.1).

$$\text{Wert} = \frac{\text{befriedigte Bedürfnisse}}{\text{verbrauchte Ressourcen}}$$

Dabei ist unter Ressourcen „alles [zu verstehen], was erforderlich ist, um die Bedürfnisse zu befriedigen“ (DIN EN 1327, 2.1.9). Die Bedürfnisse sind hierbei alles „was für einen Nutzer notwendig oder durch diesen gewünscht ist“ (DIN EN 1327, 2.1.8). Beide Begriffe sind also sehr weit gefasst. Um den Wert zu steigern sind mehrere Vorgehen denkbar. Abbildung 2.1 veranschaulicht fünf Möglichkeiten, um die betragsmäßig gleiche Wertsteigerung zu erreichen.

	Sehr viel mehr Befriedigung	Viel mehr Befriedigung	Mehr Befriedigung	Gleiche Befriedigung	Etwas geringere Befriedigung
Bedürfnis-befriedigung	+++	++	+	=	-
Ressourceneinsatz	+	=	-	---	----
	Etwas höherer Ressourceneinsatz	Gleicher Ressourceneinsatz	Geringerer Ressourceneinsatz	Viel geringerer Ressourceneinsatz	Sehr viel geringerer Ressourceneinsatz

Abbildung 2.1: Verschiedene Wege zur Erzielung gleicher Wertzuwächse (nach DIN EN 12973:2002-02, Bild 3)

Um die Möglichkeiten zur Wertsteigerung zu analysieren und auszuarbeiten verfügt das Value Management neben der WA über weitere spezifische Wertmethoden sowie ergänzende Methoden, die im Folgenden bezugnehmend auf DIN EN 12973 Abschnitt 6 genannt werden:

Spezifische, kombiniert angewendete Methoden des Value Management:

- Wertanalyse (WA),
- Funktionenanalyse (FA),
- Funktionenkosten (FK),
- Funktionale Leistungsbeschreibung (FLB) sowie
- Design to Cost (DTC)/ Design to Objectives (DTO).

Weitere Methoden sind z. B.:

- Failure Mode Effects and Criticality Analysis (FMECA),
- Life Cycle Costing (LCC),
- Quality Function Deployment (QFD).

2.3 Ablauf und Wirkung der Wertanalyse

2.3.1 Randbedingungen

Die fünf notwendigen Randbedingungen einer WA klangen bereits in der in Kapitel 2.1 zitierten Definition an. Zur Umschreibung der Methodik werden

diese in Anlehnung an DIN EN 12973, A.1.1.2/ VDI 2800-1, 3.3 näher spezifiziert:

- Funktionenorientiert: Die Besonderheit ist das Denken in Form von Endresultaten. Anwendung findet hierbei die FA.
- Wirtschaftlich: Kosten- und Wertkriterien werden in die Betrachtung einbezogen.
- Multi- bzw. interdisziplinär: Verschiedene Fach- und Entscheidungskompetenzen werden in einem WA-Team vereint.
- Kreativ: Zur Erarbeitung verschiedener neuer Lösungen werden kreative Methoden angewendet.
- Organisiert und systematisch: Der WA-Arbeitsplan (VDI 2800-2) ist bei den Analysen zwingend zu nutzen. Der Prozess wird durch einen wertanalytisch ausgebildeten WA-Projektleiter koordiniert und methodisch betreut.

2.3.2 WA-Arbeitsplan

Der WA-Arbeitsplan führt durch einen zehnstufigen Analyse- und Ausführungsprozess von der Vorbereitungsphase bis hin zur Realisierung des Projektes (siehe Tabelle 2.1). Durch Einbindung der Methode in die initialen Planungsphasen besteht ein sehr großer Einfluss auf die späteren Kosten und Funktionen.

In Tabelle 2.2 ist die Einbindung der notwendigen Parteien im Wertanalyseprozess aufgezeigt. Auftraggeber (Entscheidungsträger), WA-Projektleiter, WA-Team sowie Auftragnehmer (ausführende Abteilung) sind dabei verschieden beteiligt. Augenfällig ist die Einbindung des Auftragnehmers vom ersten Grundschrift an. Der Inhalt der einzelnen Grundschrift wird im Folgenden erläutert.

Tabelle 2.1: Grundschr itte des Wertanalyseplans (vgl. VDI 2800-1 Abschnitt 4, VDI 2800-2 Abschnitt 2)

Wertanalytische Denkschritte	Nr.	Grundschr�itte im Wertanalyseplan nach DIN EN 12973	übergeordnete Phasen
Was ist?	0	Vorbereitungsphase	Projektplanungsphase
	1	Projektdefinition	
	2	Projektorganisation planen	
	3	Objektdateen sammeln	
Was soll sein?	4	Funktionen und Kosten analysieren	Analysephase
Wie geht es?	5	Lösungsideen sammeln/ entwickeln	Entwicklungsphase
Welche Idee wird ausgewählt?	6	Lösungsideen bewerten	
	7	Ganzheitl. Vorschläge entwickeln	
	8	Vorschläge präsentieren	
	9	Entscheidung realisieren	Realisierungsphase

Tabelle 2.2: Mitwirkung in den Grundschr itten des Wertanalyseplans (in Anlehnung an DIN EN 12973 Tabelle A.2)

Grundschr�itt	Nr.	Auftraggeber	WA-Projektleiter	WA-Team	Auftragnehmer
Vorbereitungsphase	0	█			█
Projektdefinition	1	█	█		█
Planung	2		█		
Datensammlung	3		█	█	█
Funktionenanalyse	4				
Ideensammlung	5				
Bewertung der Lösungen	6				
Entwicklung von Vorschlägen	7				
Präsentation der Vorschläge	8	█		█	
Realisierung	9	█	█		█

Grundschrift 0 – Vorbereitung des Projektes

Seitens des Auftraggebers sind die Voraussetzungen des Projektes zu klären. Hierzu gehört die Auswahl des Projektleiters sowie eines WA-Moderators, der zwingend über die erforderlichen Kompetenzen im fachlichen, wertanalytischen und sozialen Kontext verfügen muss (vgl. VDI 2011, S. 41). Es werden strategische Vorgaben erarbeitet (vgl. VDI 2011, S. 42), die zum Beispiel aus der Analyse zukünftiger Herausforderungen, Umsatzeinbrüchen oder Innovationsbedarfen resultieren. Eine anfängliche Amortisationsabschätzung soll dabei zeigen, ob sich die Durchführung der WA lohnt. (vgl. VDI 2011, S. 41)

Grundschrift 1 – Projektdefinition

Im Rahmen der Projektdefinition ist die quantifizierte und ganzheitliche Aufgabenstellung, passend zu den Vorgaben aus Grundschrift 0, auszuarbeiten (vgl. VDI 2011, S. 42). Mögliche Zielrichtungen sind bspw. Kostensenkung, Qualitätsverbesserung oder Produktivitätserhöhung (VDI 2011, S. 44). Am Ende dieses Grundschriftes liegt somit ein Lastenheft vor.

Grundschrift 2 – Planung

Es wird ein interdisziplinäres Projektteam von mind. vier und höchstens acht Personen gebildet, welches alle verschiedenen notwendigen Kompetenzen zusammenfasst. Im Kickoff-Meeting erfolgt die Vorstellung des Themas, des Ziels, der Zeit- und Kapazitätsplanung sowie die Terminabstimmung bezüglich aller Teamsitzungen. (vgl. VDI 2011, S. 44 f.; Wiegand 1995, S. 72)

Grundschrift 3 – Umfassende Daten sammeln

Alle relevanten Daten werden durch die Teammitglieder gesammelt, aufbereitet und in den Sitzungen analysiert. Inhalt können je nach Zielstellung bspw. Kostenbestandteile, Beschränkungen durch Gesetze, sonstige Probleme und Engpässe sein. (vgl. VDI 2011, S. 45)

Grundschritt 4 – Funktionen- und Kostenanalyse

Die Funktionen werden herausgearbeitet und den jeweiligen Kosten zugeordnet. Hierbei wird unterschieden in nutzerbezogene (NBF) und produktbezogene Funktionen (PBF) (vgl. DIN EN 16271, 3.13, 3.14). Die Funktionen werden kurz unter Verwendung eines aktiven Verbes und des Objektes beschrieben und nach Wichtigkeit sortiert (vgl. Kelly et al. 2004, S. 60). Dabei offenbaren sich unnötige Funktionen und können so später mitsamt der zugeordneten Kosten gestrichen werden. Außerdem wird die Zufriedenheit des Nutzers bzw. Marktes mit jeder NBF des Ist-Zustandes abgefragt. (vgl. VDI 2011, S. 46)

Grundschritt 5 – Sammeln und Finden von Lösungsideen

Unter Anwendung von Kreativitätstechniken werden mögliche Lösungsideen entwickelt. Zum Einsatz kommen bspw. Methoden des Brainstormings. Wichtig ist der Ausschluss jeglicher Bewertungen. Diese erfolgen erst im nächsten Grundschritt. (vgl. VDI 2011, S. 48)

Grundschritt 6 – Bewertung der Lösungsideen

Die zuvor gesammelten Lösungsvorschläge werden anhand der in Grundschritt 1 festgelegten Ziele systematisch vom Groben hin zum Feinen bewertet. (vgl. VDI 2011, S. 50)

Grundschritt 7 – Entwicklung ganzheitlicher Vorschläge

Die positiv bewerteten Lösungsvorschläge werden zu einem ganzheitlichen Konzept zusammengestellt. Somit entsteht ein Pflichtenheft. Dabei sind Ist-Zustand, Lösungsempfehlung, erforderlicher Investitionskostenaufwand, Risikobewertung, Realisierungszeit sowie der Verantwortliche für die Realisierung zu dokumentieren. (vgl. VDI 2011, S. 51)

Grundschritt 8 – Präsentation der Vorschläge

Das erarbeitete ganzheitliche Lösungskonzept wird vor dem gesamten Projektteam präsentiert. Der Auftraggeber nimmt die Gelegenheit wahr, um

kritisch zu hinterfragen sowie die Zielerfüllung zu bewerten und entscheidet über die Realisierung. (vgl. VDI 2011, S. 51)

Grundschrift 9 – Realisierung

Die Realisierung bedeutet die Verwirklichung des zuvor erarbeiteten Pflichtenheftes (vgl. VDI 2011, S. 52).

2.3.3 Dauer und Wirkung der Wertanalyse

Je nach Aufgabenstellung dauert die WA wenige Stunden bis zu mehreren Monaten, wobei sechs Monate aus gruppodynamischen Gründen nicht überschritten werden sollten. (vgl. Wiegand 1995, S. 69)

Die Auswirkungen der WA zeigen sich laut VDI durch die Reduktion der Herstellkosten um 5 bis 60 %. Der Durchschnitt mehrerer tausend Wertanalyseprojekte liegt bei 20 bis 25 %. (vgl. 2011, S. 8) Nach Hoffmann (1993, S. 185) liegen die Einsparungen durch WA allgemein bei 10 % oder mehr. Speziell in Bauprojekten werden Kosteneinsparungen von 17 % gegenüber der ursprünglichen Planung erzielt (vgl. VDI 1991, S. 394).

Durch die ganzheitliche, lebenszyklusbezogene Betrachtung sowie dem Einbinden aller relevanten Interessenvertreter wird zudem die Qualität gesteigert. Auch die Funktionalität wird erhöht, da alle geforderten bzw. unnötigen Funktionen offenbar werden. Des Weiteren wird durch die interdisziplinäre Teamarbeit die Kommunikation verbessert, was sich auch nach Abschluss der WA positiv auswirkt. (vgl. VDI 2011, S. 9) Speziell in Bauprojekten werden Terminüberschreitungen und Kostenerhöhungen minimiert (vgl. VDI 1991, S. 394).

3 Anwendung der Wertanalyse in Bauprojekten

3.1 Verbreitung

Innerhalb der über 50 Jahre, die die WA in Deutschland verankert ist, findet sie in Bauprojekten bisher nur wenig Anerkennung. (vgl. Hoffmann 1993, S. 197; Dönges 2015, S. 14) Der Anwendungsschwerpunkt der WA liegt in

Deutschland in der produzierenden Industrie. Im Bauwesen habe es zwar immer wieder Projekte und Publikationen zur Anwendung der WA im Bauwesen gegeben, allerdings sei dies heutzutage nicht mehr präsent. (vgl. VDI 2017, S. 1) Internetrecherchen ergaben vereinzelte Ingenieurbüros und Unternehmen, die die WA in Bauprojekten in ihrem Portfolio führen.

In Amerika dagegen liegt der Fokus der Wertanalyseanwendung im Bau-sektor und im öffentlichen Bereich. (vgl. VDI 2017, S. 1) Das Federal Law 23 U.S.C. 106 schreibt die Anwendung der WA (Value Engineering) bei allen Projekten des National Highway System (NHS) über 50 Mio. \$ und bei Brückenprojekten des NHS über 40 Mio. \$ vor. Des Weiteren wird der Federal Highway Administration freigestellt mehr als eine WA in Großprojekten über 500 Mio. \$ sowie jedem anderen Projekt mit Bundesbeihilfe zu verlangen.

Auch in Japan ist die WA durch die hohe Zahl ausgebildeter Wertanalytiker weit verbreitet (vgl. VDI 2017, S. 1). Die japanische Methode „Kaizen“ gilt als das Pendant zur WA, auch wenn diese prozessbezogener ist.

3.2 Herausforderungen und fragliche Punkte

Warum die WA in Deutschland seither nur wenig – in anderen Ländern wie Amerika dagegen sehr gut Fuß fassen konnte ist fraglich. Die speziellen Randbedingungen der Baubranche, wie Komplexität, Dauer, Termindruck und Risiken scheinen dort durchaus überwindbar zu sein. Im Folgenden werden einige spezielle Herausforderungen der deutschen Baubranche herausgegriffen und näher betrachtet.

Zunächst erschließt sich für eine Anwendung der WA in Bauprojekten noch nicht, wie diese konkret in den **Planungsprozess** eingeflochten werden sollten. Einen wertvollen Hinweis hierzu gibt Dönges (2015, S. 22), der bei Bauprojekten sieben WA-Workshops empfiehlt, und zwar

- vorab die „Projektspezifikation“ (WA im engeren Sinne als Durchlaufen der zehn Grundschrkte der DIN EN 12973),
- nach Fertigstellung der Vorplanung,

- ein Brandschutz-Workshop während der Entwurfsplanung,
- nach Fertigstellung der Entwurfsplanung,
- nach Fertigstellung der Leistungsverzeichnisse,
- nach Vorlage der Ausschreibungsergebnisse,
- bei Änderungswünschen des Bauherrn.

Die konkrete Durchführung der **interdisziplinären Teamarbeit**, im Speziellen das Einbeziehen des Auftragnehmers von der Vorbereitungsphase an, kann Herausforderungen mit sich bringen. Die Vertragsgestaltung basiert in diesem Fall auf kooperativen Vertragsmodellen. Da diese Vertragsmodelle auch bei der sich immer weiter ausbreitenden Methode „Lean Construction“ notwendig sind, treffen hier dieselben Hindernisse auf die WA zu. Insbesondere ist hier zu beachten, dass die Vereinbarung kooperativer Vertragsmodelle bei Vergaben nach VOB/A, das heißt bei öffentlichen Auftraggebern, aktuell nicht möglich ist. Ein Beispiel für die beschränkenden Vorgaben der VOB/A ist § 2 Abs. 5, gemäß dem der Auftraggeber erst ausschreiben soll, wenn alle Vergabeunterlagen fertiggestellt sind. Die WA und die damit verbundene Einbindung des Auftragnehmers sollen jedoch bereits vor Erstellung der Vergabeunterlagen stattfinden. Hier ist die Etablierung von Partnering bzw. Design-and-Build bei öffentlichen Vergaben abzuwarten oder der Wertanalyseprozess speziell an die Möglichkeiten anzupassen.

Die **funktionale Ausschreibung** (vgl. § 7c VOB/A) ist in der Baubranche grundsätzlich bekannt. Jedoch ist die Ausrichtung der FLB im Rahmen der WA tiefergehender und lebenszyklusbezogener. In der deutschsprachigen Literatur (vgl. Dönges 2015; Wiegand 1995) wird die Funktionenanalyse auf Bauprojekte nicht in ihrer „Reinform“, sondern modifiziert mit Fokus auf Bedarf bzw. Ziele angewendet. Dies kann durch die höhere Komplexität von Bauprojekten im Vergleich zu Produkten bedingt sein.

4 Zusammenfassung und Ausblick

Vielfache massive Kostenüberschreitungen bei Bauprojekten eröffnen die Suche nach einer Optimierung der Kostensicherheit. Eine in deutschen

Bauprojekten noch nicht ausgeschöpfte Möglichkeit ist die Wertanalyse. Im Vordergrund der Methode steht der „Wert“, welcher für das Verhältnis von befriedigten Bedürfnissen zu eingesetzten Ressourcen steht. Die Bedürfnisse des Bauherrn werden als Funktionen formuliert und deren Kosten zugeordnet. Damit können nicht benötigte Funktionen des Bauwerks eliminiert und für benötigte Funktionen Lösungen mit geringerem Ressourcenverbrauch ausgearbeitet werden.

Die Wertanalyse erfordert ein systematisches Vorgehen nach dem WA-Arbeitsplan, begleitet durch einen ausgebildeten WA-Projektleiter. Aus Vertretern der Projektbeteiligten wird ein WA-Team gebildet, in welches auch bereits der Auftragnehmer von vornherein einzubinden ist. Dies erfordert die Vereinbarung kooperativer Vertragsmodelle, welche zunehmend bei privaten Bauherren eingesetzt werden. Die Anwendung solcher Vertragsmodelle ist aktuell nicht mit der VOB/A vereinbar, sodass diese bei öffentlichen Bauherren in ihrer Reinform nicht möglich sind. Die Forderung der Bauindustrie Design-and-Build sowie Partnering bei öffentlichen Vergaben zu ermöglichen (vgl. DVNW 2017), ist daher in vollem Maße zu unterstützen.

Weitere Spezifikationen zur genauen Durchführung der Wertanalyse in deutschen Bauprojekten sind notwendig. Aus dem Vergleich zur Anwendung in ausländischen Bauprojekten werden wichtige Schlüsse zu ziehen sein, da die dortige Anwendung große Potenziale zur Kostensenkung aufzeigt. Zur gesamten Thematik werden weitere Forschungsarbeiten durchgeführt, sodass zukünftig in der deutschen Baubranche – wie bereits 1993 von Hoffmann (1993, S. 199) gefordert – ein Umdenken hin zum Denken in Wert und Funktionen erfolgen kann.

Literatur

- DIN EN 12973:2002-02: Value Management. DIN Deutsches Institut für Normung e.V., Beuth Verlag, Berlin.
- DIN EN 1327:2014-07: Value Management – Wörterbuch – Begriffe. DIN Deutsches Institut für Normung e.V., Beuth Verlag, Berlin.
- DIN EN 16271:2013-03: Value Management – Funktionale Beschreibung der Bedürfnisse und funktionale Leistungsbeschreibung. DIN Deutsches Institut für Normung e.V., Beuth Verlag, Berlin.
- Dönges, H. (2015): Praktisches Projekt Management für große und komplexe Bau- und Immobilienprojekte. Mit Hilfe der Wertanalyse. Tredition Verlag, Hamburg.
- DVNW (2017): Bauindustrie fordert Wende in der Beschaffungspolitik. <https://www.vergabeblog.de/2017-09-15/bauindustrie-fordert-wende-in-der-beschaffungspolitik/> [Zugriff am: 17.04.2019].
- Hoffmann, H. J. (1993): Wertanalyse. Die Antwort auf Kaizen. Wirtschaftsverlag Langen Müller/Herbig, München.
- Kelly, J.; Male, S.; Graham, D. (2004): Value Management of Construction Projects. BlackwellScience, Oxford.
- Kostka, G.; Anzinger, N. (2015): Studie: Großprojekte in Deutschland – Zwischen Ambition und Realität. Fact sheet 1. https://www.hertieschool.org/fileadmin/2_Research/2_Research_directory/Research_projects/Large_infrastructure_projects_in_Germany_Between_ambition_and_realities/1_Grossprojekte_in_Deutschland_-_Factsheet_1.pdf [Zugriff am: 13.04.2019].
- VDI (1991): Wertanalyse. Idee – Methode – System. VDI-Verlag, Düsseldorf.
- VDI (2011): Wertanalyse – das Tool im Value Management. 6. Auflage, Springer Verlag, Heidelberg u. a.
- VDI (2017): 70 Jahre Wertanalyse – persönliche Einblicke. VDI-Festschrift, Februar 2017.

https://www.vdi.de/fileadmin/vdi_de/redakteur_dateien/gpp_dateien/2017-03_GPP_Festschrift.pdf [Zugriff am: 13.04.2019].

VDI 2800-1:2010-08: Wertanalyse. VDI-Gesellschaft Produkt- und Prozessgestaltung (GPP). Verein Deutscher Ingenieure e.V., Düsseldorf.

VDI 2800-2:2010-08: Wertanalysearbeitsplan nach DIN 12973. VDI-Gesellschaft Produkt- und Prozessgestaltung (GPP). Verein Deutscher Ingenieure e.V., Düsseldorf.

Von Lewinski, K.; Burbat, D. (2013): NomosKommentar Bundeshaushaltsordnung. Nomos Verlag, Baden-Baden.

Wiegand, J. (1995): Leitfaden für das Planen und Bauen mit Hilfe der Wertanalyse. Bauverlag, Wiesbaden und Berlin.

Forschungsvorhaben: Entwicklung einer LEAN-Methodik zur wirtschaftlichen Optimierung der Produktionsprozesse im offenen Kanalbau

William Brenk

*William Brenk, Promovend an der Hochschule Koblenz, FB bauen-kunst-werkstoffe,
Fachgebiet Baubetrieb, Hochschule Koblenz, Deutschland*

Kurzfassung

The necessity of Takt Time Planning (TTP) and the Last Planner System (LPS) is known from the building construction sector. But what about the underground engineering? The most common methods are developed and used for building construction. In this short article, a new lean-method based on the lean-principles is introduced. Currently I am working on to develop this method. In reference to MODIG/AHLSTRÖM there is a pyramid created by Nishida-san. With this graphic Nishida-san taught MODIG how the Toyota-Production-System (TPS) works. It is a well-known fact that copying things is a mistake. One should define one's own values and principles. Only then can one derive his methods and tools, which are purposeful. Based on this analogy, my PhD is primarily focusing on the development of a new method and tools especially for underground engineering.

Inhalt

1	Einleitung	42
1.1	Notwendigkeit	42
1.2	Vorgehensweise	43
1.3	Einführung einer Wertschöpfungsdichte	44
2	Entwicklung einer Lean-Methode für den offenen Kanalbau	46
2.1	Schematische Darstellung der Methodik.....	46
2.2	Aufbau, Struktur und Ablauf der Methodik	47
	Literatur.....	52

1 Einleitung

Das bekannte Unikatdenken im Bauwesen geht seit einiger Zeit schrittweise in ein Prozessdenken über. Denn auch wenn ein Bauvorhaben nur einmal gebaut wird und das fertige Bauwerk am Ende als Unikat gilt, so sind es die Prozesse, die bei jedem Bauvorhaben vergleichbar sind. Diese Feststellungen lassen sich dadurch belegen, dass sich im Hochbau bereits zwei, vom klassisch bekannten Lean-Management der Automobilindustrie, abgeleitete Systeme erfolgreich etabliert haben. Gemeint sind die erfolgreiche Umsetzung der Taktplanung und -steuerung sowie die wachsende Anwendung des Last-Planer-Systems. Gerade im Zuge der Taktplanung wird deutlich, dass der Fokus auf den wiederkehrenden Prozessschritten liegt und eine ständige Weiterentwicklung und Optimierung vorgenommen wird. Ziel von Taktplanung ist es, mit Hilfe vorher definierter Bereiche, wiederkehrende Arbeiten zu erkennen, zu planen und zu standardisieren, um dadurch die Produktivität zu steigern. Dass diese Methoden zum Erfolg führen, zeigt sich in der bereits erfolgreichen Umsetzung zahlreicher Projekte mittels dieser Methode.

Im Rahmen eines Forschungsvorhabens hat sich aus diesem Grund die Forschungsfrage ergeben, ob durch die Anwendung der Lean-Prinzipien, neben dem klassischen Hochbau, auch der offene Kanalbau wirtschaftlich optimiert werden kann. Im offenen Kanalbau handelt es sich in der Regel um Linienbaustellen, welche sich aus diesem Grund sehr mit der Fließproduktion der stationären Industrie vergleichen lassen (vgl. Berner et al. 2016, S. 166 ff.).

1.1 Notwendigkeit

Die Notwendigkeit des Forschungsvorhabens zeigt sich in einer Veröffentlichung von Berner et al. aus dem Jahr 2016. Berner et al. (2016) zeigen, dass es im Tief- und Straßenbau einen hohen Anteil an Verschwendung (44%) im Leitprozess (Bagger) gibt. Ferner zeigen sie, wie sich die auftretenden Verschwendungen im Leitprozess in ihrer Art und Umfang zusammensetzen. Eine Optimierung des Leitprozesses ist ausgehend von dieser Untersuchung offensichtlich. Um jedoch gezielt den Leitprozess optimieren

zu können, muss eine ganzheitliche Betrachtung inkl. einer detaillierten Untersuchung der erforderlichen Supply-Prozesse durchgeführt werden.

„Auf den ersten Blick kann es sich als wirtschaftlich erweisen, die Baustellenfertigung (Leitprozess) uneingeschränkt zu unterstützen und dadurch gegebenenfalls Defizite in der Logistik (Supply-Prozess) zu akzeptieren. Der Lean-Philosophie folgend sollen jedoch alle Prozesse so optimal zusammenspielen, dass der Gesamtprojekterfolg im Vordergrund steht. Erst wenn die gesamte Wertschöpfungskette einschließlich des Supply-Prozesses keine Verschwendung aufweist, ist das Optimum erreicht.“

(Berner et al. 2016, S. 170)

1.2 Vorgehensweise

Die Beantwortung der Forschungsfrage stützt sich auf die Anwendung der Lean Prinzipien (vgl. Womack et al. 2004, S. 55 f.). Unter Beachtung der fünf definierten Grundprinzipien lässt sich der Prozessfluss verbessern (vgl. Modig und Ahlström 2015, S. 91). In Anlehnung an die Pyramide nach Nishida-san wurden die einzelnen Ebenen vorab für das Forschungsvorhaben definiert.

Tabelle 1.1: Methodische Vorgehensweise

Werte	Kosten, Termine, Qualität
Prinzipien	Lean-Prinzipien Fluss, Pull, KVP
Methode	Entwicklung einer Methode zur wirtschaftlichen Optimierung
Werkzeuge	Entwicklung eines IT-Tools entsprechend der Methode

Wie in Tabelle 1.1 gezeigt, wurden im Voraus die Werte definiert. Sie bilden die Grundlage und geben das Kernziel vor. In der darunterliegenden Ebene befinden sich die Prinzipien. Sie sind sozusagen notwendig, um die Werte zu erreichen und umzusetzen. Die vorletzte Ebene bildet die eingesetzten Methoden ab. Methoden entwickeln sich mit der Zeit aus sich wiederholenden Arbeitsschritten bzw. Tätigkeiten. Wenn man Arbeitsschritte standardisiert, führt dies zu einer Methode ein Ziel zu erreichen bzw. ein Prinzip zu erfüllen, um dann das Kernziel zu erreichen. Der Hauptbestandteil der Forschungsarbeit ist es, eine geeignete Methode für die wirtschaftliche Optimierung des Kanalbaus zu entwickeln. Um diese Methode zu entwickeln bedarf es eines speziellen Werkzeuges, welches sich in der letzten Ebene widerspiegelt. Das angestrebte Werkzeug soll in Form eines IT-Tools umgesetzt werden. Es soll dem Anwender in der Bauausführung ermöglichen, seine geplanten Bauverfahren zu überprüfen bzw. ihm vor Baubeginn die wirtschaftlich optimale Variante ausgeben. Um dies zu erreichen werden unterschiedliche Szenarien durchgerechnet und miteinander verglichen. Um eine einheitliche Bewertbarkeit zu erreichen wurde eine neue Kenngröße definiert, welche als Wertschöpfungsdichte bezeichnet wird. (vgl. Modig und Ahlström 2015, S. 148 ff.)

1.3 Einführung einer Wertschöpfungsdichte

Die Wertschöpfungsdichte basiert auf dem Ansatz, dass Verschwendung eliminiert und durch wertschöpfende Arbeiten ersetzt wird. Abbildung 1.1 zeigt, dass es dabei nicht um eine Leistungsverdichtung geht, bei der Wertschöpfung komprimiert wird, sondern vielmehr um eine Verbesserung des Prozesses, bei dem die Eliminierung der Verschwendung durch das Ersetzen von Wertschöpfung erreicht wird.

Die Wertschöpfungsdichte ergibt sich in der Bauausführung aus der Transformation vorhandener Güter (Baustoffe) in Güter mit höherem Geldwert (Bauleistung). Die Durchlaufzeit bestimmt sich dabei aus der Zeit, die ein Prozess für die Ausführung der jeweiligen Arbeit benötigt. Die Taktzeit ergibt sich dabei aus der maximalen Durchlaufzeit eines Prozesses innerhalb einer Prozesskette.

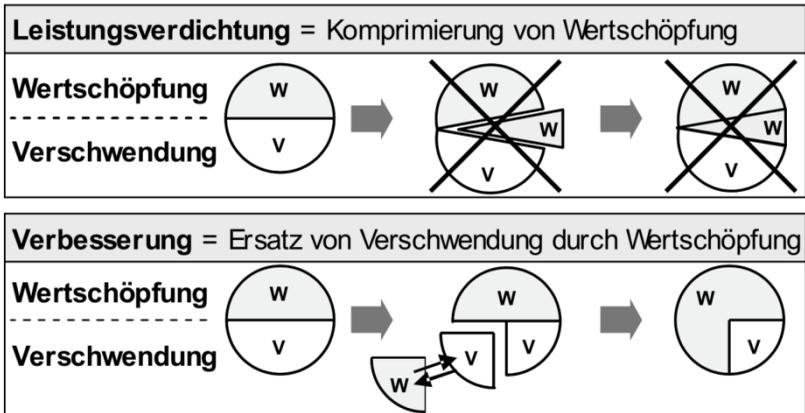


Abbildung 1.1: Wertschöpfung (vgl. LMX Business Consulting GmbH 2019)

Die Wertschöpfungsdichte wird definiert als Wertschöpfung im Verhältnis zur Taktzeit. Dabei wird Wertschöpfung als Leistung abzüglich der Herstellkosten definiert. Zu beachten ist, dass die Leistung als konstant gesehen wird, wohingegen die Herstellkosten variieren. Sie können als Funktion in Abhängigkeit der Prozesskette und der Taktzeit ausgedrückt werden.

$$\text{Wertschöpfungsdichte} = \frac{\text{Wertschöpfung}}{\text{Taktzeit}} = \frac{\text{Leistung} - \text{Herstellkosten}}{\text{Taktzeit}}$$

Um die Forschungsfrage beantworten zu können und eine wirtschaftliche Optimierung zu erreichen, muss die Wertschöpfungsdichte maximiert werden. Die Wertschöpfungsdichte ist maximal, wenn die Prozesse maximal verschwendungsarm ausgeführt werden. Die Anwendung der Lean-Prinzipien zielt genau darauf ab. Es ist allerdings notwendig zwischen zwei grundsätzlichen Verschwendungsvarianten zu unterscheiden. Zum einen systematische Verschwendungen, die empirisch ermittelt werden (siehe auch Berner et al. 2016). Zum anderen stochastische Verschwendungen, die nicht vorhersehbar sind, man sich jedoch gut auf sie vorbereiten kann.

2 Entwicklung einer Lean-Methode für den offenen Kanalbauf

2.1 Schematische Darstellung der Methodik

Um in Zukunft eine Arbeits-Methodik für die Anwendung bei Tief- und Straßenbaustellen zu haben, gilt es diese speziell zu entwickeln. Sie soll sich neben den bereits etablierten Methoden, wie bspw. die Taktplanung und –steuerung behaupten und verankern. Das Grundprinzip der Methodik beruht auf den zuvor definierten Lean-Prinzipien.

Lean-Prinzip „Fluss“

Fließender Leitprozess durch die Vermeidung von Störungen

Lean-Prinzip „Pull“

Anwendung einer geeigneten Pull-Logistik

Lean-Prinzip der „kontinuierlichen Verbesserung“ (KVP)

Evaluierung der Produktion

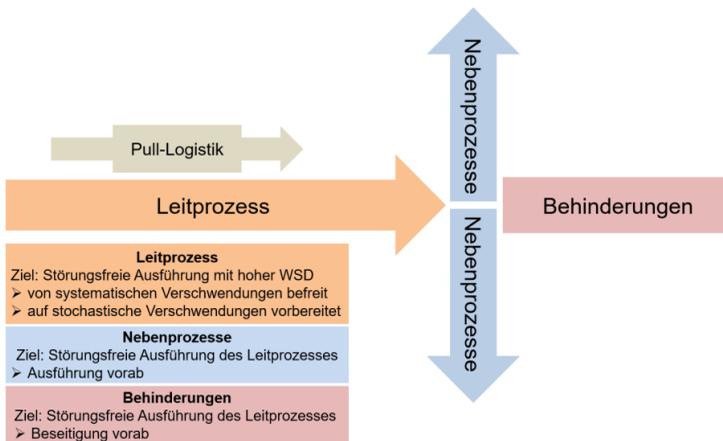


Abbildung 2.1: Schematische Darstellung der Lean Methodik für den offenen Kanalbauf

Grundsatz der Methodik ist, dass bekannte Behinderungen bereits vorab beseitigt werden und sämtliche Nebenprozesse schon im Vorfeld erledigt werden, um dem Leitprozess sowie der begleitenden Pull-Logistik ein störungsfreies Abeiten zu ermöglichen.

2.2 Aufbau, Struktur und Ablauf der Methodik

Um eine störungsfreie Bauausführung und eine erfolgreiche Anwendung der Methodik zu erreichen, bedarf es verschiedener Methodenelemente bzw. Werkzeuge. In Summe wird zwischen drei Methodenelementen und jeweils dazugehörigen Werkzeugen unterschieden, welche sich zum aktuellen Zeitpunkt noch in der Entwicklung befinden.

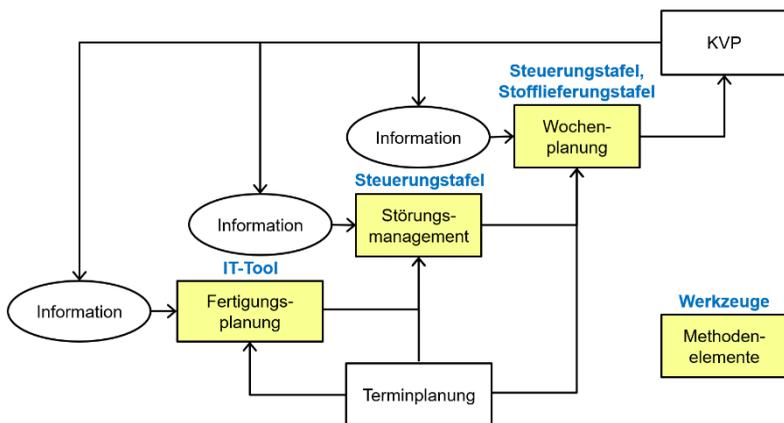


Abbildung 2.2: Struktur und Aufbau der Methodik

Methodenelement “Fertigungsplanung”

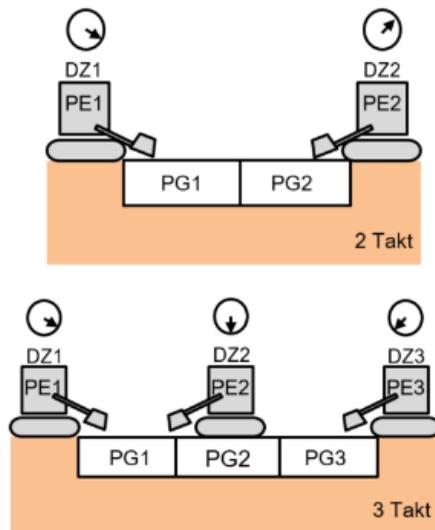
Das Methodenelement “Fertigungsplanung” basiert auf der Taktung des Leitprozesses, wodurch eine hohe Wertschöpfungsdichte und eine entsprechende Pull-Logistik resultieren. Durch die Vorbereitung auf stochastische

Verschwendungen kann eine Stabilisierung des Leitprozesses gewährleistet werden.

Um den Leitprozess einheitlich zu gestalten, erfolgt im ersten Schritt die Modellierung des Leitprozesses inkl. Definition der notwendigen Prozesse. Im Gesamten wird der Leitprozess in 5 Prozessschritte unterteilt, welche wie folgt definiert sind:

Prozess A	Aushub Kanalgraben, Einbau Verbau
Prozess B	Herstellung Auflager, Verlegung Rohre Setzen Schachtunterteile
Prozess C	Schachtaufbau
Prozess D	Verfüllung der Leitungszone
Prozess E	Hauptverfüllung, Rückbau Verbau

Es gilt zu beachten, dass jeder Prozess von einer Produktionseinheit durchgeführt werden kann. Es ist außerdem möglich, dass verschiedene Prozessschritte zusammengefasst werden und eine Prozessgruppe bilden. Diese Prozessgruppe kann entsprechend auch von einer Produktionseinheit durchgeführt werden. Aufgrund der deterministischen Reihenfolge ist es so möglich, das Bauwerk in 16 möglichen Varianten zu errichten. Im Folgenden werden die 16 Varianten in Tabelle 2.1 aufgeführt. Es wird deutlich, dass die Herstellung in verschiedenen Takten erfolgen kann, welche durch die Anzahl der Produktionseinheiten bestimmt werden. Zusätzlich können innerhalb der unterschiedlichen Takte die Prozessschritte, auch als Aktivitäten der einzelnen Produktionseinheiten zu verstehen, in Prozessgruppen zusammengefasst werden. Die Durchlaufzeit der Prozessgruppen oder Prozessschritte fällt dabei in der Regel unterschiedlich aus. Ziel ist es, durch die unterschiedlichen Varianten und die Verschiebung der Aktivitäten, annähernd gleiche Durchlaufzeiten zu erreichen, damit das Fluss-Prinzip umgesetzt werden kann und somit die ganze Produktion in Fluss gebracht wird.



PE: Produktionseinheit
 PG: Prozessgruppe; von einer PE durchgeführte Prozesse
 DZ: Durchlaufzeit der Prozessgruppe

Abbildung 2.3: Variantenvergleich PE-Zug 2 vs. PE-Zug 3

Eine schematische Darstellung zum Verständnis der unterschiedlichen Durchlaufzeiten und der Zusammenfassung in Prozessgruppen wird an Abbildung 2.3 verdeutlicht. Analog zu diesem Vorgehen ist es möglich die Herstellung des Bauwerkes mit einer Produktionseinheit oder mit bis zu fünf Produktionseinheiten parallel zu gestalten.

Elementares Werkzeug der Fertigungsplanung bildet ein IT-Tool. Mit Hilfe dieses Werkzeuges werden die unterschiedlichen Varianten verglichen und unter Berücksichtigung der relevanten Restriktionen die Wertschöpfungsdichte für jeden PE-Zug berechnet. Es wird also nicht nur der Leitprozess betrachtet, sondern auch alle möglichen Supply-Prozesse, welche für die Herstellung des Bauwerkes notwendig sind. Unter diesen Voraussetzungen wird die Pull-Logistik implementiert und elementarer Bestandteil der

Fertigungsplanung. Das IT-Tool arbeitet auf 2 Ebenen. Die erste Ebene betrachtet den Leitprozess und berechnet die Wertschöpfungsdichte aller möglichen Varianten. Weiterhin bildet die zweite Ebene die Logistik ab. Hier werden die Stofflieferung, -lagerung und –menge eingeschlossen.

Tabelle 2.1: Übersicht PE-Züge

PE-Züge	Prozesse				
1 Produktionseinheit / 1 Takt					
PE-Zug 1-1	A B C D E				
2 Produktionseinheiten / 2 Takte					
PE-Zug 2-1	A	B C D E			
PE-Zug 2-2	A B	C D E			
PE-Zug 2-3	A B C	D E			
PE-Zug 2-4	A B C D	E			
3 Produktionseinheiten / 3 Takte					
PE-Zug 3-1	A	B C D	E		
PE-Zug 3-2	A	B C	D E		
PE-Zug 3-3	A	B	C D E		
PE-Zug 3-4	A B	C D	E		
PE-Zug 3-5	A B	C	D E		
PE-Zug 3-6	A B C	D	E		
4 Produktionseinheiten / 4 Takte					
PE-Zug 4-1	A B	C	D	E	
PE-Zug 4-2	A	B C	D	E	
PE-Zug 4-3	A	B	C D	E	
PE-Zug 4-4	A	B	C	D E	
5 Produktionseinheiten / 5 Takten					
PE-Zug 5-1	A	B	C	D	E

Diese Pull-Logistik wird entsprechend zu Ebene 1 für jeden PE-Zug ermittelt. Die Restriktionen bzgl. Lagerungsfläche on-site oder durch Vorhalten eines Zwischenlagers sowie die maximalen Stofflieferraten und Beschaffungskosten frei Bau, werden durch Eingaben des Bauleiters definiert. Ziel der Pull-Logistik ist es, die logistischen Herstellkosten zu optimieren und auf den Herstellungsprozess unter Beachtung der Lean-Prinzipien anzuwenden. Der Forschungsbedarf und die Notwendigkeit werden an der exemplarischen Berechnung deutlich.

	PE-Zug	TZ	Gerätekosten je Takt*	Lohnkosten je Takt**	Verbaukosten je Takt***	Stoffkosten je Takt****	Herstellkosten je Takt	WS je Takt	WSD
Arbeiten nur vor Kopf möglich	1-1	25,0 h	1.250,00 €	2.500,00 €	250,00 €	3.125,00 €	7.125,00 €	375,00 €	15,00 €/h
	2-1	20,0 h	2.000,00 €	3.500,00 €	400,00 €	3.000,00 €	8.900,00 €	- 1.400,00 €	- 70,00 €/h
	2-2	12,5 h	1.250,00 €	2.187,50 €	250,00 €	2.812,50 €	6.500,00 €	1.000,00 €	80,00 €/h
	2-3	15,0 h	1.500,00 €	2.625,00 €	300,00 €	2.875,00 €	7.300,00 €	200,00 €	13,33 €/h
	2-4	17,5 h	1.750,00 €	3.062,50 €	350,00 €	2.937,50 €	8.100,00 €	- 600,00 €	- 34,29 €/h
Arbeiten neben dem Leistungsgaben möglich	3-1	12,5 h	1.875,00 €	2.500,00 €	375,00 €	2.500,00 €	7.250,00 €	250,00 €	20,00 €/h
	3-2	10,0 h	1.500,00 €	2.000,00 €	300,00 €	2.500,00 €	6.300,00 €	1.200,00 €	120,00 €/h
	3-3	12,5 h	1.875,00 €	2.500,00 €	375,00 €	2.500,00 €	7.250,00 €	250,00 €	20,00 €/h
	3-4	12,5 h	1.875,00 €	2.500,00 €	375,00 €	2.500,00 €	7.250,00 €	250,00 €	20,00 €/h
	3-5	12,5 h	1.875,00 €	2.500,00 €	375,00 €	2.500,00 €	7.250,00 €	250,00 €	20,00 €/h
	3-6	15,0 h	2.250,00 €	3.000,00 €	450,00 €	2.500,00 €	8.200,00 €	- 700,00 €	-46,67 €/h
	4-1	12,5 h	2.500,00 €	2.812,50 €	500,00 €	2.500,00 €	8.312,50 €	- 812,50 €	- 65,00 €/h
	4-2	10,0 h	2.000,00 €	2.250,00 €	400,00 €	2.500,00 €	7.150,00 €	350,00 €	35,00 €/h
	4-3	7,5 h	1.500,00 €	1.687,50 €	300,00 €	2.500,00 €	5.987,50 €	1.512,50 €	201,67 €/h
	4-4	10,0 h	2.000,00 €	2.250,00 €	400,00 €	2.500,00 €	7.150,00 €	350,00 €	35,00 €/h
	5-1	7,5 h	1.875,00 €	1.875,00 €	375,00 €	2.500,00 €	6.625,00 €	875,00 €	116,67 €/h

* Anzahl Geräte x 50 €/h x TZ

** Anzahl Arbeitskräfte x 25 €/h x TZ

*** Meter Verbau x 2 €/(h/m) x TZ

**** incl. Kosten für Radlader 25 €/h x Taktzeit (PE 1-x, 2-x)

Wertschöpfung WS = Leistung / Herstellkosten

Leistung = 7.500 €

Wertschöpfungsdichte WSD = WS / Taktzeit

Abbildung 2.4: Übersicht der PE-Züge (Berechnung)

Literatur

- Berner, F.; Hermes, M.; Lange, S.; Gräser, D. (2016): Lean Construction in der Logistik im Tief- und Straßenbau – Orimierung der Bauausführung unter beengten Verhältnissen. In: Bauingenieur, Jahrgang 91, Heft 4, S. 166 - 171.
- Modig N.; Ahlströhm, P. (2015): Das ist Lean – Die Auflösung des Effizienzparadoxons. 1. Auflage, Rheologica Publishing, Stockholm.
- LMX Business Consulting GmbH (2019): Die Phiosophie – Die Lean Company ist fit, agil und schnell. <https://www.lmx.eu/de/lean-philosophie/philosophie/> [Zugriff am: 24.04.2019].
- Womack, J.; Jones, D. (2004): Lean Thinking – Ballast abwerfen, Unternehmensgewinne steigern. Campus-Verlag, Frankfurt am Main.

Analyse und Darstellung wesentlicher Bestandteile von Projektentwicklungsformen im Bauwesen

Maximilian Budau, Dennis Mayer

*Maximilian Budau, Institut für Technologie und Management im Baubetrieb (TMB),
Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Deutschland*

*Dennis Mayer, Institut für Technologie und Management im Baubetrieb (TMB), Karlsruher
Institut für Technologie (KIT), Deutschland*

Kurzfassung

Bauprojekte sind geprägt durch Entscheidungen, die im Verlaufe des Projektes getroffen werden müssen. Zu Beginn eines Projektes muss die passende Vergabeform gewählt werden. Nach der Auswahl der passenden Auftragsnehmer müssen Verträge verhandelt und die dafür passenden Bauvertragsarten ausgewählt werden. Die Projektorganisation wird zum Teil durch den gewählten Bauvertrag mitbestimmt. Ein Bauprojekt lässt sich somit nicht auf eine Bauvertragsart allein reduzieren. Es müssen sämtliche Aspekte der sogenannten Projektentwicklung beachtet werden. Der folgende Beitrag gibt einen Überblick zu möglichen Elementen der Projektentwicklung. Dazu werden die gängigen Vergabe-, Projektorganisationsformen und Bauvertragsarten als wesentliche Aspekte der Projektentwicklung vorgestellt und mögliche Projektentwicklungsformen, als Kombination der Projektentwicklungsaspekte, entwickelt bzw. dargestellt.

Inhalt

1	Einleitung	56
2	Elemente und Komponenten von Projektabwicklungsformen im Bauwesen	56
2.1	Vergaberecht, Vergabeverfahren und Vergabeart	56
2.2	Vergabeform	57
2.3	Projektorganisationsform	58
2.4	Bauvertragsart und Leistungssoll	60
2.5	Schlussfolgerungen zu möglichen Elementen von Projektabwicklungsformen	61
3	Beispielhafte Darstellung klassischer Projektabwicklungsformen im Bauwesen	65
4	Zusammenfassung	66
	Literatur.....	67

1 Einleitung

Die Begriffe „Projektentwicklung“ bzw. „Projektentwicklungsform“ oder „Projektentwicklungsmodell“ werden in der Literatur nicht einheitlich verwendet. Ein einheitliches Verständnis ist jedoch erforderlich, um eine Diskussionsgrundlage zu schaffen, auf deren Basis weitere Untersuchungen erfolgen können.

Im Folgenden wird daher eine mögliche Interpretation des Begriffes „Projektentwicklungsform“ vorgestellt. Dazu werden in Kapitel 2 mögliche Elemente der Projektentwicklung ermittelt. Diese Elemente sind Oberbegriffe für einzelne Komponenten, die in Kapitel 2.5 vorgestellt werden. Kapitel 3 verdeutlicht, wie aus der Kombination einzelner Komponenten eine Projektentwicklungsform entstehen kann.

2 Elemente und Komponenten von Projektentwicklungsformen im Bauwesen

2.1 Vergaberecht, Vergabeverfahren und Vergabeart

In Deutschland werden durch das Vergaberecht die Verfahrens- und Rechtsschutzregelungen bei der Beschaffung von Waren-, Dienst- und Bauleistungen der öffentlichen Hand geregelt (Dageförde und Hattig 2017). Die öffentliche Hand bzw. öffentliche Auftraggeber werden in den §§ 98 bis 101 des Gesetzes gegen Wettbewerbsbeschränkungen (GWB) definiert.

Rein privatrechtliche Auftraggeber sind im Gegensatz dazu nicht an das deutsche Vergaberecht gebunden (Bücker 2005, S. 130).

Bei einer Vergabe o. g. Leistungen durch öffentliche Auftraggeber wird zunächst die geschätzte Höhe des Auftragswertes mit den in § 106 GWB verankerten Schwellenwerten verglichen. Überschreitet der errechnete Auftragswert den jeweiligen Schwellenwert, muss der öffentliche Auftrag europaweit ausgeschrieben werden. Für die europaweite Ausschreibung werden die Grundsätze und die anzuwendenden Vergabeverfahren im GWB reglementiert. Die Verfahren zur Vergabe der Leistungen werden bei

öffentlichen Aufträgen durch die Vergabeverordnung (VgV) und bei Bauleistungen durch die Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen Teil A Abschnitt 2 (VOB/A – EU) bzw. bei Sonstigen Leistungen über die Vergabe- und Vertragsordnung für Leistungen (VOL/A – EU) konkretisiert. (Dt. Vergabe- und Vertragsausschuss für Bauleistung 2016)

Die VOB/A regelt den gesamten Ablauf von der Ausschreibung von Bauleistungen bis hin zum Abschluss der Bauverträge (Heidemann 2010, S. 22).

Öffentliche Aufträge im Unterschwellenbereich werden nach nationalem Vergaberecht ausgeschrieben (Dageförde und Hattig).

Planungsleistungen können nur dann nach VOB ausgeschrieben werden, wenn sie unmittelbar mit der Ausführung verknüpft sind (Bücker 2005, S. 152).

2.2 Vergabeform

Bei der Ausschreibung und Vergabe von Bauleistungen ist neben der grundsätzlichen Wahl einer Vergabeart bzw. eines Vergabeverfahrens auch die Vergabeform zu wählen. Vergabeform bezeichnet dabei die Vergabe von Bauleistungen an einen oder mehrere Unternehmen. Bei der Fachlos- oder Einzelvergabe wird die Bauleistung getrennt nach Gewerken an mehrere ausführende Unternehmen vergeben. Dabei werden mit allen Auftragnehmern unmittelbare Vertragsverhältnisse mit dem Auftraggeber geschlossen. Im Gegensatz dazu können mehrere, zusammengefasste Gewerke oder sogar die komplette Bauleistung an einen Auftragnehmer vergeben werden. (Eitelhuber 2007, S. 11 f.) Dadurch gibt es für den Auftraggeber nur einen Vertragspartner, welcher das Leistungs-, Termin und Kostenrisiko gesammelt übernimmt.

Gemäß VOB/A § 5 „Vergabe nach Losen“ ist der Auftraggeber dazu angehalten, Bauleistungen so zu vergeben, „dass eine einheitliche Ausführung und zweifelsfreie umfassende Haftung für Mängelansprüche erreicht wird“ (VOB/A § 5 Abs. 1). Die gesamte Bauleistung soll dabei sowohl in

der Menge nach Teillosen sowie in ihrer Art nach Fachlosen getrennt vergeben werden. In begründeten Ausnahmefällen kann aus „wirtschaftlichen oder technischen Gründen auf eine Aufteilung oder Trennung verzichtet werden“. Wie zuvor in Kapitel 2.1 beschrieben ist die VOB nur für öffentliche Auftraggeber verbindlich anzuwenden. Privaten Auftraggebern steht die Aufteilung der Bauleistung in Lose frei.

2.3 Projektorganisationsform

Die Projektorganisationsform beschreibt, durch welche Projektbeteiligten die Aufgaben Planung, Ausführung und Projektmanagement erfüllt werden sollen (Bücker 2005, S. 3). Der Auftraggeber hat für die jeweilige Aufgabe die Planereinsatz-, Unternehmereinsatz- oder die Projektmanagementform zu wählen. Elemente der Ablauforganisation, die ebenfalls unter den Begriff „Organisationsform“ fallen, sollen im Folgenden aus Vereinfachungsgründen außeracht gelassen werden.

Im Rahmen der Projektmanagementform hat der Auftraggeber u. a. abhängig von seinem Know-how und seinen Kapazitäten zu entscheiden, ob er die delegierbaren Bauherrenaufgaben an eine externe Projektsteuerung weitervergift oder selbst erbringt.

Die für das Bauprojekt zu erbringenden Planungsleistungen können vergleichbar mit den oben beschriebenen Vergabeformen entweder getrennt nach Fachgebiet von Fachplanern und Architekten oder komplett durch einen Generalplaner erbracht werden. Die Planereinsatzform beschreibt somit die Unternehmensart des oder der zum Einsatz kommenden Planer. Darüber hinaus können Planungsleistungen auch an ausführende Unternehmen vergeben werden. Dabei wird sowohl zwischen der Vergabe der Planungsleistungen einzelner Gewerke und der gesamthaften Planung als auch zwischen dem Zeitpunkt der Vergabe der Planungsleistungen, d. h. dem Projektfortschritt, unterschieden. (HOAI 2013)

Die Unternehmereinsatzform beschreibt das Maß der übertragenen Bau- und Planungsleistungen an Bauunternehmen (Racky 2009, S. 5) und umfasst damit die oben beschriebenen Vergabeformen (Eitelhuber 2007,

S. 11). Erbringt ein Unternehmer die Bauleistung alleine und unmittelbar für den Bauherrn, spricht man von einem Einzel- oder Alleinunternehmer. Übernimmt dieser Unternehmer den Hauptanteil am Bauvolumen, i. d. R. Rohbauleistung, wird er Hauptunternehmer genannt, während die übrigen Unternehmen Nebenunternehmer genannt werden. Tritt ein Alleinunternehmer als nachgelagerter Vertragspartner eines weiteren Alleinunternehmers ohne direktes Vertragsverhältnis zum Bauherrn auf, spricht man von einem Sub- oder Nachunternehmer.

Bei besonders komplexen oder umfangreichen Bauvorhaben können sich einzelne Unternehmen zu einer Bietergemeinschaft (BIGE) zusammenschließen, um eine bessere Chance für den Erhalt des Zuschlags zu bekommen (Messerschmidt und Voit 2012, S. 1. Teil D. RN190ff.). Erhält die BIGE den Auftrag und erbringt sie gemeinsame die Bauleistung, wird sie Arbeitsgemeinschaft (ARGE) genannt.

Entsprechend der bei den Vergabeformen beschriebenen gesamthaften Vergabe kann die Bauleistung gebündelt an einen einzigen Unternehmer vergeben werden, den Generalunternehmer (GU). Dieser erbringt die gesamte Leistung oder einen Teil der Leistung selbst und vergibt die übrige Bauleistung unter Eigenregie an Nachunternehmer. Führt der Generalunternehmer keine Bauleistung selbst aus, sondern vergibt diese komplett weiter an Nachunternehmer, wird er stattdessen Generalübernehmer (GÜ) genannt. Dieser erbringt lediglich Projektmanagementleistungen als Dienstleister. Bei zusätzlicher Übernahme planerischer Leistungen wird aus einem GU ein Totalunternehmer (TU) bzw. aus einem GÜ ein Totalübernehmer (TÜ).

In der Praxis wird jedoch häufig auch dann von einem GU gesprochen, wenn dieser Planungsleistungen erbringt. Der Internationale Europäische Verband der Bauwirtschaft (FIEC) hat daher drei gängige GU-Formen pauschal definiert:

- GU-Ausführung (GU-A);
- GU-Ausführungsplanung, Ausführung (GU-A,A) bzw. GU-Ingenieurleistung, Ausführung (GU-IA);

- und GU-Entwurfsplanung, Ausführung (GU-E,A) bzw. GU-Planung, Ingenieurleistung, Ausführung (GU-PIA).
(Racky 1997, S. 10-12)

Die Unterscheidung der drei GU-Formen erfolgt hinsichtlich der übernommenen Teil-Planungsleistungen gemäß der HOAI Leistungsphase 5 (GU-A,A oder GU-IA) bzw. Leistungsphase 3 (GU-E,A oder GU-PIA).

2.4 Bauvertragsart und Leistungssoll

Für die Vergabe der Bauleistungen nach VOB/A werden in § 4 VOB/A die möglichen zur Anwendung stehenden Bauvertragsarten beschrieben. Der für öffentliche Auftraggeber maßgeblich anzuwendende Vertrag ist dabei der Leistungsvertrag, welcher als Einheitspreisvertrag oder als (Detail-) Pauschalvertrag ausgestaltet werden kann. Die dabei als Grundlage des Vertrags zur Anwendung kommende Beschreibung des Leistungssolls ist das Leistungsverzeichnis (LV), welches die Bieter zu bepreisen haben. (§ 4 Abs. 3 VOB/A). Beim Einheitspreisvertrag steht die endgültige, zu vergütende Summe somit erst nach Vorliegen der endgültigen Mengen, d.h. nach Fertigstellung des Bausolls, fest. Der Detailpauschalvertrag basiert ebenfalls auf der detaillierten Kalkulation mithilfe eines LV, pauschaliert allerdings im Vorhinein die Vergütung und ist dabei nicht an die angegebenen Mengen gekoppelt (Stieb 2005, S. 15).

Erfolgt die Beschreibung des Leistungssolls qualitativ über eine Funktionale Leistungsbeschreibung (FLB) bzw. über ein Leistungsprogramm (LP), ist der Abschluss eines Einheitspreisvertrags nicht möglich. Stattdessen kann ein Globalpauschalvertrag geschlossen werden, welcher die Leistung und die Vergütung pauschaliert. Erstreckt sich die funktionale Beschreibung nur auf einzelne Gewerke, während der Rest detailliert beschrieben ist, spricht man von einem einfachen Global-Pauschalvertrag. Ist hingegen die komplette Leistung funktional beschrieben, kann ein komplexer Pauschalvertrag geschlossen werden, welcher die Leistung und die Vergütung komplett pauschaliert. (Stieb 2005, S. 15 f.)

Abweichend zu den Leistungsverträgen gibt es nach VOB/A noch den Stundenlohnvertrag sowie bis 2009 den Selbstkostenerstattungsvertrag

(Würfele et al. 2017, S. 135). Beide Verträge sind als Aufwandsvertrag einzustufen. Bei diesen Verträgen wird auf Basis eines Leistungsnachweises die tatsächliche Anzahl gearbeiteter Stunden bzw. die tatsächlich angefallenen Kosten zuzüglich eines gegebenenfalls vereinbarten Zuschusses für Gewinn vergütet.

Die VOB als Vertragsgrundlage fungiert dabei als Allgemeine Geschäftsbedingungen (AGB) und muss daher jeweils individuell vereinbart werden (Eitelhuber 2007, S. 5).

Abbildung 2.1 gibt einen Überblick zu den beschriebenen, in Deutschland zur Anwendung kommenden Bauvertragsarten.

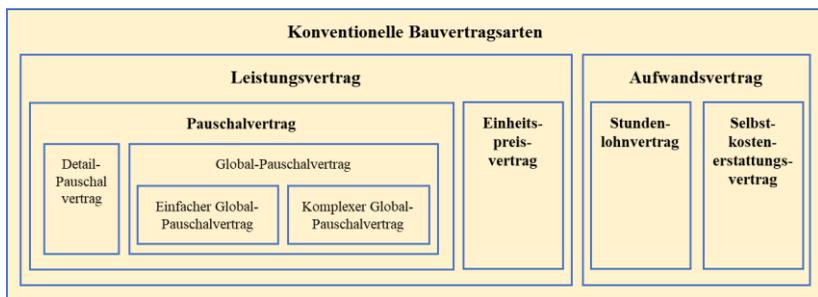


Abbildung 2.1: Konventionelle Bauvertragsarten in Deutschland; eigene Darstellung nach (Gralla 1999, S. 61)

2.5 Schlussfolgerungen zu möglichen Elementen von Projektentwicklungsformen

Während der Abwicklung eines Bauprojekts hat der Bauherr eine Vielzahl von grundlegenden (Organisations-) Entscheidungen zu treffen. Dazu gehören als wesentliche Komponenten rund um die Abwicklung von Projekten die zuvor erläuterten Begriffe: Vergabeart, Vergabeform, Projektorganisationsform und Vertragsarten sowie Leistungsoll, welche sich gegenseitig beeinflussen. So bedingt bspw. die Vergabeform unmittelbar die

Unternehmereinsatzform. Für die unterschiedlichen Unternehmereinsatzformen sind wiederum unterschiedliche Vertragsarten vorteilhaft.

Die Notwendigkeit, diese Komponenten bei der Erstellung eines Bauwerks zu beachten, lässt sich aus der VOB ablesen, welche für einen öffentlichen Auftraggeber zwingend, bei privaten Auftraggebern jedoch ebenfalls weit verbreitet ist. Durch die VOB/A werden die Wahlmöglichkeiten der Vergabeart, Vertragsart und Vergabeform vorgeschrieben.

Die Vergabeform, d. h. die Vergabe der Leistungen in Teillosen oder einem einzigen Los, wird direkt durch die einzelnen Unternehmereinsatzformen bzw. die Planereinsatzformen vorgegeben, da diese sich nach dem Maß der übernommenen Leistungen unterscheiden. Daher ist es sinnvoll, die Unternehmer- bzw. Planereinsatzform anstelle der Vergabeform als maßgeblichen Bestandteil der Projektabwicklung zu betrachten, da dies aufgrund der Vielzahl der unterschiedlichen Einsatzformen eine detailliertere Betrachtung erlaubt.

Im Rahmen der Wahl der Planereinsatzform beschränkt sich die Wahlmöglichkeit auf die beiden Optionen der Einzelfachplaner und des Generalplaners. Die Gesamtprojektabwicklung wird durch die beiden Wahlmöglichkeiten jedoch nur unwesentlich beeinflusst (Bücker 2005, S. 4). Die Vergabe der Planungsleistungen erfolgt in beiden Fällen standardmäßig nach der für Unternehmen mit deutschem Sitz verbindlichen HOAI, lediglich im Fall des Generalplaners wird das Angebot häufig mit einem Zuschlag für die übernommenen Projektmanagementleistungen beaufschlagt. Die Wahl der Planereinsatzformen bedeutet somit lediglich die Bündelung der Leistungen in einem Ansprechpartner und reduziert daher den Projektmanagementaufwand auf Seiten des Bauherrn, ohne die Abwicklung des Projekts als Gesamtes maßgeblich zu beeinflussen.

Die Vergabe der Planungsleistungen an ausführende Unternehmen zu verschiedenen Zeitpunkten, z. B. nach Abschluss der Entwurfsplanung (bspw. GU-A,A), wird im Gegensatz dazu durch die Unternehmereinsatzform mit abgebildet.

Durch die Projektmanagementform wird festgelegt, wer die Projektmanagementleistungen des Bauherrn erbringt. Dabei kann der Bauherr die Leistungen selbst über eine eigene Projektleitung erbringen oder die delegierbaren Bauherrenaufgaben an einen externen Unternehmer, eine Projektsteuerung, vergeben. Durch diese Optionen werden maßgeblich die Kompetenzen und die Kapazitäten des Bauherrn beeinflusst. Dies wiederum beeinflusst die Vorteilhaftigkeit der verschiedenen Unternehmereinsatzformen, welche z. B. in Form eines Totalübernehmers ebenfalls Projektmanagementleistungen übernehmen.

Da die Unternehmereinsatzform somit sowohl die Vergabeform als auch, über die übernommenen Planungs- und Managementleistungen, die Planereinsatz- bzw. Projektmanagementform aufgreift, ist diese als grundlegendes Element der Projektabwicklung zu verstehen.

Die Vergabeart als Verfahren zur Vergabe der Bauleistungen ist insbesondere für öffentliche Auftraggeber, wie in der VOB/A beschrieben, ebenfalls Bestandteil jedes Projekts und bildet somit ein weiteres Element der Projektabwicklung.

Neben den Verfahren zur Vergabe der Leistungen über die verschiedenen Unternehmereinsatzformen kommt der Vertragsgestaltung eine maßgebliche Rolle zu. In den Verträgen werden geforderten Qualitäten, Termine, Preise, Ansprüche und Zuständigkeiten für die Abwicklung des Projekts fixiert. Sie haben somit einen direkten Einfluss auf das Projektergebnis und stehen in direkter Verbindung mit den Unternehmereinsatzformen, deren Vorteilhaftigkeit u. a. durch die Vertragsart bedingt ist.

Somit liegt der Haupteinfluss für die Abwicklung von Projekten in der Vergabe- und Vertragsart für die Bauausführung. Die verschiedenen Vertragsarten basieren wiederum auf den unterschiedlichen Beschreibungen des Leistungssolls.

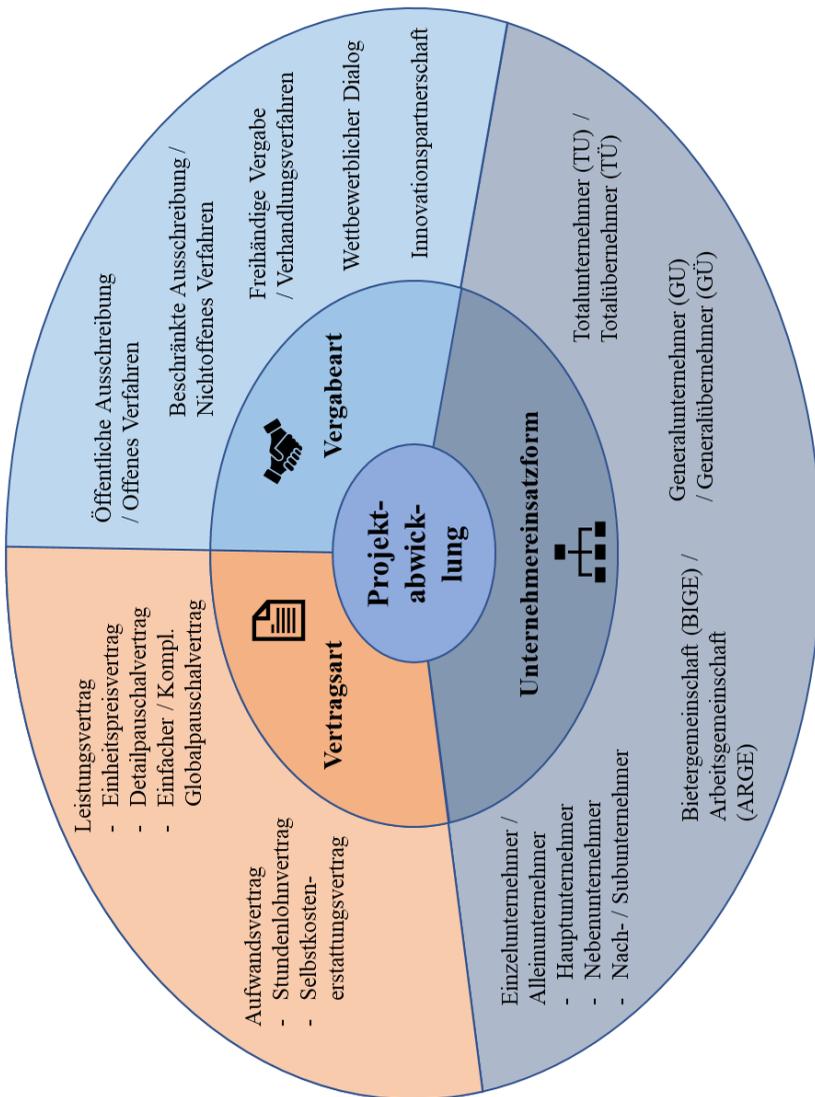


Abbildung 2.2: Elemente der Projektabwicklung (innerer Ring) inklusive möglicher Komponenten (äußerer Ring)

Zusammenfassend kann die Projektabwicklung als Einheit aus den drei grundlegenden Elementen Vergabeart, Vertragsart und Unternehmereinsatzform definiert werden.

Abbildung 2.2 gibt einen Überblick zu den beschriebenen Elementen der Projektabwicklung und möglichen Komponenten dieser Elemente, die in Deutschland Anwendung finden.

3 Beispielhafte Darstellung klassischer Projektabwicklungsformen im Bauwesen

Die möglichen Projektabwicklungsformen ergeben sich durch die projektspezifische Wahl der Kombination der drei Elemente der Projektabwicklung: Vergabeart, Unternehmereinsatzform und Vertragsart. In Kapitel 1 wurde erwähnt, dass darüber hinaus weitere Elemente möglich sind. Die vorliegende Modellbildung ist somit lediglich beispielhaft und nicht als abschließend zu betrachten. Abbildung 3.1 verdeutlicht dies durch einen vierten, grünen Kasten als Platzhalter für weitere Elemente. Beispiel Nr. 1 kommt als Projektabwicklungsform i.d.R. bei öffentlichen Bauprojekten zum Einsatz. Beispiel Nr. 2 findet insbesondere bei Schlüsselfertigbauten seinen Einsatz.

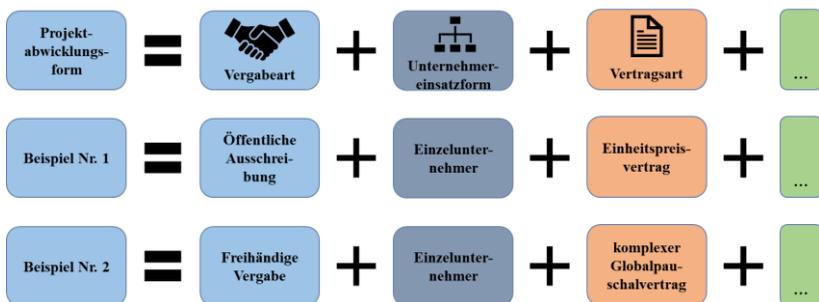


Abbildung 3.1: Beispielhafte Darstellung klassischer Projektabwicklungsformen durch Kombination der Projektabwicklungselemente

4 Zusammenfassung

Eine Projektabwicklungsform ergibt sich durch eine projektspezifische Kombination unterschiedlicher Komponenten. Die Komponenten lassen sich unter anderem unter den Oberbegriffen: Vergabeart, Vertragsart sowie Unternehmereinsatzform einordnen und zusammenfassen.

Dieses Vorgehen ermöglicht es, alle gängigen Komponenten, wie EP-Vertrag, Generalunternehmer und öffentliche Ausschreibung, in ein Gesamtbild der Projektabwicklung einzuordnen. Dadurch eröffnen sich Anknüpfungsmöglichkeiten für weitere Elemente und Komponenten, die Gegenstand eingehender Untersuchungen sein können. Ein Abschluss dieser Untersuchungen könnte ein einheitliches Verständnis von Projektabwicklungsformen unterstützen und damit konkrete Projektentscheidungen vereinfachen.

Literatur

- Bücker, M. (2005): Construction Management - Untersuchungen zur Anwendbarkeit der US-amerikanischen Projektentwicklungsform Construction Management at Risk in Deutschland. Shaker Verlag, Aachen.
- Dageförde, A.; Hattig, O. (2017): Checkliste 1: Wie funktioniert das deutsche Vergaberecht?.
https://www.dtv.de/sites/default/files/leitfaden/DTVP_LeitfadenVergaberecht_deutschesVergaberecht.pdf [Zugriff am 01.02.2019].
- Eitelhuber, A. (2007): Partnerschaftliche Zusammenarbeit in der Bauwirtschaft - Ansätze zu kooperativem Projektmanagement im Industriebau. Kassel, Universität Kassel, Dissertation.
- Gralla, M. (1999): Neue Wettbewerbs- und Vertragsformen für die deutsche Bauwirtschaft. Dortmund, Universität Dortmund, Dissertation.
- Heidemann, A. (2010): Kooperative Projektentwicklung im Bauwesen unter der Berücksichtigung von Lean-Prinzipien - Entwicklung eines Lean-Projektentwicklungssystems. Karlsruhe, Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Dissertation.
- HOAI 2013: Honorarordnung für Architekten und Ingenieure.
- Messerschmidt, B.; Voit, W. (Hrsg.) (2012): Privates Baurecht - Kommentar zu §§ 631ff. BGB. C. H. Beck, München.
- Racky, P. (1997): Entwicklung einer Entscheidungshilfe zur Festlegung der Vergabeform. VDI Verlag GmbH, Düsseldorf.
- Racky, P. (2009): Fachlosweise Vergabe oder Generalunternehmervergabe als Entscheidungsproblem des Bauherrn. Hauptverband der Deutschen Bauindustrie e.V., Berlin.
- Stieb, M. (2005): Nachtragsmanagementtool - Entwicklung eines individuellen, anwenderorientierten und datenbankbasierten Softwaretools auf Grundlage eines ganzheitlichen Nachtragsmanagementsystems für technische Nachträge. Berlin, Brandenburgische Technische Universität Cott-

bus, Lehrstuhl für Baubetrieb und Bauwirtschaft, Fakultät Architektur,
Bauingenieurwesen und Stadtplanung.

VOB 2016: Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen

Würfele, F.; Bielefeld, B.; Gralla, M. (2017): Bauobjektüberwachung:
Kosten - Qualitäten - Termine - Organisation - Leistungsinhalt - Rechts-
grundlagen - Haftung - Vergütung. 3. Auflage, Springer Vieweg, Wiesba-
den.

Identifikation, Analyse und Vergleich von Reifegradmodellen für Building Information Modeling (BIM)

Maximilian Deubel, Julian Halter

*Maximilian Deubel, Institut für Technologie und Management im Baubetrieb (TMB),
Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Deutschland*

*Julian Halter, Institut für Technologie und Management im Baubetrieb (TMB), Karlsruher
Institut für Technologie (KIT), Deutschland*

Kurzfassung

Zur Beschreibung des Implementierungsfortschritts bei der Anwendung von Building Information Modeling (BIM) innerhalb eines Projekts oder Unternehmens können Reifegradmodelle verwendet werden. Eine der bekanntesten Einteilungen sind die sogenannten BIM Level aus Großbritannien. Allerdings finden sich in der Literatur viele weitere Modelle, die teilweise präziser differenzieren und umfassendere Bewertungskriterien heranziehen. Die große Anzahl erschwert die Auswahl geeigneter Modelle für ein bestimmtes Unternehmen oder Projekt. Dabei ist es wichtig, den Reifegrad der Anwendung von BIM zu bestimmen, da die Anzahl potentiell umsetzbarer BIM-Anwendungsfälle (AWF) mit zunehmendem Reifegrad wächst. Dieser Beitrag identifiziert daher zunächst bestehende Reifegradmodelle. Aufbauend auf einer tiefgehenden Beschreibung und Analyse erfolgt abschließend ein bewerteter Vergleich der Modelle.

Inhalt

1 Einführung	72
2 BIM-Reifegradmodelle.....	72
2.1 Vorgehensweise zur Identifikation.....	72
2.2 Übersicht bestehender Reifegradmodelle.....	73
2.3 Vergleich der Reifegradmodelle	80
3 Zusammenfassung und Ausblick	82
Literatur.....	84

1 Einführung

Im Mai 2011 hat die britische Regierung eine neue Baustrategie herausgegeben, mit dem Ziel die Kosten der Vermögenswerte im öffentlichen Sektor bis 2016 um 20% zu senken. Um das zu erreichen hatte sie festgesetzt, dass künftig alle Bieter für zentral ausgeschriebene Regierungsprojekte ab dem Jahr 2016 mindestens auf BIM Level 2 anbieten müssen. (vgl. British Standards Institution und Department for Business, Energy and Industrial Strategy 2019). Zwar wurde das Ziel zum genannten Datum nicht vollständig erreicht, dennoch verlief die Umsetzung in überwiegender Form erfolgreich (vgl. Hamil 2016). In Deutschland wird ein ähnliches Konzept verfolgt. Ende 2015 präsentierte der damalige Bundesverkehrsminister Dobrindt den Stufenplan Digitales Planen und Bauen. Ab Ende 2020 sollen alle Projekte im Zuständigkeitsbereich des Verkehrsministeriums auf Leistungsniveau 1 durchgeführt werden (vgl. BMVI 2015, S. 5). Das deutsche Leistungsniveau I ist in etwa mit dem britischen Level 2 vergleichbar. Die Einordnung in die BIM-Level erfolgt mit Hilfe eines Reifegradmodelles, das die verschiedenen Stufen in Form von unterschiedlichen Reifegraden beschreibt. Reifegradmodelle erlauben Aussagen darüber, in wie weit BIM in einem Unternehmen oder Projekt implementiert ist und ermöglichen zudem Vergleiche. Die Anzahl potentiell anwendbarer BIM-Anwendungsfälle steht dabei in Abhängigkeit zum Reifegrad. Für Anwender der Methode BIM ist es daher wichtig zu wissen, auf welchem Reifegrad sie selbst und auch die weiteren Projektbeteiligten sich befinden.

2 BIM-Reifegradmodelle

2.1 Vorgehensweise zur Identifikation

Die Recherche nach BIM-Reifegradmodellen erfolgte über umfassende vorwärts- und rückwärtsgerichtete Literaturrecherchen. Als Ausgangsbasis wurde das Modell der BIM Level aus Großbritannien verwendet. Darauf aufbauend wurde in relevanter Grundlagenliteratur zu BIM sowie mit Hilfe von Google Scholar und digitalen Bibliothekskatalogen recherchiert. Als Suchbegriffe wurden in Kombination mit „BIM“ oder „Building Informati-

on Modeling“ jeweils einzeln die Begriffe „Reife“, „Level“, maturity“ und „capability“ verwendet. Insgesamt konnten durch dieses Vorgehen elf Reifegradmodelle zur Bewertung von BIM identifiziert werden. Daneben existiert das sogenannte Capability Maturity Model (CMM) als allgemeines und ursprüngliches Bewertungsmodell für Software, das jedoch zugleich die Grundlage für die BIM-Reifegradmodelle bildet.

2.2 Übersicht bestehender Reifegradmodelle

2.2.1 Capability Maturity Model

Das von Paulk et al. (1993) entwickelte CMM war ursprünglich dafür gedacht, die Fähigkeiten von Softwareentwicklern beurteilen zu können. Es bildet heute jedoch die Grundlage für viele weitere Reifegradmodelle in verschiedenen Branchen (vgl. Succar 2010, S. 77). Im CMM differenzieren Paulk et al. (1993, S. 10–13) die Fähigkeiten der Anwender in fünf Reifegrade:

- Level 1 (Initial Level): Fähigkeiten für eine Methode oder Prozess sind individuell vorhanden und nicht in der Organisation verankert.
- Level 2 (Repeatable Level): Für die Methode oder den Prozess gibt es dokumentierte Standards.
- Level 3 (Defined Level): Wissen wird aufgebaut, messbare Kennzahlen für die Methode oder den Prozess werden implementiert.
- Level 4 (Managed Level): Organisation orientiert sich an „Best Practices“, Benchmarking mit anderen Organisationen erfolgt.
- Level 5 (Optimizing Level): Organisation betreibt aus sich selbst heraus einen kontinuierlichen Verbesserungsprozess (KVP) der Methode oder des Prozesses.

Bedeutsamer als diese Einteilung ist jedoch der Grundgedanke, welche Auswirkungen der zunehmende Reifegrad auf die jeweilige Methode oder den Prozess hat. Abbildung 2.1 stellt diese Auswirkungen beispielhaft an der Erreichung von messbaren Zeit- oder Kostenzielen dar.

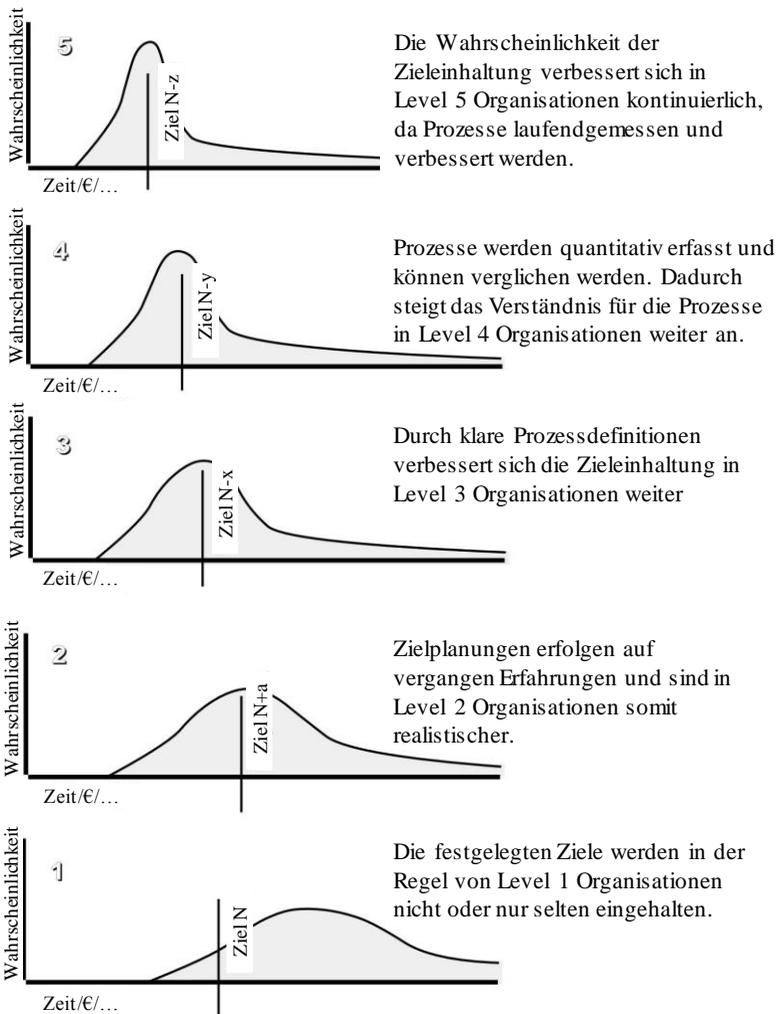


Abbildung 2.1: Verbesserung der Zieleinhaltung durch zunehmenden Reifegrad, basierend auf Paulk et al. (1993, S. 23)

Zusammenfassend bedeutet ein zunehmender Reifegrad (maturity) die Verbesserung einer Fähigkeit (capability). Damit steigt die Wahrscheinlichkeit, dass das geplante Ergebnis die gesetzten Ziele (Zeit/€/...) erreicht. Die Fähigkeit gibt folglich Auskunft darüber, ob eine Person oder Organisation überhaupt dazu in der Lage ist eine Aufgabe auszuführen, während der Reifegrad den Erfolg der Ausführung im Hinblick auf die Erreichung der gesetzten Zielerreichung beschreibt.

2.2.2 Interactive Capability Maturity Model

Eines der ersten Modelle, das eine genauere Unterteilung des BIM-Reifegrads ermöglicht, ist das als interaktives Excel-Tool bereitgestellte Interactive Capability Maturity Model vom National Institute of Building Sciences (2007). Es verfolgt das Ziel, die Einhaltung eines Minimalstandards bei der Anwendung von BIM prüfen und damit gewährleisten zu können. Für insgesamt 11 Kriterien werden jeweils die Reifegrade 1 bis 10 beschrieben. Für jedes Kriterium wird der zutreffende Reifegrad ausgewählt und anschließend die Summe der Reifegrade gebildet. Der theoretische Minimalwert beträgt somit 11 (11x1), der Maximalwert 110 (11x10). Der Wert 40 wird als Minimalanforderung festgelegt. (vgl. National Institute of Building Sciences 2007, S. 78)

2.2.3 BIM Maturity Model

Zur Beantwortung der Frage, wie weit die Implementierung von BIM fortgeschritten ist und um Vergleiche zu ermöglichen, hat sich in vielen Publikationen die Einteilung in sog. BIM Level durchgesetzt. Diese Unterteilung stammt aus Großbritannien und geht zurück auf das von Bew und Richards entwickelte BIM Maturity Model. Es differenziert vier verschiedene Reifegrade bei der Anwendung von BIM. Abbildung 2.2 stellt die Reifegrade und die wesentlichen Unterschiede graphisch dar.

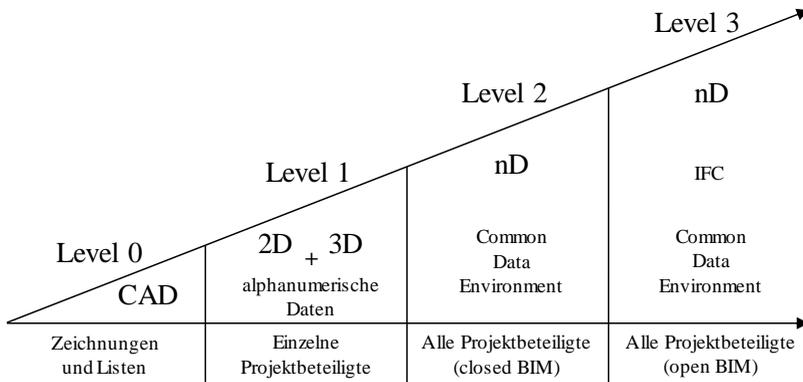


Abbildung 2.2: BIM Maturity Model, basierend auf The British Standards Institution (2013, S. vii)

2.2.4 IU BIM Proficiency Matrix

Die IU BIM Proficiency Matrix wurde 2009 an der Indiana University (IU) entwickelt (vgl. Indiana University 2015). Dieses Tool wird als Excel-Tabelle bereitgestellt und bewertet insgesamt acht Interessensbereiche mit Hilfe von 4 Reifegradstufen. Daraus ergibt sich ein theoretisch möglicher Maximalwert von 32 (4x8) Punkten (vgl. Sacks et al. 2018, S. 337). Die Matrix dient vor allem zur Bewertung der BIM-Erfahrung potenzieller Planer und Auftragnehmer (vgl. Giel und Issa 2013, S. 453).

2.2.5 BIM Maturity Matrix

Basierend auf den bis dato bestehenden Modellen entwickelte Succar (2010) die BIM Maturity Matrix. Die Anwendung ist auf verschiedene Ebenen (vom Weltmarkt bis zur einzelnen Person) skalierbar (vgl. Succar 2010, S. 78). Zudem ist die Granularität der zu bewertenden Kompetenzen von grob (Selbstbewertung) bis sehr fein (Auditierung durch externe Berater) anpassbar (vgl. Succar 2010, S. 92). Zur Bewertung der Kompetenzen verwendet die BIM Maturity Matrix fünf Reifegradstufen (initiiert, definiert, verwaltet, integriert und optimiert) in Anlehnung an das CMM. Im Ergebnis liefert das Modell einen relativen Punktwert, der zwischen 0 und

50 schwankt (vgl. Succar 2010, S. 88–91). Zudem haben Succar et al. (2013) auf der BIM Maturity Matrix aufbauend den Individual Competency Index (ICI) entwickelt, um die BIM Kompetenzen einzelner Personen genauer zu bestimmen. Erneut wurde die BIM Maturity Matrix von Succar und Kassem (2016) zum Point of Adoption Model weiterentwickelt.

2.2.6 BIM QuickScan

BIM QuickScan der niederländischen Organisation für Angewandte Naturwissenschaftliche Forschung (TNO) aus dem Jahr 2010 bewertet in 4 übergeordneten Bereichen (Organisation und Management, Mentalität und Kultur, Informationsstruktur und -fluss sowie Werkzeuge und Anwendungen) das aktuelle BIM-Leistungsniveau von Planungs- und Bauunternehmen. In den Bereichen werden insgesamt bis zu 50 Kriterien betrachtet, die in Form eines Multiple-Choice-Fragebogens abgefragt werden. Jeder Antwortmöglichkeit ist eine Punktzahl zugewiesen. Nach Berücksichtigung der Gewichtungsfaktoren für die einzelnen Kriterien, lässt sich über die Summe der Punkte eine Aussage über die BIM-Leistung einer Organisation treffen. (vgl. Sebastian und van Berlo 2010, S. 258–261). Im Ergebnis erfolgt eine zusammengefasste Bewertung für die vier übergeordneten Bereiche, die jeweils von 0 bis 5 bewertet werden.

2.2.7 BIM Characterization Framework

Im Rahmen seiner Dissertation hat Gao (2011) einen Bewertungsrahmen zur Bestimmung der Reife von BIM entwickelt, aus dem später die VDC Scorecard entstanden ist. Die Klassifizierung erfolgt über 3 Hauptkategorien, 14 Faktoren und 74 Maßnahmen und ermöglicht eine Bewertung der BIM-Implementierung über drei Stufen (vgl. Gao 2011, S. 138). Zwar ähnelt der Aufbau anderen Methoden, allerdings verwendet er als Ergänzung zu den herkömmlichen Multiple-Choice-Ansätzen offen formulierte Fragen zur Bewertung (vgl. Wu et al. 2017, S. 38).

2.2.8 VDC Scorecard/bimSCORE

Das Center for Integrated Facility Engineering (CIFE) der Stanford University entwickelte die Virtual Design and Construction (VDC) Scorecard mit

dem Ziel, eine anpassungsfähige und ganzheitliche Bewertungsmethode zu schaffen (vgl. Kam et al. 2016, S. 1). Sie bildet die Grundlage für die kommerziell vertriebene Anwendung bimScore (vgl. bimScore 2019). Die VDC Scorecard bewertet die Reife der BIM-Implementierung in den vier übergeordneten Bereichen Planung, Umsetzung, Technologie und Leistung. Diese Bereiche gliedern sich wiederum in 10 Abteilungen mit insgesamt 56 Kriterien. Die Abfrage erfolgt mittels unterschiedlich gestalteter Fragen auf einem Fragebogen (vgl. Center for Integrated Facility Engineering 2017). Die jeweils erreichten Punkte werden zu einem Gesamtwert aufsummiert, wobei die Bereiche und Abteilungen unterschiedlich gewichtet werden. Die VDC Scorecard ist auf Grund ihres Umfangs zwar sehr zeitaufwändig, zugleich aber auch sehr detailliert. Die Klassifizierung des erreichten Gesamtwerts erfolgt abschließend in fünf Reifegraden (konventionell, typisch, fortgeschritten, erfolgreich, innovativ). Bei der Entwicklung wurde mit Hilfe der Daten von 108 Projekten eine Kalibrierung des Modells durchgeführt (vgl. Kam et al. 2016, S. 16). Durch die so differenziert gewonnenen Benchmarkwerte kann jedes Projekt entsprechend eingeordnet und eine vergleichende Aussage über den erreichten Reifegrad getroffen werden.

2.2.9 BIM Assessment Profile

Das BIM Assessment Profile ist ein Reifegradmodell, das vom Computer Integrated Construction Research Program (CIC) an der Pennsylvania State University entwickelt wurde (vgl. Computer Integrated Construction Research Program 2013). Das Modell beschreibt sechs Kernelemente der BIM Anwendung aus Sicht des Eigentümers (vgl. Computer Integrated Construction Research Program 2013, S. 7). Die Kernelemente sind in insgesamt 20 Unterelemente differenziert, die mit sechs Reifegradstufen (0-5) bewertet werden können. Auf diesem Modell aufbauend wurde von den beiden britischen Ingenieurbüros Arup und Atkins das sog. BIM Maturity Measurement Tool entwickelt (vgl. Jensen 2015). Diese Excel-basierte Anwendung wird u.a. auch von buildingSMART International in ähnlicher Form als Tool zur Bestimmung des Reifegrads von BIM Projekten angeboten. Das Modell kann als ein umfangreiches, zugleich aber auch aufwendiges Bewertungsmodelle bezeichnet werden.

2.2.10 Owner's BIMCAT

Giel und Issa (2014) entwickelten das Modell kurz nach dem BIM Assessment Profile der Penn State University, da sie die dort verwendeten Unterelemente als nicht transparent genug empfanden. Die Zielgruppe des Modells sind Gebäudeeigentümer bzw. Bauherren. In einer mehrstufigen Umfrage wurden insgesamt 66 Kompetenzen identifiziert und priorisiert. Diese sollten erfüllt werden, damit BIM erfolgreich umgesetzt wird (vgl. Giel und Issa 2014, S. 552). Das Vorhandensein jeder Kompetenz kann im Anschluss geprüft und so eine Aussage über die Eignung des jeweiligen Gebäudeeigentümers zur Anwendung von BIM getroffen werden. Der Vorteil der Blickrichtung aus Sicht der Gebäudeeigentümer ist, dass bei dieser Bewertung der gesamte Lebenszyklus berücksichtigt wird und nicht nur eine Fokussierung auf die Planungs- oder Errichtungsphase erfolgt.

2.2.11 BIM Cloud Score

BIM Cloud Score wurde von Du et al. (2014) mit dem Ziel entwickelt, die BIM-Leistung eines einzelnen Unternehmens mit dem aktuellen Stand der gesamten Branche zu vergleichen und dadurch zu verbessern. Aus dem Vergleich lässt sich schließen, in welchen Bereichen der BIM-Nutzung ein Unternehmen noch Verbesserungspotenzial besitzt und demnach entsprechende Maßnahmen einleiten. Das Modell arbeitet mit insgesamt 20 Kennzahlen, die in 6 Bereiche gegliedert sind (vgl. Du et al. 2014, S. 5). Um den Vergleich der Unternehmen untereinander zu ermöglichen, müssen die Daten von vielen Anwendern gesammelt und ausgewertet werden um einen Gesamtüberblick zu bekommen. Diese Datenerfassung erfolgt ebenso wie die Auswertung und Zusammenfassung der Ergebnisse cloudbasiert. (vgl. Du et al. 2014, 1 f.)

2.2.12 InfraBIM-Reifegradmetrik

Die wissenschaftliche Begleitung der vier ersten vom BMVI geförderten BIM-Pilotprojekte hat zur Analyse der einzelnen Projekte und für einen projektübergreifenden Vergleich die InfraBIM-Reifegradmetrik entwickelt (vgl. Borrmann et al. 2017). Diese basiert im Wesentlichen auf der VDC Scorecard und dem BIM Maturity Measurement Tool. Da die bestehenden

Ansätze jedoch nicht die Spezifika des deutschen Markts (z.B. HOAI) berücksichtigen, erfolgte eine Eigenentwicklung, „die die deutschen Randbedingungen berücksichtigt, besser auf Infrastrukturprojekte ausgelegt ist und einen adäquaten Detaillierungsgrad aufweist“ (Borrmann et al. 2017, S. 216). Die InfraBIM-Reifegradmetrik umfasst 62 Kriterien, die jeweils mit Punkten von 0 (nicht vorhanden) bis 5 (optimal umgesetzt) bewertet werden. Die Kriterien sind in 10 übergeordnete Bereiche eingeteilt und bilden die „zeitlichen Phasen der BIM-Anwendung in einem Bauvorhaben ab“ (Borrmann et al. 2017, S. 216). Für jeden Bereich wird eine Gesamtbewertung ermittelt. Eine Ermittlung des Reifegrads für das gesamte Projekt halten Borrmann et al. (2017, S. 215 f.) auf Grund der unterschiedlichen Gewichtungen für nicht sinnvoll.

2.3 Vergleich der Reifegradmodelle

Es stellt sich die Frage, welche Vor- und Nachteile die einzelnen Modelle im Vergleich zu den anderen Modellen aufweisen und ob manche Modelle ggf. besser zur Bewertung des Implementierungsfortschritts von BIM geeignet sind als andere. Diese Vorgehensweise basiert auf den Arbeiten von Wu et al. (2017). Sie haben ebenfalls bestehende Reifegradmodelle identifiziert und anhand von fünf verschiedenen Kriterien (einfache Bedienung, Anwendungsbereich, Flexibilität, Validierung und Verbesserung, Benchmark-Möglichkeiten) miteinander verglichen. Die Ausprägung jedes Kriteriums konnte von 0 (sehr schlecht) bis 10 (sehr gut) bewertet werden. Allerdings fehlen in ihrer Bewertung zum einen die hier vorgestellten Modelle aus den Kapiteln 2.2.1, 2.2.3 und 2.2.12. Zum anderen ist die exakte Bewertung der Kriterien nicht vollständig nachvollziehbar. Aus diesem Grund werden in diesem Kapitel Kriterien mit unterschiedlichen Ausprägungsmerkmalen vorgestellt, mit deren Hilfe ein nachvollziehbarer Vergleich der Modelle erfolgt. Tabelle 2.1 zeigt die vollständige Übersicht der 12 Reifegradmodelle mit ihrem Entwickler und Erscheinungsjahr, die Anzahl der im jeweiligen Modell verwendeten Reifegradstufen und Bewertungskriterien sowie die nachfolgend erläuterten vier Vergleichskriterien (Bedienbarkeit, Betrachtungsrahmen, Skalierbarkeit und Optimierungsvorschläge).

Tabelle 2.1: Vergleich bestehender Reifegradmodelle

Bezeichnung	Entwickler	Erscheinungsjahr	Anzahl Reifegrade	Anzahl Bewertungskriterien	Bedienbarkeit	Betrachtungsrahmen	Skalierbarkeit	Optimierungsvorschläge
Capability Maturity Model	Paulk et al.	1993	5	-	einfach	umfassend	gering	gering
Interactive Capability Maturity Model	NIBS	2007	10	11	einfach	mittel	gering	gering
BIM Maturity Model	Bew, Richards	2008	4	-	einfach	eingeschränkt	gering	gering
IU BIM Proficiency Matrix	Indiana University	2009	4	8	einfach	eingeschränkt	gering	gering
BIM Maturity Matrix	Succar	2010	5	34	komplex	umfassend	hoch	gering
BIM QuickScan	TNO	2010	6	50	einfach	umfassend	gering	gering
BIM Characterization Framework	Gao	2011	3	74	komplex	mittel	gering	umfassend
VDC Scorecard	Stanford CIFE	2013	5	56	komplex	umfassend	mittel	umfassend
BIM Assessment Profile	Penn State CIC	2013	6	20	mittel	umfassend	mittel	gering
Owner's BIMCAT	Giel, Issa	2014	6	66	einfach	umfassend	gering	gering
BIM Cloud Score	Du et al.	2014	6	20	komplex	eingeschränkt	gering	umfassend
InfraBIM-Reifegradmetrik	Borrmann et al.	2017	6	62	einfach	umfassend	gering	gering

Von Wu et al. (2017) wurde das Kriterium der Bedienbarkeit übernommen. Die Ausprägung wurde jedoch auf die drei Stufen „einfach“, „mittel“ und „komplex“ reduziert. Dies ergibt eine hinreichende Genauigkeit, um eine vergleichende Aussage zu treffen. Sofern die Bedienbarkeit des Modells intuitiv ist, wurde es als „einfach“ eingestuft. Wenn die Anwendung nicht ohne kurzes Einlesen möglich war, wurde „mittel“ zugewiesen. „Komplex“

bedeutet, dass eine umfangreichere Einarbeitung zur Anwendung notwendig ist.

Das Kriterium Betrachtungsrahmen unterscheidet, wie umfangreich die Reifegradmodelle einzelne Phasen eines Bauprojekts berücksichtigt. Beispielsweise legen manche Modelle den Fokus überwiegend auf die Planungsphase und sind somit „eingeschränkt“ wohingegen andere Modelle den gesamten Lebenszyklus betrachten und somit als „umfassend“ einzustufen sind.

Eine weitere Unterscheidungsmöglichkeit ist die Skalierbarkeit der Anwendung. Darunter ist die Anpassung auf bspw. ein Projekt bzw. Unternehmen, auf einen Projektbeteiligten bzw. eine Abteilung oder eine individuelle Person zu verstehen. Die meisten Modelle bieten keine Anpassungsmöglichkeiten. Ihre Skalierbarkeit ist „gering“. Die umfassendsten Möglichkeiten bietet die BIM Maturity Matrix und wird daher als „hoch“ eingestuft. Bei weniger umfangreichen Skalierungsmöglichkeiten erfolgt die Einstufung in „mittel“.

Zusätzlich liefern manche Modelle zum Abschluss der Bewertung Optimierungsvorschläge und geben damit eine Auskunft darüber, wie ein höherer Reifegrad erreicht werden könnte. Prinzipiell kann bei jedem Modell anhand der Bewertungsweise eigenständig ein Rückschluss gezogen werden, welche Maßnahmen eine bessere Bewertung ergeben würden. Diese Modelle geben jedoch keine eigenen Vorschläge und werden daher als „gering“ eingestuft. Auf der anderen Seite liefern einzelne Modelle zum Teil „umfassende“ Optimierungsvorschläge.

3 Zusammenfassung und Ausblick

In diesem Beitrag wurden Reifegradmodelle zur Bewertung der Implementierung von BIM identifiziert und die wesentlichen Funktionsweisen kurz erläutert. Insgesamt wurden 12 Modelle erfasst und analysiert. Die Reifegradmodelle unterschieden sich zum Teil in ihrem grundlegenden Aufbau und der Herangehensweise. Auch der Detaillierungsgrad ist von Modell zu

Modell verschieden. Aus diesem Grund wurden Vergleichskriterien festgelegt um eine Einschätzung über die Anwendbarkeit der Modelle zu erhalten. Alle Modelle bewerten in teils unterschiedlichen Betrachtungsrahmen den Implementierungsfortschritt von BIM. Dabei kann die grundsätzliche Tendenz festgestellt werden, dass eine umfassende Bewertung eine aufwändige Bedienung und entsprechenden Ressourceneinsatz erforderlich macht.

Was die Modelle hingegen bisher nicht bewerten ist der Nutzen, der aus der Anwendung von BIM bzw. der Implementierung resultiert. Zudem treffen sie keine Aussagen darüber, wie hoch der tatsächliche Implementierungsaufwand einzuschätzen ist. Darüber hinaus bleibt der eigentliche Aufwand der Anwendung der Methode BIM im Rahmen der Bewertungen unberücksichtigt. Vor allem die Beantwortung von Fragen dieser Art sind jedoch für Unternehmen, die BIM bereits anwenden oder künftig planen anzuwenden, von großer Bedeutung, damit sie Hilfestellungen zur eigenen Ressourcenallokation erhalten. Ziel weiterer Forschungen des Instituts für Technologie und Management im Baubetrieb am KIT ist es daher ein Modell zu entwickeln, dass in Abhängigkeit des Reifegrads der BIM-Implementierung Aussagen zum tatsächlichen Anwendungsaufwand und dem daraus resultierenden Nutzen treffen kann.

Literatur

- bimScore (2019): bimScore. <https://www.sbi.international/index.php/learnmore/method02> [Zugriff am: 16 April 2019].
- Borrmann, A.; König, M.; Hochmuth, M.; Liebich, T.; Elixmann, R. (2017): Die INFRABIM-Reifegradmetrik. In: Bautechnik, Jahrgang 94, Heft 4, S. 215–219.
- British Standards Institution; Department for Business, Energy and Industrial Strategy (2019): About BIM Level 2. <https://bim-level2.org/en/about/> [Zugriff am: 16 April 2019].
- BMVI (2015): Stufenplan Digitales Planen und Bauen. Einführung moderner, IT-gestützter Prozesse und Technologien bei Planung, Bau und Betrieb von Bauwerken, Berlin.
- Center for Integrated Facility Engineering (CIFE) (2017): VDC Scorecard. https://vdcscorecard.stanford.edu/sites/g/files/sbiybj8856/f/vdc_full_version.pdf [Zugriff am: 16 April 2019].
- Computer Integrated Construction Research Program (CIC) (2013): BIM Planning Guide for Facility Owners, 2 Auflage. https://www.bim.psu.edu/owners_guide/ [Zugriff am: 16 April 2019].
- Du, J.; Liu, R.; Issa, R.R.A. (2014): BIM Cloud Score: Benchmarking BIM Performance. In: Journal of Construction Engineering and Management, Jahrgang 140, Heft 11.
- Gao, J. (2011): A characterization framework to document and compare BIM implementations on construction projects. Stanford, Stanford University, Dissertation.
- Giel, B.; Issa, R.R.A. (2013): Synthesis of Existing BIM Maturity Toolsets to Evaluate Building Owners. In: Becerik-Gerber, B., Brilakis, I., Lee, S. (Hrsg.): Computing in civil engineering. Los Angeles, S. 451–458.
- Giel, B.; Issa, R.R.A. (2014): Framework for Evaluating the BIM Competencies of Building Owners. In: Issa, R.R.A., Flood, I. (Hrsg.): Computing in civil and building engineering: Proceedings of the 2014 International

- Conference on Computing in Civil and Building Engineering. Orlando, S. 552–559.
- Hamil, S. (2016): BIM Level 2 - Was it worth it? <https://www.thenbs.com/knowledge/bim-level-2-was-it-worth-it> [Zugriff am: 14 April 2019].
- Indiana University (2015): Building Information Modeling (BIM) Guidelines and Standards for Architects, Engineers, and Contractors. <http://www.indiana.edu/~uao/docs/standards/IU%20BIM%20Guidelines%20and%20Standards.pdf> [Zugriff am: 16 April 2019].
- Jensen, C. (2015): BIM Maturity Measurement tool. <https://www.ice.org.uk/knowledge-and-resources/best-practice/bim-maturity-measurement-tool> [Zugriff am: 3 April 2019].
- Kam, C.; Senaratna, D.; McKinney, B.; Xiao, Y.; Song, M. (2016): The VDC Scorecard: Formulation and Validation. <https://purl.stanford.edu/xd249sp3509> [Zugriff am: 16 April 2019].
- National Institute of Building Sciences (2007): National Building Information Modeling Standard: Version 1 - Part 1: Overview, Principles, and Methodologies. https://buildinginformationmanagement.files.wordpress.com/2011/06/nbimsv1_p1.pdf [Zugriff am: 16 April 2019].
- Paulk, M.; Curtis, B.; Chrissis, M.; Weber, C. (1993): Capability Maturity Model for Software (Version 1.1).
- Sacks, R.; Eastman, C.M.; Lee, G.; Teicholz, P.M. (2018): BIM handbook: A guide to building information modeling for owners, designers, engineers, contractors, and facility managers. 3. Auflage, Wiley, Hoboken.
- Sebastian, R.; van Berlo, L. (2010): Tool for Benchmarking BIM Performance of Design, Engineering and Construction Firms in The Netherlands. In: Architectural Engineering and Design Management, Heft 6, S. 254–263.
- Succar, B. (2010): Building Information Modelling Maturity Matrix. In: Underwood, J., Isikdag, U. (Hrsg.): Handbook of Research on Building

Information Modeling and Construction Informatics. *Advances in Civil and Industrial Engineering*. Information Science Reference, Hershey, S. 65–103.

Succar, B.; Kassem, M. (2016): *Building Information Modelling: Point of Adoption*. In: *CIB World Building Congress*, Tampere.

Succar, B.; Sher, W.; Williams, A. (2013): *An integrated approach to BIM competency assessment, acquisition and application*. In: *Automation in Construction*, Heft 35, S. 174–189.

PAS 1192-2:2013: *Specification for information management for the capital/ delivery phase of construction projects using building information modelling*. The British Standards Institution, London.

Wu, C.; Xu, B.; Mao, C.; Li, X. (2017): *Overview of BIM maturity tools*. In: *Journal of Information Technology in Construction*, Heft 22, S. 34–62.

Entscheidungsmodell zur vereinfachten Bewertung des Planungs- und Betriebsaufwands von sicherheitsrelevanten Anlagen in Bauprojekten

Dirk Goßmann

Dirk Goßmann, Institut für Baubetrieb und Projektmanagement, RWTH Aachen, Deutschland

Kurzfassung

Die steigende Anzahl an Bauprojekten, die aufgrund technischer Anforderungen scheitern, nimmt tendenziell zu. Die Gründe dafür sind häufig auf die unzureichende Koordination gewerkeübergreifender Funktionen zurückzuführen (Monsberger and Fruhwirt 2018, S.96). Es fehlt an Methoden und Kennwerten, um frühzeitig technische Projektrisiken zu identifizieren. Verstärkend kommt hinzu, dass in vielen Fällen die spätere Nutzung unberücksichtigt bleibt und sich ungünstige Planungsleistungen negativ auf den Betrieb auswirken. Dies führt im Ergebnis zu erheblichen Verlusten in der Wertschöpfung eines Gebäudes. Nachfolgend wird ein Modellansatz aufgezeigt, der es in der Frühphase ermöglicht, anhand der Gebäudestruktur und der damit verbundenen bauordnungsrechtlichen Einordnung sowie der funktionalen Zusammenhänge von sicherheits- und gebäudetechnischen Anlagen zu erkennen, ob technische Risiken den ökonomischen Erfolg eines Bauprojekts bzw. eines Gebäudes nachteilig beeinflussen, um darauf hin weiteren Handlungsbedarf abzuschätzen.

Inhalt

1	Einleitung	90
2	Einfluss von sicherheitsrelevanten Anlagen auf die Planung und den Betrieb von Bauprojekten und Bauwerken	91
2.1	Funktionalität sicherheitsrelevanter Anlagen	91
2.2	Kategorisierung von sicherheitsrelevanten Anlagen nach Funktionalität	92
3	Einfluss der Gebäudestruktur und der Einhaltung präskriptiver Bauvorschriften auf sicherheitsrelevante Anlagen	94
3.1	Zusammenhang und Auswirkungen von Gebäudestruktur und der Einhaltung bauordnungs-rechtlicher Anforderungen	94
3.2	Klassifizierung der Gebäudenstruktur in Entwurfsklassen	95
4	Verfahren zur Ermittlung des Planungsumfangs und -zeitpunkts	96
5	Fazit und Ausblick.....	99
5.1	Fazit.....	99
5.2	Ausblick	99
	Literatur.....	100

1 Einleitung

Einhergehend mit der Digitalisierung in der Bauwirtschaft ist auch ein immer stärker werdender Technikanstieg bei der technischen Gebäudeausstattung zu verzeichnen. Zeitgleich werden die Implikationen auf andere Bereiche, die Anlagen mit sicherheitsrelevanten Funktionen mit sich bringen, immer größer, wodurch sich weitreichende technische, organisatorische und rechtliche Auswirkungen ergeben. Parallel zu diesen Entwicklungen steigt die Anzahl an Bauprojekten, bei denen es zu erheblichen Schwierigkeiten in den Bauabläufen kommt. Die Gründe für diese Probleme sind vielfältig, aber zu einem großen Anteil dem immer höher werdenden Grad an Technisierung und den damit verbundenen Verknüpfungen in der Gebäudetechnik geschuldet. Um diese insbesondere bei Großprojekten immer häufiger zu Tage tretenden Probleme in den Griff zu bekommen, wurde im Jahr 2013 durch das Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) die Reformkommission für den Bau von Großprojekten gebildet, in deren Endbericht nicht nur Handlungsempfehlungen ausgesprochen werden, sondern auch auf die häufig unzureichende Planung als Ursache der oben genannten Probleme hingewiesen wird (BMVI 2015, S.20). Ein Grund dafür ist, dass die am Bau beteiligten Fachplaner zwar über fachspezifisches Wissen in ihrem jeweiligen Aufgabenbereich verfügen, eine Kenntnis der sicherheitsrelevanten Zusammenhänge und der damit verbundenen langfristigen Auswirkungen von sicherheitsrelevanten Anlagen aber häufig fehlt oder nicht im Interesse des jeweiligen Fachplaners liegt. Verstärkend kommt hinzu, dass eine Betrachtung der Kosten, die aus dem Betrieb von sicherheitsrelevanten Anlagen und deren Auswirkungen auf andere Bereiche entstehen, erst zu einem relativ späten Zeitpunkt erfolgt, so dass notwendige Änderungen in der Regel mit zusätzlichen Kosten verbunden sind. Der Leitfaden Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen (WU) im Hochbau für Gebäude des Bundes (BMUB 2012, S.34) verweist zwar auf die besondere Bedeutung der lebenszyklusübergreifenden Betrachtung bereits zum Zeitpunkt der Planung hin, ist jedoch nicht bindend und scheitert in der Praxis bereits daran, dass weder die Vergaberichtlinien noch die Honorarordnungen derzeit auf eine solche Betrachtungsweise ausgelegt sind. Die Folge sind Wertschöpfungsverluste, die sich z.B. durch rechtliche

Streitigkeiten und in damit verbundenen Kosten bei der Abwicklung von Bauprojekten zeigen.

2 Einfluss von sicherheitsrelevanten Anlagen auf die Planung und den Betrieb von Bauprojekten und Bauwerken

2.1 Funktionalität sicherheitsrelevanter Anlagen

Unabhängig von der sicherheitstechnischen Einordnung müssen sicherheitstechnische Anlagen zur Beurteilung ihrer Auswirkungen auf Planung und Betrieb hinsichtlich ihrer funktionalen Zusammenhänge unterschieden werden. Grundsätzlich werden sicherheitstechnische Anlagen für den Eintritt eines Gefahrenfalls geplant. Dabei ist der Ereigniseintritt in der Regel unerwartet bzw. entspricht nicht dem normalen Betriebszustand. Die Auswirkungen eines solchen Ereignisses lassen sich aber in der Regel aufgrund physikalischer Größen (z.B. Explosionsdruck, Gefahrstoffmenge, etc.) bestimmen. Anhand dieser Informationen werden Anlagen, die sicherheitstechnische Aufgaben wahrnehmen, ausgelegt und dimensioniert, um dem jeweiligen Ereignis bzw. seinen Auswirkungen entgegenzuwirken. Die damit verbundene steigende funktionale Komplexität der Anlagen ist mit einer erhöhten Fehlerwahrscheinlichkeit in der Planungs- und Ausführungsphase sowie einer erhöhten Störanfälligkeit in der Betriebsphase verbunden. Einhergehend damit entstehen bei sicherheitsrelevanten Anlagen in der Betriebsphase nicht nur höhere Lebenszykluskosten durch die Instandhaltung, es besteht auch ein erhöhtes Schadensrisiko durch Ausfall oder Fehlalarm. Zur Bewertung der Funktionalität, die bei sicherheitstechnischen Anlagen sehr unterschiedlich sein kann, werden die Anlagen im vorliegenden Modell in vier Hauptkategorien eingeteilt, innerhalb derer wiederum eine funktionspezifische Typisierung vorgenommen wird.

2.2 Kategorisierung von sicherheitsrelevanten Anlagen nach Funktionalität

Anlagen, die der Kategorie I zugeordnet werden, üben keine sicherheitsrelevante Funktion aus, müssen aber sicherheitsrelevante Anforderungen, wie z.B. den Funktionserhalt von elektrischen Anlagen erfüllen. Eine weitere Unterteilung erfolgt bei diesen Anlagen aufgrund des geringen Funktionsumfangs nicht. Die primäre Funktion der Anlagen der Kategorie II ist eine Betriebsaufgabe, im Bedarfsfall bzw. Gefahrenfall üben diese Anlagen jedoch sicherheitsrelevante Funktionen aus. Diese Anlagen müssen ggf. für ihre sicherheitstechnische Funktion zusätzlich dimensioniert und ausgelegt werden. Beispiele für Anlagen der Kategorie II sind Aufzüge mit Brandfallsteuerung, die Lüftungsanlage, die im Gefahrenfall eine Havarielüftung sicherstellen muss oder durch Brandschutzklappen vom Rest der Anlage abgeschottet wird. Bei diesen Anlagen erfolgt eine weitere Unterteilung in Anlagentyp A, die Anlagen, die selbstständig tätig werden, wie im Falle der Auslösung von Brandschutzklappen durch Kanalrauchmelder, die Bestandteil der Lüftungsanlage sind. Zum Anlagentyp B gehören Anlagen, die durch andere Anlagen angesteuert werden, z.B. durch Brandmeldeanlagen (BMA). Typ C der gleichen Anlagenkategorie steuert andere Anlagen an, z.B. zur Meldung des Gefahrenfalls. Bei allen drei Anlagentypen sind ggf. Funktionsbauteile zu verbauen, die die sicherheitsspezifische Funktion der Anlagen im Bedarfsfall sicherstellen. Ein Beispiel für diesen Anlagentyp sind die auf eine Brandmeldeanlage aufgeschalteten Kanalrauchmelder, die in einer Lüftungsanlage verbaut sind. Anlagen, die ausschließlich eine Sicherheitsfunktion wahrnehmen, ohne andere Anlagen anzusteuern, aber im Bedarfs- bzw. Gefahrenfall durch andere Anlagen angesteuert werden können, bilden die Kategorie III. Sofern diese Anlagen selbsttätig im Gefahrenfall aktiv werden, werden sie dem Typ A zugeordnet. Im Falle einer Ansteuerung und Auslösung durch eine andere Anlage erfolgt die Zuordnung zum Typ B (siehe Tabelle 2.1). Anlagen der Kategorie VI sind ausschließlich für den Gefahrenfall konzeptioniert und werden nur bei Eintritt desselben tätig, sie nehmen im Normalbetrieb des Gebäudes keine Aufgaben wahr. Entsprechend der Kategorie II können diese Anlagen je nach Art der Funktionalität in drei Varianten (Typen) unterteilt werden.

Grundsätzlich ist es möglich, dass in Abhängigkeit des Planungskonzepts und der gewählten Anlagenvariante eine Zuordnung zu unterschiedlichen Anlagentypen möglich ist.

Tabelle 2.1: Kategorisierung und Typisierung von Anlagenarten (Beispiele)

Anlagenbeispiele	Kategorie nach Kap. 2.2	Typisierung nach Kap. 2.2	geschätzter Kostenaufwand (Betriebsphase)	besonderer Planungsaufwand
Brandmeldeanlagen	IV	C	+++	+++
Gaswarnanlagen	IV	C	+++ / ++	+++ / ++
Löschanlagen	IV	A, B, C	+++ / ++	+++ / ++
Alarmierungsanlagen	IV	B	+	+++
Maschinelle Rauchabzüge	III	A, B	++	++ / +++
Natürliche Rauchabzüge	III	A, B	++	+ / ++
Raumlufttechnische Anlagen	II	A	+++	+++
Elektrische Anlagen	I	A	++	++
Beleuchtungsanlagen	II	A, B	+ / ++	+ / ++
Aufzüge	I	B	+++	++ / +++
Wandhydranten	IV	-	++	+
Feststellanlagen	IV	A, B	++ / +++	+ / ++
Kennzeichnung von Flucht- und Rettungswegen	IV	A, B	+ / ++	+ / +++ / +++

Für die weitere Beurteilung hinsichtlich der sicherheitsrelevanten Anlagenfunktionalität ist die Variante mit den weitreichendsten Auswirkungen (Typ A - gering bis Typ C - hoch) ausschlaggebend. Zur besseren Übersicht sind in

der oben aufgeführten Tabelle (Tabelle 2.1) Anlagenbeispiele und deren Einordnungen nach oben erläuteter Vorgehensweise aufgeführt. Anmerkung zur Tabelle 2.1: (+) niedrig; (++) mittel; (+++) hoch.

3 Einfluss der Gebäudestruktur und der Einhaltung präskriptiver Bauvorschriften auf sicherheitsrelevante Anlagen

3.1 Zusammenhang und Auswirkungen von Gebäudestruktur und der Einhaltung bauordnungs-rechtlicher Anforderungen

Neben der Funktionalität und den damit verbundenen Zusammenhängen der sicherheitstechnisch relevanten Anlagen hat die Gebäudestruktur, die Art der Nutzung des Gebäudes sowie die Einhaltung von präskriptiven Bauvorschriften einen ausschlaggebenden Einfluss auf die Planung und den Betrieb von Gebäuden. Die Gebäudestruktur ist insofern eine wichtige Größe bei der Konzeption von sicherheitstechnischen Anlagen, da es bei einer komplizierten Gebäudestruktur schwieriger ist die bautechnischen und funktionalen Zusammenhänge der Anlagentechnik zu realisieren. Die nachfolgende Unterteilung von Gebäuden in Anspruchsklassen orientiert sich dabei nicht an der Typisierung von Bauprojekten, wie sie beispielsweise von Pfarr (Pfarr 1984, 148 ff.) durchgeführt wurde, sondern richtet sich ausschließlich nach den Parametern, die eine Aussage über die funktionalen und baulichen Zusammenhänge von sicherheitstechnisch relevanten Anlagen zulassen. In diesem Zusammenhang kommt der Art der Nutzung insofern bei der Planung und Ausführung sicherheitstechnischer Anlagen eine wesentliche Bedeutung zu, da verschiedene Nutzungsarten unter bestimmten Voraussetzungen, wie z.B. Beherbergungsstätten und Schulen gemäß § 2 Abs. (4) der Musterbauordnung (MBO 2016, S.6) als Sonderbau gelten, für die in der Regel zusätzliche bauliche und technische Anforderungen gelten. Abweichend davon bedarf es im Falle von unregulierten Sonderbauten in jedem Einzelfall eines bauordnungsrechtlichen Nachweises. Die Einhaltung der präskriptiven Bauvorschriften ist insbesondere dann ausschlaggebend, wenn

diese nicht eingehalten werden, da die Abweichung von präskriptiven Vorschriften in der Regel zu Kompensationsmaßnahmen führen, die häufig durch anlagentechnische Maßnahmen (wie z.B. einer Brandmeldeanlage) realisiert werden müssen.

3.2 Klassifizierung der Gebäudenstruktur in Entwurfsklassen

Für eine Klassifizierung von Gebäuden unter Berücksichtigung der oben genannten Faktoren müssen diese weiter spezifiziert werden. Die Gebäudestruktur lässt sich grundsätzlich durch die Grundrissgeometrie sowie die höhen- und größenbezogenen Anforderungen der bauordnungsrechtlichen Vorschriften, die in den Gebäudeklassen der MBO festgelegt sind, abbilden. Für die Unterteilung der Grundrissgeometrie wird dabei ausschließlich in einfache und komplizierte geometrische Grundrisse unterschieden. Einfache Grundrisse weisen im Gegensatz zu komplizierten Grundrissen klare bauliche Strukturen und Zusammenhänge auf. Die Gebäudeklassen 1 bis 5 der MBO sind als Grundlage für die weitere Beschreibung der Gebäudestruktur ausreichend, da hier sowohl nach Gebäudehöhen, wie auch Größe der Nutzungseinheiten unterschieden wird. Die Einhaltung der präskriptiven Vorschriften wird ausschließlich als Entscheidungsabfrage berücksichtigt, da die Anzahl und die Art der Abweichungen keine ausschlaggebenden Parameter sind. Eine geringe Anzahl von Abweichungen kann je nach Art der Abweichungen schwierige oder aber auch einfache Auswirkungen nach sich ziehen. Eine Bewertung der Art der Abweichung ist ebenso wenig sinnvoll, da auch hier sehr unterschiedliche kompensatorische Maßnahmen im Einzelfall denkbar sind. Aus den zuvor genannten Unterteilungsparametern lässt sich die nachfolgende Einteilung von Gebäuden in Entwurfsklassen (siehe Tabelle 3.1) vornehmen. Dabei bedeutet die Nichterfüllung präskriptiver Vorschriften, dass entweder von bauordnungsrechtlichen Abweichungen auszugehen ist, die in der Folge Kompensationsmaßnahmen nach sich ziehen oder es sich um einen ungeregelten Sonderbau handelt, für den keine präskriptiven Bauvorschriften existieren.

Tabelle 3.1: Unterteilung von Gebäuden in Entwurfsklassen (Beispiele)

Entwurfsklasse		Gebäudestruktur		Rechtl. Einordnung
Bez.	Stufe	Grundriss- geometrie	Zuordnung zu Gebäudeklassen (MBO)	Einhaltung präskriptiver Vorschriften
EK 1	gering	einfach	1 bis 3	erfüllt
EK 1	gering	einfach	4 bis 5	erfüllt
EK 2	mittel	gering kompliziert	1 bis 3	erfüllt
EK 2	mittel	gering kompliziert	4 bis 5	erfüllt
EK 3	hoch	mittel kompliziert	1 bis 3	nicht erfüllt
EK 3	hoch	mittel kompliziert	4 bis 5	nicht erfüllt
EK 3	hoch	mittel kompliziert	1 bis 3	nicht erfüllt
EK 3	hoch	mittel kompliziert	4 bis 5	nicht erfüllt
EK 3	hoch	mittel kompliziert	Sonderbau	erfüllt
EK 4	sehr hoch	hoch kompliziert	Sonderbau	nicht erfüllt
EK 4	sehr hoch	hoch kompliziert	Sonderbau	nicht erfüllt

4 Verfahren zur Ermittlung des Planungsumfangs und -zeitpunkts

Durch die Kategorisierung der Anlagenfunktionalität und der Einteilung von Gebäuden in Entwurfsklassen kann eine Vorabschätzung durchgeführt werden, zu welchem Zeitpunkt die Planung erfolgen sollte und welcher Planungsumfang zu diesem Zeitpunkt erforderlich ist. Die Bewertung ist an den Ansatz nach Stacey angelehnt, der dem einfachen Grundsatz folgt, dass große Unsicherheiten über die Anforderungen und unklare Lösungsansätze mit erhöhten Risiken verbunden sind (Stacey 1996, 72 ff.). Überträgt man diesen Ansatz auf die vorliegende Problematik, so ergeben sich aus komplizierten Gebäudestrukturen und hohen technischen Anforderungen an die Gebäudetechnik höhere technische Projektrisiken, da beide Einflussgrößen

im Regelfall mit Unsicherheiten verbunden sind (siehe Abbildung 4.1), wobei die Unsicherheiten im Bezug auf die Gebäudestruktur entweder durch die Abweichung des Entwurfs von präskriptiven Bauvorschriften oder bauordnungsrechtlich nicht eindeutig geregelte Bauwerke entstehen.

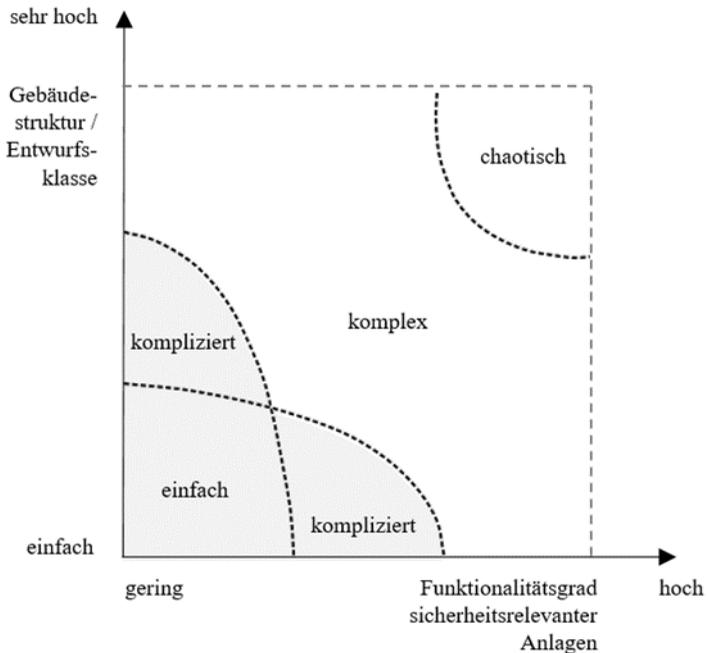


Abbildung 4.1: Zusammenhang von Gebäudestruktur und Funktionalitätsgrad gebäudetechnischer Anlagen (Stacey-Matrix verändert entnommen aus Frick et al. (2019, S. 1017))

Vergleicht man oben genannten Ansatz mit dem Ablauf von anspruchsvollen Bauprojekten so kann dies erklären, warum diese häufig mit großen technischen Problemen verbunden sind, die oft unbeherrschbar erscheinen. Problematisch ist dabei insbesondere die große Anzahl an funktionalen bautechnischen und anlagentechnischen Schnittstellen, deren vielfältige

systemische Auswirkungen in der Planungsphase oft unberücksichtigt bleiben. Betrachtet man diese Auswirkungen aber bereits zu einem früheren Zeitpunkt, erhält man nicht nur mehr Planungssicherheit, sondern kann ggf. auch Einfluss auf grundlegende Systemparameter nehmen, wie z.B. den Gebäudeentwurf. In der Praxis bedeutet dies, dass bei Bauprojekte mit hohen baulichen und technischen Anforderungen bereits zu einem frühen Zeitpunkt eine integrale sicherheitstechnische Betrachtung der anlagenspezifischen funktionalen und gebäudespezifischen Zusammenhänge erforderlich ist, um die tatsächlichen Auswirkungen erkennen zu können. Die durch diese Art der Vorbetrachtung entstehenden Kosten sind zwar vergleichsweise zur bisherigen Vorgehensweise hoch, sparen jedoch langfristig erhebliche Kosten ein, die die zusätzlichen Planungskosten in relativer kurzer Zeit amortisieren. Unter einem hohen Planungsgrad ist hier weniger eine technische Detailplanung gemeint, sondern vielmehr die Ausarbeitung eines sicherheitstechnisch sinnvollen Gebäudegrobkonzeptes.

Tabelle 4.1: Entscheidungsmatrix für Planungszeitpunkt, -grad und -umfang (Beispiele)

Entwurfs- klasse nach Tab. 2	Anlagen- kategorie nach Kap. 2.2	Anlagen- typ nach Kap. 2.2	Planungs- zeitpunkt	Planungs- aufwand /-grad	Ermittlung Lebens- zykluskosten
EK 1	I, II	A, B	Genehmigungs- planung	gering	empfohlen
EK 2	I, II	C	Genehmigungs- planung		empfohlen
EK 2	IV	C	Vorplanung	mittel	erforderlich
EK 3	IV	A, B	Vorplanung	mittel	erforderlich
EK 3	IV	C	Entwurfs- planung	hoch	erforderlich
EK 4	III	B, C	Entwurfs- planung	hoch	erforderlich
EK 4	IV	C	Entwurfs- planung	hoch	erforderlich

Die Lebenszykluskosten, die aus den jeweils gewählten technischen Lösungen entstehen, sollten ab der Entwurfsklasse 2 mitbetrachtet werden, da

diese je nach Art und funktionalem Zusammenhang der gewählten Anlagen sehr unterschiedlich ausfallen können. Anhand der in Kapitel 2 und 3 beschriebenen Ansätze und unter Berücksichtigung der oben erläuterten Problematik, lässt sich so eine Entscheidungsmatrix (siehe Tabelle 4.1) aufstellen, die es erlaubt Zeitpunkt und Umfang der erforderlichen Planungsleistung zu ermitteln.

5 Fazit und Ausblick

5.1 Fazit

Aus den bereits eingangs genannten Gründen und insbesondere wegen der steigenden Anzahl an Bauprojekten, die aufgrund technischer Anforderungen scheitern, ist ein Werkzeug zur Beurteilung der technischen Herausforderungen eines Bauprojektes erforderlich. Der Betrieb von sicherheitstechnischen Anlagen stellt in der Betriebsphase einen wesentlichen Kostentreiber dar. Das erläuterte Entscheidungsmodell gibt den am Bau Beteiligten frühzeitig die Möglichkeit, die sicherheitstechnische Zusammenhänge und die damit verbundenen Risiken zu erkennen. Erst unter dieser Vorausbetrachtung erscheint ein Vergleich unterschiedlicher Ausführungsvarianten überhaupt sinnvoll. Für die praktische Umsetzung bedeutet dies jedoch, dass ein wesentlicher Teil der konzeptionellen Planungsleistung zu einem frühen Zeitpunkt erfolgen muss, was sich aber wiederum positiv auf die langfristigen Kosten auswirkt.

5.2 Ausblick

Für die Verfeinerung der anlagenspezifischen Kategorien und der gebäudebezogenen Entwurfsklassen ist eine Validierung der beschriebenen Ansätze an tatsächlichen Bauprojekten vorgesehen. Zusätzliche Herausforderungen, wie z.B. Umnutzungen innerhalb der Betriebsphase des Gebäudes sowie die positiven Effekte, die eine nachhaltige und kreislaueffiziente Planung auf die Wertschöpfung innerhalb des Lebenszyklus eines Gebäudes nimmt oder die fortschreitende Digitalisierung, sind zukünftig in geeigneter Weise mit zu betrachten.

Literatur

- BMUB (2012): Leitfaden WU Hochbau: Leitfaden Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen (WU) bei der Vorbereitung von Hochbaumaßnahmen des Bundes. Hg. v. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit.
- BMVI (2015): Reformkommission Bau von Großprojekten – Endbericht: Komplexität beherrschen – kostengerecht, termintreu und effizient. Hg. v. Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur.
- Frick, A.; Schoper, Y.; Röschlein, R.; Seidl, J. (2019): Kompetenzbasiertes Projektmanagement (PM4): Handbuch für Praxis und Weiterbildung im Projektmanagement, Band 2, 1. Auflage. Hg. v. GPM Deutsche Gesellschaft für Projektmanagement e.V., Buch & media GmbH, München.
- MBO (2016): Musterbauordnung (MBO), Berlin: Geschäftsstelle der Bauministerkonferenz. <https://www.bauministerkonferenz.de/verzeichnis.aspx?id=991&o=75909860991> [Zugriff am: 12.04.2019].
- Monsberger, M.; Fruhwirt, M. (2018): Die Gebäudetechnik im österreichischen Bauprozess. Eine Studie über Herausforderungen in komplexen Hochbauprojekten aus Sicht unterschiedlicher Stakeholder am Bau. Verlag der Technischen Universität Graz, Graz.
- Pfarr, K. (1984): Grundlagen der Bauwirtschaft. Deutscher Consulting Verlag, Essen.
- Stacey, R. D. (1996): Complexity and creativity in organizations. Berrett-Koehler Publishers, San Francisco.

Entwicklung eines Tools zur Prognose und Optimierung der Lebenszykluskosten von Bürogebäuden in der Planungsphase

Kristina Heim, Nils-Magnus Wasser, Dennis Aldenhoff

Kristina Heim, FG Baubetrieb und Bauwirtschaft, TU Kaiserslautern, Deutschland

Nils-Magnus Wasser, FG Immobilienökonomie, TU Kaiserslautern, Deutschland

Dennis Aldenhoff, FG Immobilienökonomie, TU Kaiserslautern, Deutschland

Kurzfassung

Lebenszykluskosten (LZK) sind heute ein wichtiges Kriterium bei der Konzeption, Planung, Errichtung und dem Betrieb von Gebäuden. Ziel des Forschungsprojektes LZK-SIM [BAU] war die Entwicklung eines Tools zur Prognose der LZK von Gebäuden auf Basis von statistisch gesicherten Kostenkennwerten. Mittels des Tools soll eine Prognose der gesamten LZK zum Zeitpunkt der Planungsphase ermöglicht werden. Das Tool erlaubt außerdem approximativ die Optimierung der Konfiguration von Bauteilen und Anlagen in Gebäuden. Bei der Entwicklung des Tools wurde von Beginn an die Intention verfolgt, eine praxistaugliche Lösung zur Analyse und Optimierung von LZK zu entwickeln. Der Nutzer soll durch Eingabe weniger in der Planungsphase vorliegenden Informationen die LZK eines Gebäudes ermitteln und durch Änderung der Konfiguration optimieren können. Dies ermöglicht Zielkonflikte bzw. Optimierungspotenziale frühzeitig zu identifizieren und Planungen anzupassen. Desweiteren kann das Tool für Parameterstudien zur Untersuchung der Auswirkungen einzelner Planungsparameter auf die LZK eingesetzt werden.

Der Beitrag basiert auf Auszügen aus dem Forschungsbericht zum Projekt LZK-SIM [BAU] (Zukunft Bau, Aktenzeichen: SWD - 10.08.18.7-16.18; Prof. Dr.-Ing. Karsten Körkemeyer, Prof. Dr. Björn-Martin Kurzrock, Prof. Dr. Sven Krumke, Dipl.-Ing. Kristina Heim, Nils-Magnus Wasser, M.Sc., Dennis Aldenhoff, M.Sc., Dr. Michael Holzhauser, Ingo Besenbruch, B.Sc.), der im Sommer 2019 erscheint.

Inhalt

1	Einleitung	104
2	Grundlagen	105
2.1	LZK-Analyseverfahren	107
2.2	Software-Tools zur LZK-Simulation	107
3	Entwicklung LZK-SIM [BAU] Tool	109
4	Fazit	115
	Literatur.....	116

1 Einleitung

In der Planungsphase eines Bauprojektes stehen Bauherr, Planer und Architekt vor der Entscheidung, welche bautechnische Qualität und welche technische Ausstattung das zukünftige Gebäude aufweisen soll. In der Praxis wird zu diesem Zeitpunkt häufig dann die Höhe der Herstellungskosten als wesentlicher bestimmender Entscheidungsfaktor herangezogen, während die zu erwartenden Nutzungskosten keine bzw. nur eine untergeordnete Rolle spielen. Kausale Zusammenhänge zwischen den Herstellungs- und Nutzungskosten werden bisher selten berücksichtigt (vgl. BMU 2014, S. 24-25). Der Fokus liegt i.d.R. auf den Herstellungskosten, die kurzfristig zahlungswirksam sind. Da Gebäude allerdings i.d.R. sehr langlebige Investitionsgüter sind, ergeben sich eine bzw. mehrere entsprechend lange Nutzungsphasen.

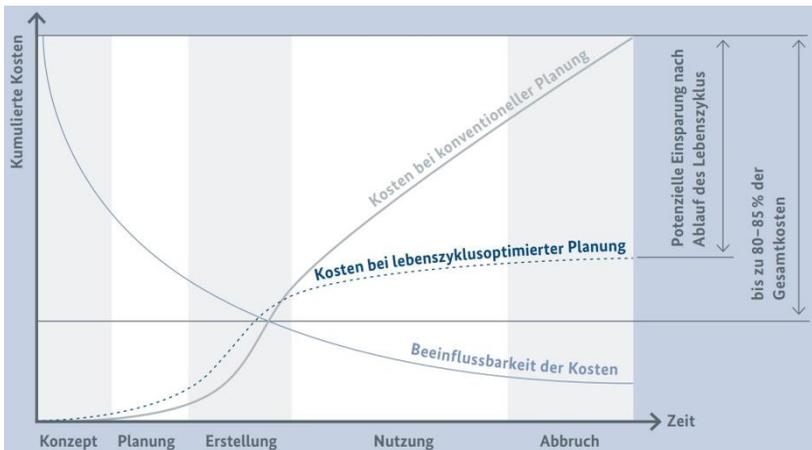


Abbildung 1.1: Entwicklung Lebenszykluskosten über Lebenszyklus des Gebäudes (BMUB 2016, S. 34)

Die Nutzungs- und Abbruchkosten belaufen sich bei einer Immobilie auf bis zu 80-85 % der über den Lebenszyklus anfallenden Kosten. Sie bringen signifikante Einsparpotenziale mit sich, die, frühzeitig im Planungsprozess

berücksichtigt werden sollen und einen nicht unerheblichen Einfluss auf die Gesamtwirtschaftlichkeit einer Immobilie haben (vgl. BMUB 2016, S. 34; Abbildung 1.1). Somit steigt die Relevanz der Nutzungskosten für die Optimierung der LZK. Auch die Richtlinie 2014/24/EU des Europäischen Parlaments und des Rates über die öffentliche Auftragsvergabe (Art. 67 und 68) sieht die Einbeziehung der gesamten LZK als Kriterium bei der Vergabe von Bauaufträgen vor. Der deutsche Gesetzgeber war gehalten, diese Neuerungen umzusetzen und für alle Vergaben von Bauaufträgen anzuwenden, was in der aktuell gültigen Fassung der VOB/A – Abschnitt 2 auch so formuliert ist.

Ziel des Forschungsprojektes LZK-SIM [BAU] war die Entwicklung eines Tools zur Prognose der LZK von Gebäuden auf Basis von statistisch gesicherter Kostenkennwerte. Mittels des Tools soll eine Prognose der gesamten LZK zum Zeitpunkt der Planungsphase ermöglicht werden. Das Tool erlaubt außerdem approximativ die Optimierung der Konfiguration von Bauteilen und Anlagen in Gebäuden. Die Darstellung der Verläufe der wichtigsten Kostenarten über einen festgelegten Betrachtungszeitraum unterstützt somit Entscheidungsprozesse bei der Konzeption, Planung und Errichtung von Gebäuden.

2 Grundlagen

Der typische Lebenszyklus eines Gebäudes besteht aus einer zeitlichen Abfolge von Prozessen und Ereignissen, die sich in (Lebens-)Phasen ordnen lassen. Grob lässt sich der Lebenszyklus eines Gebäudes in die drei Lebensphasen '**Planung & Erstellung**', '**Nutzung**' und '**Rückbau**' unterteilen. Eine tiefergehende Detaillierung der Lebensphasen kann je nach Anforderung darüber hinaus zielführend sein. GEFMA 100-1:2007-07 unterteilt den Lebenszyklus eines Gebäudes in insgesamt neun Phasen (Abbildung 2.1).

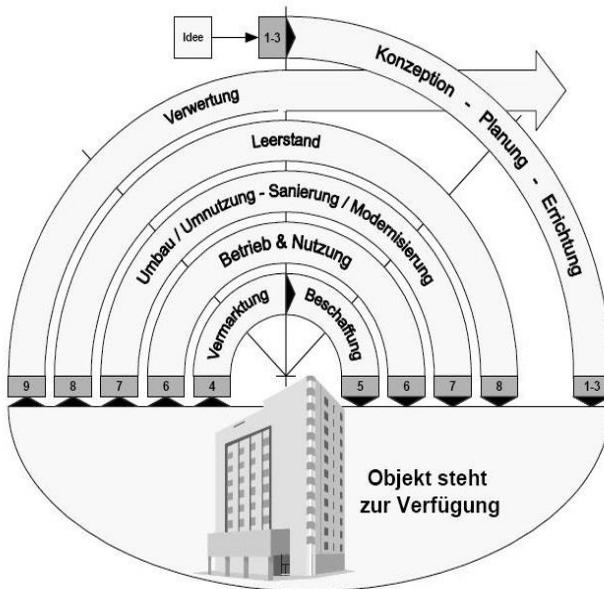


Abbildung 2.1: Lebenszyklus eines Gebäudes gemäß GEFMA-Phasenmodell (GEFMA/IFMA 220-1:2010-09, S. 3)

Als LZK eines Gebäudes werden die über den gesamten Lebenszyklus anfallenden Kosten aufgefasst, unabhängig vom Zeitpunkt ihrer Entstehung (vgl. GEFMA 100-2:2004-07). Neben den Kosten für die Planung und Realisierung umfassen die LZK auch Kosten für den Gebäudebetrieb, die Instandhaltung und für Prozesse am Ende des Lebenszyklus. Grob lassen sich die LZK in Herstellungs- und Nutzungs- und Rückbaukosten unterteilen. Die Nutzungskosten umfassen hierbei Kosten für den Betrieb, die Instandhaltung sowie für Umbau/Revitalisierung und Abbruchmaßnahmen (Abbildung 2.2).



Abbildung 2.2: Zusammensetzung Lebenszykluskosten eines Gebäudes (eigene Darstellung)

2.1 LZK-Analyseverfahren

Ein normiertes Verfahren zur Ermittlung der LZK eines Gebäudes gibt es gegenwärtig in Deutschland noch nicht (vgl. Preuß und Schöne 2016, S. 574; Pelzeter 2017, S. 3). Gegenwärtig kommen in der Praxis zahlreiche unterschiedliche Verfahren zur Anwendung. Je nach angewandten Analyseverfahren bestehen erhebliche Unterschiede bei der Auswahl zu berücksichtigender Kostenarten, der Festlegung von Randbedingungen (z.B. Betrachtungszeitraum, Diskontsatz, Preissteigerungsraten) sowie bei der Wahl der geeigneten Darstellungsart und Ergebnisdokumentation. In der GEFMA Richtlinie 220:2010-09 werden zur Berechnung der LZK dynamische Verfahren, wie der Vollständige Finanzplan (VoFi) oder die Kapitalwertmethode empfohlen. Diese finden auch in den gängigen Nachhaltigkeitszertifizierungssystemen zur Berechnung der LZK Anwendung.

2.2 Software-Tools zur LZK-Simulation

Auf dem Markt sind verschiedene Software-Tools zur LZK-Simulation von Gebäuden sowie zahlreiche Tools zur Berechnung von LZK einzelnen technischen Anlagen. Planungssoftware-Anbieter haben eben-

falls auf das Thema LZK von Gebäuden reagiert und Möglichkeiten zur LZK-Simulation in ihre Produkte integriert (vgl. Ipser et al. 2014, S. 23). Darüber hinaus bieten verschiedene Dienstleistungsunternehmen die Erstellung maßgeschneiderter Software-Tools für die unternehmensspezifische Analyse der LZK von Gebäuden an. Auch Verbände, wie GEFMA und IFMA, stellen Tools zur LZKA kostenpflichtig zur Verfügung. In Tabelle 2.1 sind lediglich die Tools dargestellt, die ausschließlich zur Berechnung von LZK von Gebäuden entwickelt wurden. Tools, die eine LZK Betrachtung integrieren, wurden ebenfalls recherchiert, werden aber im Rahmen dieses Beitrags nicht näher betrachtet.

Tabelle 2.1: Rechercheergebnisse: LZK-Tools zur Berechnung von LZK von Gebäuden (Heim und Metzker 2018, S. 114)

Bezeichnung	Entwickler/ Herausgeber	Format	Für	Anwendungs-zeitpunkt
LZK - Tool	E7, Moo.con	Software	Neubau/ Bestand	Projektvorbereitung, spätere Planungsphasen (Vorentwurf, Entwurf)
ILKR ²	Rotermund Ingenieure	Unbekannt	Neubau/ Bestand	Planungsphase/ Nutzungsphase
LCC Tool	BBR /BBSR	Excel-Tool	Neubau/ Bestand	Planungsphase/ Nutzungsphase
LZK Excel Tool	GEFMA	Excel-Tool	Neubau/ Modernisierung	Planungsphase
LZK Excel Tool	IFMA	Excel-Tool	Neubau/ Modernisierung	Planungsphase (bis Vorplanung)

Vom Funktionsumfang her sind die Tools, deren Funktion eingesehen werden konnte, konzeptionell ähnlich aufgebaut. Kosten und Flächen müssen gegenwärtig noch überwiegend manuell erfasst werden. Das Einlesen von Daten über eine CAD-Schnittstelle ist nur bei einem der identifizierten Tools (Impact Estimator for Buildings) möglich. Einige der untersuchten Tools sind mit Datenbanken verknüpft, aus denen Werte für Bauteilausführungsarten und Kostenkennwerte für LZK-Berechnung vom USER herangezogen werden können. Die Kostengliederung der LZK erfolgt in den einzelnen Tools gemäß der im deutschsprachigen Raum vorhanden Normen und Richtlinien. Je nach Tool werden unterschiedliche

Gliederungs-Systematiken verwendet. Im überwiegenden Teil der identifizierten Tools erfolgt dabei die Kostengliederung anhand von DIN 276:2018-12 und DIN 18960:2008-02. Keines der identifizierten Tools kann universell eingesetzt werden. Je nach Tool sind lediglich die Analyse von Teilgebieten, Teilnutzungen oder eingeschränkte Auswahlmöglichkeiten möglich. (vgl. Heim und Metzker 2018, S. 114 ff.)

3 Entwicklung LZK-SIM [BAU] Tool

Bei der Entwicklung des LZK-SIM [BAU] Tools wurde von Beginn an die Intention verfolgt, eine praxistaugliche Lösung zur Analyse und Optimierung von LZK zu entwickeln. Der Nutzer soll durch Eingabe der wenigen in der Planungsphase vorliegenden Informationen in die Lage versetzt werden, die LZK eines Gebäudes zu ermitteln und diese durch Änderung der Konfiguration zu optimieren.

Die Ermittlung der LZK erfolgt auf Basis eines im Rahmen der Modellbildung definierten Standardbürogebäudes, welches die Standardflächen eines Bürogebäudes prozentual aufweist. Für das Bürogebäude wurde keine feste Raumanordnung vorgegeben. Aus der Verwendung von Standardraumarten (bei LZK-SIM [BAU] Funktionsflächen genannt) können die in Bürogebäuden verwendeten Bauelemente (bspw. Deckenbeläge, Innenwände) festgelegt werden und die Flächen dieser Elemente auf Basis des definierten Modells ermittelt werden.

Die Flächen in Gebäuden werden in Deutschland gemäß DIN 277- 1:2016-01 in folgende Flächenarten unterteilt. Die Brutto-Grundfläche (BGF) ist die Gesamtfläche aller Grundrissebenen des Bauwerks. Diese gliedert sich in die Netto-Raumfläche (NRF), welche sämtliche Grundflächen der nutzbaren Räume aller Grundrissebenen des Bauwerks umfasst, und die Konstruktions-Grundfläche aus sämtlichen Grundflächen der aufgehenden Baukonstruktionen des Bauwerks. Die Netto-Raumfläche beinhaltet die Nutzungsfläche (NUF), die der wesentlichen Zweckbestimmung des Bauwerks dient, die Verkehrsfläche für die horizontale und vertikale Verkehrserschließung des Bauwerks und die Technikfläche für die technischen

Anlagen zur Versorgung und Entsorgung des Bauwerks. (vgl. DIN 277-1:2016-01) Die Nutzungsfläche wird bei LZK-SIM [BAU] in Flächen für Büroarbeit, Konferenzräume, Sanitärräume, Ver- und Entsorgung, Rechenzentrum, Archiv, Lager, Poststellen, Eingangsbereich (nur EG) und Teeküchen unterteilt. Die Verkehrsfläche wird ebenfalls einer weiteren Unterteilung unterzogen. Es wird zwischen der Fläche für Treppenräume, Flure und Aufzüge unterschieden, da sich deren Nutzungskosten erheblich unterscheiden.

Somit kann das entwickelte Tool nach Eingabe weniger Nutzerdaten für die Ermittlung der Kosten auf die hinterlegten Flächenanteile zurückgreifen und für die Berechnung der Funktionsflächen, unterschieden nach den einzelnen Nutzungsarten, der Verkehrsfläche, der Technikfläche und der Konstruktionsgrundfläche für Bürogebäude, die den Eigenschaften des Standardbürogebäudes entsprechen, angewendet werden (Abbildung 3.1). Die Verwendung der unterschiedlichen Funktionsflächen ist notwendig, da unterschiedliche Ausführungsarten je Funktionsfläche berücksichtigt werden sollen. Bspw. soll bei der Kostenermittlung berücksichtigt werden, dass Sanitärräume andere Deckenbelags- und Innenwandbekleidungsarteführungsarten als bspw. Büroräume haben. Weiterhin erfolgt die Zuordnung der einzelnen Bauelemente der KG 300 und 400 nach DIN 276:2018-12 zu den unterschiedlichen Flächenarten. Bei der Zuordnung der einzelnen Bauelemente der KG 300 und 400 nach DIN 276:2018-12 werden die Bauelemente ausgewählt, die bei Bürogebäuden typischerweise zum Einsatz kommen.



Abbildung 3.1: Optimierungszyklus LZK-SIM [BAU] (eigene Darstellung)

LZK-SIM [BAU] verwendet zur Prognose von Kostenverläufen unterschiedlichster Kostenarten eine Datenbank mit statistischen Kostenkennwerten und Lebensdauern. Diese existieren zu jedem Bauelement in jeder Ausführungsart. Ebenfalls sind für die kostenintensivsten Nutzungskosten Kostenkennwerte hinterlegt, mit denen später je nach Gebäudekonfiguration die Nutzungskosten prognostiziert werden können. Da LZK-SIM [BAU] zur frühen Planungsphase eingesetzt werden kann und alle Kosten im direkten Zusammenhang mit dem Gebäude stehen, erfolgt die Einteilung der Bauelemente und Herstellungskosten gemäß DIN 276:2018-12, die Einteilung der Nutzungskosten anhand DIN 18960:2008-02. Bei der Opti-

mierung der LZK in LZK-SIM [BAU] werden nur Herstellungskosten der KG 300 und 400 (vgl. DIN 276:2018-12) und Nutzungskosten der KG 300 und 400 (vgl. DIN 18960:2008-02) berücksichtigt, die mit Abstand den größten Anteil an den LZK haben.

Aus mathematischer Sicht führt die optimierte Planung von Maßnahmen unter Berücksichtigung der Lebensdauern im Rahmen einer Kosten-/Nutzenanalyse zu sogenannten Rucksackproblemen mit Interdependenzbeziehungen und Unsicherheiten. Für die Optimierung von Gebäude- und Anlagenkonzepten sind Optimierungskriterien, Zielsysteme und Restriktionen festzulegen. Zielsysteme und Restriktionen lassen sich im Simulationsprogramm darstellen, während Kriterien und deren Gewichtung von den jeweiligen Stakeholdern spezifisch definiert werden müssen. Auf dieser Basis wurden ein Modell sowie eine Simulationsumgebung entwickelt, die konkrete Informationen darüber liefern, wie Bauteile und Anlagen so auszuwählen und zu kombinieren sind, dass sie sich über den gesamten Lebenszyklus des Gebäudes als relativ kostengünstig erweisen.

Das LZK SIM [BAU] Tool wurde als webbasierte Anwendung ausgelegt. Der Benutzer agiert daher über seinen Webbrowser mit dem Tool. Nach Öffnen der URL sieht der Benutzer eine Eingabemaske (vereinfachte Darstellung in Abbildung 3.2) mit den von ihm benötigten Angaben, bspw. die Anzahl der Geschosse, die Bruttogrundfläche des Gebäudes, etc.

Abbildung 3.2: Eingabe-Maske LZX SIM [BAU] Tool (eigene Darstellung)

Nach Eingabe der geforderten Informationen über das geplante Bürogebäude kann der Benutzer die Optimierung über den Button „Berechnen“ starten. Für den Betrachtungszeitraum werden dem Benutzer derzeit die Optionen 5, 10, 20 und 50 Jahre geboten. Optimierungsziel sind die über alle Jahre des Betrachtungszeitraums addierten Barwerte der LZX. Für jeden der ausgewählten Zeiträume $T \in \{5,10,20,50\}$ berechnet das Optimierungsmodul nach Start eine kostenoptimale Auswahl an Ausführungsarten. Nach Ende der Berechnung wird der Benutzer automatisch auf eine Diagrammseite weitergeleitet, auf der die Kostenverläufe der einzelnen Optimallösungen OPTT über die Jahre dargestellt sind. Neben dem Barwert der LZX (Optimierungsziel) werden die kumulierten/periodischen IST-Kosten über den Betrachtungszeitraum ausgewiesen.



Abbildung 3.3: Ausgabe Ergebnisdarstellung LZK SIM [BAU] Tool (eigene Darstellung)

Nach Abschluss der Optimierung wird im Python Modul des Backends für jede der optimierten Kosten der Kostenverlauf über die Jahre berechnet. Die Darstellung der Kostenverläufe gibt dem Entscheidungsträger unter anderem Informationen darüber, wie sensitiv die Lösungen bezüglich des gewählten Zeithorizonts sind. Ein (vereinfachtes) Beispiel ist in Abbildung 3.3 gezeigt. Hier ist für den Betrachtungszeitraum $T = 5$ die Optimallösung OPT5 per Konstruktion kostengünstiger als die Optimallösung OPT10 für $T = 10$. Allerdings steigen die Kosten für OPT5 deutlich schneller, so dass bereits nach 6 Jahren OPT10 die bessere Lösung ist.

4 Fazit

Das im Rahmen des Forschungsprojektes erarbeitete LZK-SIM [BAU] Tool stellt eine praktikable Methode dar, mit den wenigen in der Planungsphase vorliegenden Informationen, schnell, eine belastbare Prognose über die zu erwartenden Lebenszykluskosten eines Bürogebäudes zu erhalten. Dies ermöglicht Zielkonflikte bzw. Optimierungspotenziale frühzeitig zu identifizieren und Planungen diesbezüglich anzupassen. Das Tool erlaubt darüber hinaus die Optimierung der Konfiguration von Bauteilen und technischen Anlagen im Gebäude. Es hilft damit bei der kostenoptimalen Auswahl von Bauteilen und technischen Gebäudeanlagen sowie deren Kombination in Bezug auf den gesamten Lebenszyklus.

Die Aussagekraft des LZK-SIM [BAU] Tools ist abhängig von der Menge der zur Verfügung stehenden Daten. Eine vielversprechende Möglichkeit zur Verbesserung der Datengrundlage ist die Datenbereitstellung durch Nutzer, idealerweise mittels standardisierter Schnittstellen zu den datenführenden Systemen.

Eine Selbstverpflichtung von Bund/Ländern/Kommunen zur Bereitstellung von gebäudebezogenen Daten wäre auch eine in vielerlei Hinsicht vorteilhafte Lösung. Erste Schritte zur Bereitstellung von Kostenkennwerten durch den Bund wurden bereits in Form der Datenbank „PLAKODA“ unternommen. Jedoch weist diese bisher keine hinreichende Tiefe und Breite - insbesondere in Bezug auf die erfassten Nutzungskosten- auf, um eine vollumfängliche LZK-Analyse auf Basis der erfassten Daten zu ermöglichen. Ein weiterer Ausbau der Datenbank wäre daher aus Autorensicht wünschenswert. In Bezug auf das LZK-SIM [BAU] Tool könnte somit relativ schnell eine umfangreiche Datenbasis generiert werden, die den Nutzen des Tools nachhaltig steigert. Dies würde wiederum auch die Bereitschaft weiterer Nutzergruppen zur Datenbereitstellung erhöhen.

Literatur

- BMU (2014): Leitfaden Nachhaltiges Bauen - Zukunftsfähiges Planen, Bauen und Betreiben von Gebäuden. 1. Auflage. Hg. v. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU), Berlin.
- BMUB (2016): Leitfaden Nachhaltiges Bauen - Zukunftsfähiges Planen, Bauen und Betreiben von Gebäuden. 2. Auflage. Hg. v. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMUB), Berlin.
- DIN 276:2018-12: Kosten im Bauwesen – Teil 1: Hochbau. DIN Deutsches Institut für Normung e.V., Beuth Verlag, Berlin.
- DIN 277-1:2016-01: Grundflächen und Rauminhalte im Bauwesen – Teil 1: Hochbau. DIN Deutsches Institut für Normung e.V., Beuth Verlag, Berlin.
- DIN 18960:2008-02: Nutzungskosten im Hochbau. DIN Deutsches Institut für Normung e.V., Beuth Verlag, Berlin.
- GEFMA / IFMA 100-1:2007-07: Facility Management Grundlagen. German Facility Management Association Deutscher Verband für Facility Management e.V., Bonn.
- GEFMA / IFMA 100-2:2004-07: Facility Management Leistungsspektrum. German Facility Management Association Deutscher Verband für Facility Management e.V., Bonn.
- GEFMA / IFMA 220-1:2010-09: Lebenszykluskosten-Ermittlung im FM - Einführung und Grundlagen. German Facility Management Association Deutscher Verband für Facility Management e.V., Bonn.
- GEFMA / IFMA 220-2:2010-09: Lebenszykluskostenrechnung im FM- Anwendungsbeispiel. German Facility Management Association Deutscher Verband für Facility Management e.V., Bonn.
- Heim, K.; Metzker L. (2018): Simulation von Lebenszykluskosten von Gebäuden: Marktübersicht und Recherche bestehender Anwendungen zur Berechnung. In: Körkemeyer, K.; Rehmann, A. (Hrsg.): Schriftenreihe des Fachgebiets Baubetrieb und Bauwirtschaft Band 4: Sonderband Digi-

alisierung anlässlich des 4. BIM-Symposiums Rheinland-Pfalz. 1. Aufl. Kaiserslautern: Technische Universität Kaiserslautern (4), S. 111–124.

Ipser, C. et al. (2014): LEKOECON: Kombiniertes ökonomisch-ökologisches Gebäudelebenszyklusmodell. Hg. v. Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie (bmvit), Wien.

Preuß, N.; Schöne, L. B. (2016): Real Estate und Facility Management. Aus Sicht der Consultingpraxis. 4. Auflage, Springer-Verlag, Heidelberg.

Richtlinie 2014/24/EU (2014): Richtlinie 2014/24/EU des europäischen Parlaments und des Rates vom 26. Februar 2014 über die öffentliche Auftragsvergabe und zur Aufhebung der Richtlinie 2004/18/EG.

Berücksichtigung von Cradle-to-Cradle bei der Berechnung von Lebenszykluskosten

Christiane Hirzel, Anton Dorozhkin

Christiane Hirzel, Institut für Baubetriebslehre, Universität Stuttgart, Deutschland

Anton Dorozhkin, Institut für Baubetriebslehre, Universität Stuttgart, Deutschland

Kurzfassung

Nachhaltigkeit ist ein Thema mit hoher Präsenz, Wichtigkeit, Dringlichkeit und inzwischen auch fester Bestandteil europäischer und deutscher Politik. Aus welchem Grund betrifft dies jedoch in einem nur sehr geringen Maße den Bereich der Bau- und Immobilienbranche? Einen erfolgsversprechenden und nachhaltigen Ansatz kann der Cradle-to-Cradle-Konzeption zur Planung, Errichtung und dem Betreiben von Immobilien entnommen werden. Der vorliegende Text befasst sich mit der allgemeinen Darstellung der Cradle-to-Cradle-Idee sowie derer Berücksichtigung bei der allkostenumfassenden Betrachtung im Rahmen von Lebenszykluskostenberechnungen bei Immobilien.

Inhalt

1	Ökonomie und Ökologie von Immobilien.....	120
1.1	Der Lebenszyklus von Immobilien	120
1.2	Das Konzept des Cradle-to-Cradle in der Baubranche.....	120
2	Integration von Cradle-to-Cradle in eine Lebenszykluskostenberechnung.....	123
2.1	Veränderungen durch Cradle-to-Cradle	123
2.2	Veränderungen in der Lebenszykluskostenberechnung	125
2.3	Gegenüberstellung Cradle-to-Cradle und Cradle-to-Grave.....	126
3	Ausblick.....	129
	Literatur.....	130

1 Ökonomie und Ökologie von Immobilien

1.1 Der Lebenszyklus von Immobilien

Zur Darlegung der ökonomischen Nachhaltigkeitskomponente, bei der Projektierung von Immobilien aller Art, sollten regelmäßig nicht nur die kurz-, sondern stets auch die langfristigen Aufwendungen im Rahmen einer Lebenszykluskostenberechnung näher betrachtet werden. Dieses finanzmathematische Instrument ermöglicht die Darstellung des Zusammenhangs von den sogenannten Erst- und Folgekosten und ermöglicht die Kontrolle der Austauschbeziehung von vermeintlich hohen anfänglichen Investitionskosten und geringen nachfolgenden Nutzungskosten. Innerhalb der Praxis kommen viele unterschiedliche und überschneidende Begriffe zur Anwendung. Gemeinsam haben diese jedoch, dass sämtliche Kosten verschiedenster Phasen im Leben einer Immobilie aufsummiert werden, um letztendlich die langfristig kostengünstigste und damit die unter ökonomischen Gesichtspunkten nachhaltigste Handlungsalternative bestimmen zu können. Entscheidend für das Ergebnis sind somit der zu betrachtende gesamte Lebenszyklus einer Immobilie sowie die verschiedenen Phasen, welche innerhalb dessen durchlebt werden. Je nach Position, Sichtweise, Erfahrung und Tätigkeit von Projektbeteiligten werden die Berechnungsphasen jedoch unterschiedlich aufgeteilt und unterschiedlich stark gewertet. Trotz dieser verschiedenster Betrachtungsweisen und Phasenauslegungen ist dennoch festzuhalten, dass eine wirtschaftliche Betrachtung nur dann aussagekräftig ist, wenn sämtliche Phasen ausreichend berücksichtigt und marktorientiert bewertet werden.

1.2 Das Konzept des Cradle-to-Cradle in der Baubranche

Die am Markt immer mehr zu erkennende Nachfrage an Zertifizierungssystemen trägt dazu bei, dass der Trend der Nachhaltigkeit gestärkt wird und ein Umdenken der Bauherren erfolgt. Nicht allein die günstigen Baukosten prägen Entscheidungen, sondern auch die immer mehr in den Fokus tretenden Folgekosten.

1.2.1 Was ist Cradle-to-Cradle?

Das Cradle-to-Cradle-Konzept, zu Deutsch „Von der Wiege zur Wiege“, hat seinen Ursprung in den 1990er-Jahren und geht auf den deutschen Verfahrenstechniker und Chemiker Prof. Dr. Braungart und den US-Amerikanischen Architekten William MC-Donough zurück. Dieses Konzept setzt, entgegen dem altbekannten linearen Wirtschaftssystem Cradle-to-Grave, die Natur als Vorbild. Dagegen fokussiert Cradle-to-Cradle nicht, wie der Großteil der Umweltbewegung, die Thematik der Abfallvermeidung, sondern vielmehr den Gedanken vollkommener Kreisläufe. Dies bedeutet, in Anlehnung an die Natur, dass Abfälle keinen unbrauchbaren Müll darstellen, sondern vielmehr Nahrung und Nährstoffe in einem nicht endenden Kreislauf. Durch das Umstrukturieren von Industrieproduktionen sollen geschlossene Materialkreisläufe entstehen in welchen Materialien ohne Verlust von Qualität immer wieder neu verwendet und genutzt werden können (vgl. Braungart und McDonough 2016, S. 32 ff.).

1.2.2 Notwendigkeit des Umdenkens

Gerade in der Baubranche kommt es trotz jahrzehntelanger Produkt- und Produktionsverbesserungen weiterhin zu einem sehr starken Aufkommen an Abfall- und Treibhausausstößen. Angesichts des steigenden Umweltbewusstseins bedarf es eines drastischen Umdenkens, welches gar über die Entwicklungen von Passiv-, Niedrig- oder Nullenergiehäuser hinausgehen muss. Schließlich weisen bei genauerer Betrachtung auch diese Ansätze Defizite auf. Ein hoher Baukostenanteil zu Baubeginn, welcher am Ende der Nutzung verloren geht, wird durch den Kostenblock der Entsorgung ergänzt. Abfälle durch bspw. WDV-Systeme entstehen massenweise während der Bauausführung aber auch beim künftigen Rückbau. Lediglich der Energieverbrauch während der Objektnutzung wird eingespart! Dies zeigt, dass die Entwicklung zwar weniger schädlich aber lange noch nicht gut ist.

1.2.3 Grundprinzipien des Cradle-to-Cradle-Konzepts

Aufgrund der Endlichkeit von Grundelementen haben die Menschen nur das von der Natur Gegebene und das was sie sich daraus herstellen können. Wenn ein Gleichgewicht zwischen Reserven und Verbrauch erreicht werden

soll, müssen die Grundprinzipien des Cradle-to-Cradle-Konzepts verinnerlicht und umgesetzt werden. Dies bedeutet das Aufteilen aller Materialien in zwei Klassen, welche analog in zwei entsprechende Stoffkreisläufe gehören (vgl. Braungart und McDonough 2016, S. 136).

Der biologische Kreislauf

Der biologische Stoffwechsel stellt ein Geflecht aus gegenseitig voneinander abhängigen natürlichen Prozessen und Organismen dar. Dieser besteht im Wesentlichen aus dem Bedarf an biologischen Nährstoffen und aus Produkten des Stoffwechsels. Wobei die Nährstoffe in kontinuierlich neuen Kreisläufen zirkulieren können (Vgl. Mösle 2018, S. 592). Die aus den biologischen Nährstoffen konzipierten Produkte werden auch als Verbrauchsgüter bezeichnet und sind gesund sowie kompostierbar bzw. biologisch abbaubar. Die Voraussetzung für das Einführen der Verbrauchsgüter in die Biosphäre ist, dass diese Materialien keinerlei Giftstoffe enthalten und somit weder unmittelbar vor noch nach dem Zirkulieren eine Gefahr für lebende Systeme darstellen (vgl. Braungart und McDonough 2016, S. 40 f.).

Der technische Kreislauf

Innerhalb des technischen Kreislaufes zirkulieren hauptsächlich komplexe Gebrauchsgüter. Auch in diesen Kreisläufen entstehen keine Abfälle, da die Produkte bereits im Herstellungsprozess als Ressource für spätere Nutzungen optimiert wurden. Somit können die Materialien, Wertstoffe und Rohstoffe verlustfrei unendlich oft wiederverwendet werden (Vgl. Mösle 2018, S. 591). Auch bei den Gebrauchsgütern besteht die Voraussetzung, dass Inhaltsstoffe chemisch unbedenklich und kreislauffähig sein müssen. Wie in der Abbildung 1.1 zu erkennen, ergibt sich eine Besonderheit gegenüber dem biologischen Kreislauf. Sie besteht darin, dass diese Produkte die Möglichkeit liefern, genutzt zu werden, obwohl das Eigentum dem Hersteller obliegt. Diese Art der Dienstleistung wird auch als Öko-Leasing bezeichnet (vgl. Braungart und McDonough 2016, S. 42 f.)

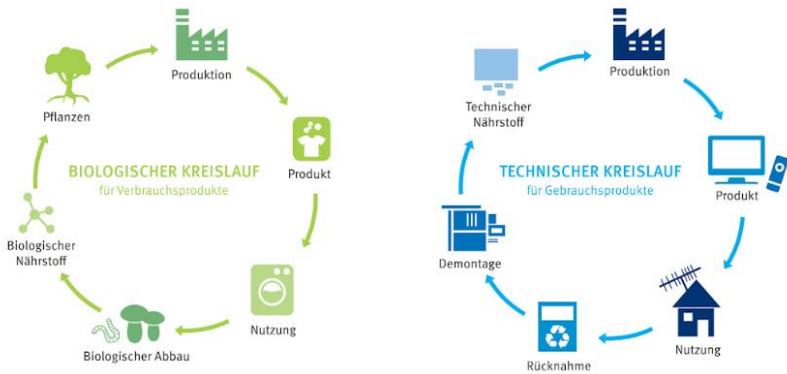


Abbildung 1.1: Stoffkreisläufe (Sommer 2016, S. 9)

2 Integration von Cradle-to-Cradle in eine Lebenszykluskostenberechnung

Das Cradle-to-Cradle-Konzept stellt einen Ansatz dar, in welchem der Kreislaufgedanke im Fokus steht. Zur Darstellung des Cradle-to-Cradle-Konzepts in einer Lebenszykluskostenberechnung ist es notwendig, dass nicht ausschließlich bestimmte Kostengruppen berücksichtigt werden, sondern alle Lebenszykluskosten beginnend mit der Initiierung bis hin zum Rückbau. Ein besonderes Augenmerk fällt dabei auf die Abfallentsorgungen, welche bisher in der Praxis meist unberücksichtigt blieben.

2.1 Veränderungen durch Cradle-to-Cradle

Grundsätzlich stellen Cradle-to-Cradle-konzipierte Immobilien keine wesentliche Sonderart innerhalb des Bauablaufs dar. Es ist vielmehr der ganzheitliche Ansatz, welcher zu Veränderungen in Bezug auf Kosten führt. Um die Veränderungen durch das Cradle-to-Cradle-Konzept zu identifizieren, ist es grundlegend wichtig zu wissen, dass nahezu nur der technische Kreislauf in der Baubranche betrachtet wird. Der biologische Kreislauf stellt eine untergeordnete Rolle dar.

So besteht bereits in der Initiierungsphase ein wesentlicher Unterschied gegenüber dem Cradle-to-Grave-Konzept. Die Einstellung des Kunden bzw. Bauherren fokussiert nicht primär einen niedrigen Kostenansatz, sondern vielmehr eine allumfassende nachhaltige Projektbetrachtung. Folgerichtig kann gesagt werden, dass Investitionen getätigt werden, deren Wirkung sich positiv auf die Kostenbilanzstruktur der Zukunft auswirkt.

Die Planungsphase stellt die wesentliche Phase dar, denn in ihr werden alle weiteren Lebenszyklusphasen zentralisiert. Der Blickwinkel einer Planung geht über die Fertigstellung hinaus und berücksichtigt mögliche Nutzungsänderungen sowie eine spätere Demontage bzw. den Abriss. Außerdem werden Planer-Leistungen um eine weitere Leistung ergänzt. Zur Analyse der Materialien, Konstruktionen und Verbindungen ist eine zusätzliche Untersuchung erforderlich; die sogenannte bauökologische Schadstoffuntersuchung. Der ganzheitliche Ansatz hat zur Folge, dass Fachplaner keine standardisierten Konzepte übertragen können. Gerade im Bereich der TGA kommt der Grundsatz „weniger Technik ist mehr“ zum Einsatz. Beispielsweise stehen nun erneuerbare Energien sowie rückbaufreundliche Aufputzinstallationen im Fokus. Die in der Planung und Umsetzung erreichte Qualität wird anschließend in Form eines Materialpasses dokumentiert. Dies erfordert, dass die Nachhaltigkeitsqualität bereits in der Ausschreibung erfasst ist. Auch die Dokumentation als auch die Freigabe von Bauprodukten stellt eine Besonderheit dar. Sämtliche materialspezifischen Unterlagen sind vor der Ausführung einzureichen und zu prüfen. Der Auftragnehmer hat daher alle im Projekt verwendeten Produkte lückenlos zu dokumentieren. Neben den Planern sind auch die Auftragnehmer in der Pflicht, für die eingesetzten Baustoffe das vorgesehene Nachnutzungs- bzw. Recyclingverfahren zu benennen. Denn die Wahl der Materialkomponenten ist die Grundvoraussetzung für ein recyclingfreundliches Gebäude. Um eine möglichst sortenreine Gewinnung der Rückbaumaterialien durch die zukünftige Demontage der Immobilie zu erhalten, muss ein maximal hochwertiges Recycling von verbauten Materialien gewährleistet werden. Die Überprüfung der Einhaltung und Umsetzung der Anforderungen wird dabei, insbesondere in der Anfangsphase der Implementierung von Cradle-to-Cradle, zu erhöhten Bau- und Qualitätsüberwachungsaufwendungen führen.

Innerhalb der Realisierungsphase existiert die zusätzliche Besonderheit Ausbau- und Inneneinrichtungsprodukte zu leasen. Eine Umnutzung kann dadurch schnell und aufwandsschonend umgesetzt werden. Zudem kann durch das Rückgabesystem der Kreislaufgedanke gesichert werden. Die Hersteller erhalten ihre Produkte zurück, um sie nach erfolgter Aufbereitung wieder erneut zu vertreiben. In der Nutzungsphase sind Unterschiede aufgrund der verwendeten TGA-Konzepte zu erkennen. Die Nutzung von erneuerbaren Energien und Grauwasser kann die Kosten der Verbräuche drastisch reduzieren. Hinzu kommt die verbesserte Aufenthaltsqualität, welche nicht direkt mit einem Geldwert messbar verglichen werden kann.

2.2 Veränderungen in der Lebenszykluskostenberechnung

Eine Berechnung, welche eine vollständige rechnerische Darstellung der Kosten von der Idee bis hin zum Abbruch abbildet, wird von Kunden eher unregelmäßig abgefragt, entspricht allerdings dem Gedanken einer vollumfänglichen Lebenszykluskostenbetrachtung. Um die Besonderheit des Kreislaufgedankens aufzuzeigen, ist die Betrachtung der Gesamtkosten, vor allem jedoch der anfallenden Abbruchkosten am Ende eines Lebenszyklus, notwendig. Diese werden zumeist während der Planung nur mit einem groben Kennwert berücksichtigt. Bisher erfolgte keine Ermittlung anhand der tatsächlichen Baumaterialien und Entsorgungsaufwendungen, wegen der schlichten Unkenntnis über die verbauten Materialien, deren Verbindungen und Mengen. Außerdem bleiben mögliche Einnahmen aufgrund des Kostenwertes unberücksichtigt. Aufgrund des geführten Materialpasses ist eine genau rechnerische Darstellung der Ausgaben sowie Einnahmen möglich.

Eine weitere Schwierigkeit ergibt sich in der Recherche und Verwendung von Kostenkennwerten; denn Vergleichsobjekte sind so gut wie nicht vorhanden. Je nach Planstand wäre eine Anpassung der Kennwerte/Benchmarks auf Grundlage des Fachwissens der Planer notwendig oder ein direkter Übertrag der Kostenschätzung der Planer möglich. Hinzu kommt die Erschwernis einer detaillierten Abschätzung der Entsorgungs-

preise sowie der Feststellung der Preisentwicklung von Abfällen und Metallen, denn der fiktive Abrisstermin erfordert einen weiten Blick in die Zukunft. Einen möglichen Ansatz stellt hierbei der AVV-Schlüssel dar, anhand dessen eine Aufteilung in Kombination mit den vorhandenen Marktpreisen eine Kalkulation ermöglicht wird.

2.3 Gegenüberstellung Cradle-to-Cradle und Cradle-to-Grave

Um eine Gegenüberstellung zweier Konzepte zu ermöglichen ist es erforderlich die einzelnen Phasen des Lebenszyklus zu trennen und in separaten Berechnungen aufzuzeigen, um schlussendlich eine nachvollziehbare Summe abzubilden. Durch diese Darstellung ist es möglich, die Kosten den Phasen zuzuordnen und einen direkten wirtschaftlichen Vergleich der Konzepte durchzuführen. Um den Einfluss der bestimmten Faktoren durch den Vergleich der verschiedenen Ansätze in statisch relevanter Anzahl nachzuweisen, muss der Vergleich an ein und derselben Immobilien stattfinden. Bei einem direkten Vergleich der Kosten werden bestimmte Differenzen direkt ersichtlich. Sollte man doch erwarten, dass aufgrund der erhöhten Planer-Leistung eine weitaus höhere Kostenbelastung für die nach Cradle-to-Cradle-konzipierte Immobilie anfallen, ist dies nicht der Fall. Dieser Kostenblock differenziert sich moderat (vgl. Abbildung 2.1).



Abbildung 2.1: Gegenüberstellung Planungskosten

Bei der Realisierungsphase können keine pauschalen Annahmen getroffen werden, da diese stark von der gewünschten Ausstattung und Nutzung

abhängen. Es kann allerdings davon ausgegangen werden, dass die zertifizierten Produkte einen höheren Kostenaufwand darstellen, wie solche die keinerlei Zertifizierung vorweisen können (vgl. Abbildung 2.2).



Abbildung 2.2: Gegenüberstellung Bauwerkskosten

Aufgrund der Nutzung erneuerbarer Energien, Grauwasser usw. ist innerhalb der Nutzungsphase ein deutlicher Kostenunterschied zu erkennen. Die Verwendung ermöglicht es die laufenden Nebenkosten auf ein Minimum zu reduzieren. Selbst deren Wartungsaufwand ist aufgrund dessen Zugänglichkeit und leichter Demontage mit einem vergleichsweise minimalen Aufwand verbunden. Es ist anzunehmen, dass eine Berücksichtigung von steuerlichen Vergütungen sowie der Bilanzneutralität von Leasingverträgen innerhalb der Betriebsphase zu einer erheblichen Verbesserung der Ergebnisse führen. Zudem wären im Falle einer Vermietung, aufgrund des besonderen Stellenwerts bzw. Marktwerts, ein erhöhter Mietertrag gegenüber einer nach Cradle-to-Grave-konzipierten Immobilie zu erwarten. Ein besonderes Augenmerk ist, wie bereits erwähnt, auf die Abbruchkosten zu legen. Ein geringerer Vorplanungsaufwand, aufgrund des Materialpasses und der reduzierte Abbruchaufwand, aufgrund einer wesentlich vereinfachten Demontage, führen zusammen mit der Generierung von Entsorgungserträgen zu einer spürbaren Verringerung der Gesamtkosten.

Besonders für die Abbruchkosten eines Gebäudes gilt, dass diese nicht in dem Umfang in Entscheidungsprozesse eingehen, wie es ihre Bedeutung für

künftige Kosten und Einnahmen entspricht. Vor allem die Entsorgung stellt einen Faktor dar, dessen Wirkung singular in Geldeinheiten vorliegt – partiell als Kostenverursacher, weniger als Nutzenbringer. Zwar können bspw. mit der Lebenszykluskostenberechnung der DGNB, die Kosten der Herstellung und Nutzung für Cradle-to-Grave- oder Cradle-to-Cradle-konzipierte Immobilien dargelegt werden, aber der Kreislaufgedanken mit sortenreiner Trennbarkeit sowie der Grundgedanke, Immobilien als Rohstofflager zu betrachten, nicht. Der durchgeführte Berechnungsansatz mit einer Gesamt-Phasenbetrachtung kann dies mithilfe von entscheidungsrelevanten Kosten aufzeigen. Durch dieses Mittel wird der Investor, der Projektentwickler, der Bauherr usw. für die mögliche Ressourcenschonung sowie Kosten- oder Ertragsentscheidungen sensibilisiert. Die Zuordnung in die AVV-Schlüssel und deren Darstellung von Kostendifferenzen sowie möglicher Ressourcenschonungen können innerhalb der Berechnungen der Lebenszykluskosten zu einer verbesserten Kommunikation bzgl. der Gestaltung zwischen Bauherren und Planer beitragen. Zudem kann eine ganzheitliche Darstellung dazu führen, dass vorläufige Mehrkosten für ein nachhaltiges Gebäude eher in Kauf genommen werden, wenn so ein Mehrwert für die Umwelt generiert wird. Die Entscheidung für ein Cradle-to-Cradle-Konzept lässt sich dadurch ökonomisch rechtfertigen (vgl. Abbildung 2.3).

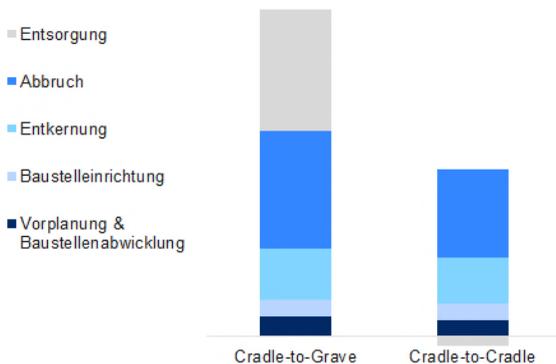


Abbildung 2.3: Gegenüberstellung Abbruchkosten

3 Ausblick

Nachhaltigkeit ist ein Thema mit hoher Präsenz, Wichtigkeit, Dringlichkeit und inzwischen auch fester Bestandteil europäischer und deutscher Politik. Den Rahmen für die zukünftigen Anforderungen an Immobilien wie Flexibilität, mehr Rezyklierbarkeit und weniger Wertverlust, wird durch die Circular Economy in dem Klimaschutzplan 2050 und den Nachhaltigkeitszielen der UNEP gelegt. Sämtliche Immobilien, die heute nicht diese Anforderungen beinhalten, laufen Gefahr zukünftig eine Abwertung zu erfahren, denn Flexibilität, Gesundheit und Rezyklierbarkeit sind nicht nachrüstbar (Vgl. Mösle 2018, S. 595). Das Umsetzen dieser Ziele gelingt allerdings nur dann effektiv, wenn realisierbare Methoden zur Verfügung stehen. Eine Methode stellt das Cradle-to-Cradle-Konzept von Prof. Dr. Braungart dar. Trotz der vorhandenen Methode, kommt es leider nur zu vereinzelt Umsetzungen. Grund dafür ist, dass Vergabeprozesse nur am Vergabepreis orientiert sind und gesetzliche Vorgaben nicht oder nur in geringem Maß vorliegen. Verschärfte gesetzliche Grundlagen wie die Führung von Materialpässen, erweiterte Grenzwerte für Raumlufthygiene, und Verbote von gesundheitsgefährdenden Materialien sind unbedingt notwendig. Staatliche Subventionierungen in Form von Zuschüssen, kostengünstigen Finanzierungen, Steuervorteilen oder Gebührenbefreiungen sollten ebenfalls das allgemeine Interesse an solchen Programmen befördern. Eine Betrachtung, die vollumfänglich in prognostizierten Zahlen den zusätzlichen wirtschaftlichen Mehrwert abbildet, wäre gleichzeitig ein fundamental wichtiges Instrument. Durch die wirtschaftliche Betrachtung des gesamten Lebenszyklus könnten Subventionierungen wie auch der erhöhte Marktwert abgebildet werden um den wirtschaftlichen Mehrwert gegenüber einer nach Cradle-to-Grave-konzipierten Immobilie aufzeigen.

Literatur

Braungart, M.; McDonough, W. (2008): Die nächste industrielle Revolution - Die Cradle to Cradle-Community. 3. Auflage, Europäische Verlagsanstalt, Hamburg.

Braungart, M.; McDonough, W. (2016): Cradle to Cradle - Einfach intelligent produzieren. 4. Auflage, Piper Verlag, München.

Mösle, P. (2018): Ausblick auf die nächste Generation der Green Buildings, in Ingenhoven, C.: Praxishandbuch Green Building - Recht, Technik, Architektur. 1. Auflage, De Gruyter Verlag, Berlin.

Sommer, H. (2016): Projektmanagement im Hochbau – Mit BIM und Lean Management. 4. Auflage, Springer Vieweg Verlag, Berlin.

Aufbereitung von Carbonbetonabbruchmaterial

Florian Kopf, Jan Kortmann

Florian Kopf, Institut für Baubetriebswesen, TU Dresden, Deutschland

Jan Kortmann, Institut für Baubetriebswesen, TU Dresden, Deutschland

Kurzfassung

Der Artikel behandelt die vierte und letzte Phase des Verbundforschungsvorhabens C³-V1.5 „Abbruch, Rückbau und Recycling von C³-Bauteilen“. Schwerpunkt des Beitrages ist die Aufbereitung des mit dem Abbruch von Carbonbetonbauteilen anfallenden faserhaltigen Bauschutts. Das Ziel der Aufbereitung ist, dass die beiden Komponenten des Verbundbaustoffes (Carbonbewehrung und Betonmatrix) im Ergebnis der Aufbereitung als getrennte Fraktionen für das weiterführende Recycling im Sinne der stofflichen Verwertung vorliegen. An dieser Stelle werden die mehrstufig durchgeführten Feldexperimente zur baustellenseitigen und stationären Aufbereitung von Abbruchmaterial hinsichtlich ihrer Einordnung in den Stand der Technik, ihrer praktischen Durchführung und des Ergebnisses zur Separation der Carbonbewehrung erläutert und diskutiert. Im Ergebnis der Forschung wurde deutlich, welche Herausforderungen bei dem Recycling für den innovativen Verbundbaustoff bestehen, welche derzeit verfügbaren technischen Lösungen geeignet sind und welche offenen Forschungsfragen zukünftig zu beantworten sind.

Inhalt

1	Einleitung	134
1.1	Forschungsvorhaben	134
1.2	Rechtliche Grundlagen.....	134
2	Baustellenseitige Aufbereitung von mineralischem Abbruch- material	135
2.1	Stand der Technik	135
2.2	Ergebnisse der baustellenseitigen Aufbereitung	136
3	Stationäre Aufbereitung von Abbruchmaterial.....	138
3.1	Stand der Technik	138
3.2	Ergebnisse der stationären Aufbereitung	139
4	Geeignete Aufbereitungsverfahren	141
4.1	Stand der Technik	141
4.2	Kamerabasierte Sortierung als vorteilhaftes Verfahren.....	141
5	Fazit	143
5.1	Diskussion der Ergebnisse	143
5.2	Ausblick	143
	Literatur.....	145

1 Einleitung

1.1 Forschungsvorhaben

Dieser Beitrag schließt chronologisch an die Beiträge aus den Jahren 2016 (Kortmann und Kopf 2016), 2017 (Kopf et al. 2017) und 2018 (Kopf und Kortmann 2018) an und stellt den Fortschritt und die Teilergebnisse des im Juni 2018 abgeschlossenen Forschungsprojektes C³-V1.5 „Abbruch, Rückbau und Recycling“ dar. Das Projekt wurde vom Bundesministerium für Bildung und Forschung im Rahmen des Programms „Zwanzig20 – Partnerschaft für Innovation“ geförderten. Ein Schwerpunkt des Projektes war die bestehende Fragestellung zur Umsetzbarkeit des Recyclings. Der hier gegenständlichen Aufbereitung vorangegangen waren klein- und großmaßstäbliche Versuche zum Bruch- und Trennverhalten carbonfaserbewehrter Betone bei der Bearbeitung und dem Abbruch sowie die Untersuchung des Gesundheitsgefährdungspotenzials aufgrund der emittierten Faserstäube.

1.2 Rechtliche Grundlagen

Die Aufbereitung von Bau- und Abbruchabfällen spielt eine wesentliche Rolle zur Sicherstellung einer Kreislaufwirtschaft und der Reduktion von zu deponierenden Abfällen. Das Kreislaufwirtschaftsgesetz (KrWG) mit Stand vom 07/2017 schreibt die Getrenntsammlung von Abfällen als Grundlage für ein ordnungsgemäßes, schadloses und hochwertiges Recycling vor (KrWG (07/2017) § 14). Die Gewerbeabfallverordnung (GewAbfV) mit Stand 07/2017 konkretisiert diese Maßgabe in Bezug auf Bau- und Abbruchabfälle und schreibt die getrennte Sammlung und Beförderung unter anderem für die Abfallfraktionen Kunststoff und Beton vor (GewAbfV (07/2017) § 8 Absatz 1). Als zulässige Einschränkung dieser Vorgabe werden die technische Unmöglichkeit und die wirtschaftliche Unzumutbarkeit genannt. Diese sind im Einzelfall nachzuweisen und zu dokumentieren. (GewAbfV (07/2017) § 8 Absatz 2 und 3) Anhand der genannten rechtlichen Vorgaben zur Aufbereitung und Trennung von Abfällen lässt sich ableiten, dass die Überprüfung der Einhaltung der vorgenannten Anforderungen eine zentrale Aufgabe bei der Entwicklung eines neuen Verbundbaustoffes darstellt.

Im Rahmen des Forschungsvorhabens wurden die Möglichkeiten zur Aufbereitung und Trennung der einzelnen Komponenten aus dem Verbundbaustoff Carbonbeton in mobilen und stationären Anlagen experimentell untersucht. So gilt, dass die Stoffausbringung in einer stationären Anlage laut GewAbfV (07/2017), Anlage zu § 6 Absatz 1 (1) für Eisen- und Nicht-eisenmetalle 95 % und für Kunststoffe 85 % betragen muss. An dieser Anforderung zur Ausbringung der Carbonbewehrung orientiert sich die Zielvorgabe der zu untersuchenden Separationsverfahren.

2 Baustellenseitige Aufbereitung von mineralischem Abbruchmaterial

2.1 Stand der Technik

Die baustellenseitige Aufbereitung von Bauschutt hat die Aufgabe abgebrochenes Material zu zerkleinern, zu klassieren und Störstoffe abzuscheiden. Dabei werden Technologien aus der Rohstoffaufbereitung (z. B. aus der Erzgewinnung oder Natursteinindustrie) sowie aus der Abfallbehandlung als Verfahren genutzt. (Rentz et al. 1997, S. 135). Für die Aufbereitung von mineralischem Abbruchmaterial auf der Baustelle stehen verschiedene Typen an mobilen Geräten zur Verfügung. Um das Material zu zerkleinern werden in der Regel mobile, einstufige Backen- oder Prallbrecher verwendet. Werden an die Aufbereitung höhere Anforderungen an die Produktqualität gestellt, so ist eine zweistufige Aufbereitung vorzusehen und die mobile Aufbereitungsanlage gegebenenfalls mit einer Siebanlage zu ergänzen. Diese dient der Klassierung und der Abscheidung des mineralischen Feinbestandteiles bis 2 mm Größtkorn aus dem Recyclingmaterial (Deutscher Abbruchverband e. V. 2015, S. 546 f.)

In Ergänzung der Zerkleinerung und Klassierung des Abbruchmaterials ist die Abtrennung einzelner Stofffraktionen erforderlich. Bei der baustellenseitigen Aufbereitung von konventionellem Stahlbetonabbruchmaterial kommt in der Regel ein Magnetabscheider zum Einsatz, der den Bewehrungsstahl der mineralischen Fraktion entzieht. Zum Ausbringen leichter

Störstoffe, wie z. B. Holz oder Dämmmaterialien, eignet sich der Einsatz eines Windsichters. (Deutscher Abbruchverband e. V. 2015, S. 548)

Der derzeitige Stand der Technik für die Aufbereitung des Bauschutts von abgebrochenen Stahlbetonbauteilen stellt die baustellenseitige Separation der mineralischen und der metallischen Fraktion als Vorbereitung für die stoffliche Verwertung der Fraktionen uneingeschränkt sicher. Das Ziel der Aufbereitung von Carbonbetonabbruchmassen ist demzufolge ein gleichwertiges Sortierergebnis zu erreichen.

2.2 Ergebnisse der baustellenseitigen Aufbereitung

Als Basis für die Feldversuche zur Aufbereitung diente das durch den Hydraulikbagger mit angebaute Betonpulverisierer vorzerkleinerte Abbruchmaterial, bestehend aus 20,9 t Beton und 217 kg Carbonbewehrung. Bei der Auswahl der Geräte für die baustellenseitige Aufbereitung des mineralischen Abbruchmaterials wurde sich am aktuellen Stand der Technik orientiert. Für die Zerkleinerung des Materials setzte der Praxispartner Caruso Umweltservice GmbH einen mobilen Backenbrecher vom Typ *Kleemann Mobicat MC 100 R EVO* mit integriertem Magnetabscheider ein. Für das erste Feldexperiment zur Abscheidung der Carbonbewehrungsfraktion wurde das Separationsverfahren „Querstromsichtung“ mit einem mobilen Windsichter vom Typ *AirMaster 1200* ausgeführt. In Abbildung 2.1 ist der Versuchsaufbau mit dem Hydraulikbagger, dem Backenbrecher und dem Windsichter in der technologischen Prozesskette von links nach rechts dargestellt.



Abbildung 2.1: Backenbrecher und angeschlossener Windsichter

Das Ziel der Aufbereitung mit dem mobilen Backenbrecher war die weitere Zerkleinerung der Carbonbetonbruchstücke und insbesondere der Aufschluss der faserförmigen Carbonbewehrung von der mineralischen Betonmatrix. Die Öffnungsweite des Backenbrechers wurde für dieses Szenario auf 56 mm eingestellt. Mit dieser Anlagenkonfiguration wird die mineralische Fraktion auf ein maximales Größtkorn von 56 mm gebrochen, was typischerweise einer Korngröße für die Herstellung von Schottertragschichten und Frostschutzschichten entspricht. Der Backenbrecher wurde im Feldexperiment mit einer Durchsatzleistung von circa 100 t/h betrieben. Der integrierte Magnetabscheider wurde zur Abscheidung der metallischen Transportanker betrieben.

An den Backenbrecher schließt direkt ein mobiler Windsichter an. Der Grundgedanke bei der Konzeption dieser anschließenden Aufbereitungstechnologie war, die Dichtedifferenz zwischen beiden Materialfraktionen – Beton $2\,290\text{ kg/m}^3$ und Carbonbewehrung $1\,800\text{ kg/m}^3$ – auszunutzen, um die Separation mittels des Verfahrens der Querstromsichtung zu realisieren. Im Ergebnis der Aufbereitung lag das Abbruchmaterial jedoch auch nach Sichtung als heterogenes Haufwerk vor (Abbildung 2.2). Das erklärte Ziel

der Separation konnte mit diesem erprobten Verfahren nicht erreicht werden. In der Konsequenz daraus wurde das Abbruchmaterial verladen und zu einer stationären Aufbereitungsanlage für die Durchführung weiterer Separationstechnologien transportiert.



Abbildung 2.2: Heterogenes Stoffgemisch 0/56 nach baustellenseitiger Aufbereitung

Im Fazit des ersten Aufbereitungsversuches kann festgestellt werden, dass die für konventionellen Stahlbeton eingesetzte Aufbereitungstechnologie nicht ohne weitere Anpassungen für die Aufbereitung von Carbonbeton geeignet ist.

3 Stationäre Aufbereitung von Abbruchmaterial

3.1 Stand der Technik

Die bei der stationären Aufbereitung eingesetzten Verfahren unterscheiden sich nicht grundlegend von den mobilen Verfahren, sondern ergänzen diese um zusätzliche Anlagenteile. So kommen in stationären Aufbereitungsanlagen neben Backen- und Prallbrechern auch Schlagwalzen- oder Kegelbre-

cher zum Einsatz. In der Regel werden in einer stationären Aufbereitungsanlage mehrere Brecher hintereinander geschaltet, wodurch eine höhere Prozessqualität erreicht werden kann. Für die Klassierung und Separation der Abbruchfraktionen kommen in Ergänzung dazu Siebe und Roste, trockene oder nasse Sortieranlagen (z. B. Windsichter und Schnecken-Aufstrom-Sortierer) sowie manuelle Verfahren (z. B. Handklaubung) zum Einsatz. (Deutscher Abbruchverband e. V. 2015, S. 545 f.)

Der Vorteil stationärer Aufbereitungsanlagen besteht darin, dass aus dem aufgegebenen Abbruchmaterial die Herstellung einer gewünschten Korngrößenverteilung des aufbereiteten Materials möglich ist. Mit der Steuerung der Korngrößenverteilung und des höheren Reinheitsgrades wird eine höhere Qualität des Recyclingmaterials erzielt und die Möglichkeit der direkt anschließenden Wiedereinsatzes verbessert. Das Arbeiten in einer geschlossenen Anlage ermöglicht darüber hinaus die wirksame Begrenzung der Emissionen. Nachteilig wirkt sich die mangelnde Flexibilität für die Anpassung auf sich ändernde Produkthanforderungen. Stationäre Aufbereitungsanlagen sind an einen konstanten Materialzufluss und einen beständigen Absatzmarkt gebunden. Darüber hinaus sind die Transportkosten für das Material von und zur Anlage zu berücksichtigen. (Deutscher Abbruchverband e.V. 2015, S. 546)

3.2 Ergebnisse der stationären Aufbereitung

Ähnlich dem Vorgehen bei der baustellenseitigen Aufbereitung mit den mobilen Anlagen wurde bei der Wahl des Separationsverfahrens in der stationären Anlage das konventionelle Vorgehen bei der Aufbereitung von Stahlbetonabbruchmassen als Orientierung angesetzt. Für das Feldexperiment in der stationären Aufbereitung wurde das Carbonbetonabbruchmaterial mit einer Masse von circa 22 t zur Firma Nordmineral Recycling GmbH & Co. KG transportiert und dort behandelt. Für die Aufbereitung standen dabei ein Prallbrecher, eine Siebanlage, eine Sortierkabine für die Handklaubung und ein leistungsfähiger Windsichter zur Verfügung. Erwartet wurde eine schrittweise Separation der Carbonbewehrung von der mineralischen Betonfraktion. Der Windsichter, welcher deutlich leistungsfähiger als die mobile Variante war, und die Siebe sollten einen großen Teil der Car-

bonbewehrungs-fragmente abscheiden. Die nachgeordnete Handklaubung sollte die letzten verbliebenen Reste aussortieren, um eine hohe Sortenreinheit sicherzustellen. Das Ergebnis des ersten Durchgangs in der stationären Anlage (Abbildung 3.1) zeigt deutlich, dass die mehrstufige Sortierung des Materials nicht zum gewünschten Ergebnis geführt hat.



Abbildung 3.1: Heterogenes Abbruchmaterial 0/16 nach dem ersten stationären Aufbereitungsprozess mit Querstromsichtung

Es konnte beobachtet werden, dass die Zerkleinerung des Materials auf ein maximales Größtkorn von 16 mm auch zu einer weiteren Zerkleinerung der Carbonbewehrungsfragmente führt, was für die Separation und die stoffliche Verwertung der Carbonfasern nachteilig ist. Trotz des leistungsfähigen Windsichters in der stationären Anlage und der ergänzenden Siebklasierung wurde das Separationsergebnis aus der mobilen Windsichtung mit circa 10 % für die Ausbringung der Bewehrungsmasse nicht verbessert. Auch ein zweiter Durchgang mit der weiteren Zerkleinerung des Materials auf ein Größtkorn von 10 mm brachte keine Verbesserung des Ergebnisses. Damit muss auch für die stationäre Aufbereitung mit konventionellen Aufbereitungsverfahren konstatiert werden, dass die bautypischen Verfah-

ren nur bedingt für die Aufbereitung von Carbonbetonabbruchmaterial geeignet sind.

4 Geeignete Aufbereitungsverfahren

4.1 Stand der Technik

Bei den alternativ zur Verfügung stehenden Aufbereitungsverfahren lagen insbesondere Verfahren im Fokus des Forschungsvorhabens, die bisher im Bauwesen keine oder nur eine untergeordnete Bedeutung besitzen, jedoch in anderen Branchen häufig großmaßstäblich eingesetzt werden und etabliert sind. Dazu gehören beispielsweise die Verfahren Wirbelstromsichtung, Schwimm-Sink-Sortierung, Nahfeldinfrarot-Sortierung und Kamerabasierter Sortierung. Die genannten Verfahren wurden im Rahmen des Forschungsvorhabens auf die Anwendbarkeit für die Separation der Carbonbewehrungsfragmente aus der mineralischen Fraktion untersucht. Die Mehrzahl der genannten Verfahren ist nicht optimal für die Separation von Carbonfragmenten aus der mineralischen Fraktion geeignet. Daher soll im Folgenden nur auf das erfolgreich erprobte Verfahren der Kamerabasierten Einzelkornsichtung eingegangen werden.

4.2 Kamerabasierte Sortierung als vorteilhaftes Verfahren

Ein untersuchtes Separationsverfahren ist die Kamerabasierte Einzelkornsichtung für dessen Erprobung das heterogene Abbruchmaterial in der Korngruppe 0/56 im Technikum der Firma TOMRA Sorting GmbH untersucht und aufbereitet wurde. Das Funktionsprinzip des Verfahrens ist die Detektion und Differenzierung definierter Formfaktoren der Einzelfragmente im Gesamtstoffstrom. Die Zielfraktion – im vorliegenden Fall die Carbonbewehrungsfragmente – wurden bei positiver Detektion mit gezielten Luftstromimpulsen aus dem Materialstrom abgeschieden. Der Vorteil in der Definition geometrischer Auswahlkriterien liegt in der Unabhängigkeit äußerer Einflussfaktoren, wie etwa einer Farbänderung durch die Verschmutzung des Aufgabematerials. Vor Beginn des Versuches wurden

Einzelfragmente aus einer Materialprobe des 0/56er Abbruchmaterials mittels einer Erkennungssoftware und sogenannten Toolboxes charakterisiert (Toolbox = minimale Begrenzungslinie im Rechteckformat). Dabei zeigte sich die deutliche Unterscheidbarkeit zwischen den beiden Fraktionen anhand des Breiten-Längen-Verhältnisses. Dabei lag das charakteristische Verhältnis von Länge zu Breite bei den mineralischen Fragmenten im Bereich 50 % bis 162 % (Median = 90 %). Bei den Carbonbewehrungsfragmenten hingegen liegt das Verhältnis zwischen 4 % und 18 % (Median = 9 %). (Kortmann et al. 2018, S. 43 f.)



Abbildung 4.1: Separiertes Abbruchmaterial nach der Kamerabasierten Sortierung

Auf Basis dieser Zielparame-terdefinition wurde das Verfahren angewendet und im ersten Durchgang eine Ausbringquote von 97,7 % für die Carbonbewehrung erreicht (Abbildung 4.1). Das Ausbringen der Bewehrungsfrag-mente ging mit einem verfahrensbedingten Fehl- ausblasen von 0,7 % der Masse der mineralischen Fraktion einher, welche über eine nachfolgende Siebung abge- schie- den werden kann. Die Anlage im Technikum lief mit einer Durchsatzleistung von 6,3 t/h, bei einer möglichen Maximalleistung von circa 10 t/h. Auf Basis des Ergebnisses der Kamerabasierten Einzel-

kornsorrierung kann postuliert werden, dass damit geeignete Technologien für die Separation von Carbonbeton bereits zum jetzigen Zeitpunkt zur Verfügung stehen. Die Separation von Carbonbewehrungen stellt daher aus verfahrenstechnischer Sicht kein Hemmnis für die Einführung des neuen Verbundbaustoffes dar. Gleichzeitig muss darauf hingewiesen werden, dass das eingesetzte Verfahren bisher in der Kunststoff- und Buntmetallsortierung zum Einsatz kommt und noch nicht Stand der Technik in der Baustoffaufbereitung ist. (Kortmann et al. 2018, S. 43 f.)

5 Fazit

5.1 Diskussion der Ergebnisse

Die durchgeführten Versuche zeigen, dass die Aufbereitung von Verbundbaustoffen eine verfahrenstechnische Herausforderung darstellt. Eine entscheidende Bedeutung kommt dabei der Abstimmung der verwendeten Technologie auf die Materialeigenschaften der zu separierenden Stoffe zu. Trotz der starken Ähnlichkeit des konstruktiven Aufbaus von Carbonbetonbauteilen zu konventionellen Stahlbetonbauteilen und dem sehr guten Aufschlussgrad der Carbonbewehrung von über 99 % hat sich sowohl in den baustellenseitigen, als auch in den stationären Aufbereitungsanlagen gezeigt, dass die Verwendung konventioneller Aufbereitungsverfahren nicht genügt, die ausreichende Separation der Faserfraktion zu realisieren. Bei der Carbonbewehrung stellt insbesondere der geringe Dichteunterschied zur Betonmatrix ein Hindernis für den Einsatz eines typischerweise verwendeten Windsichters dar. Im Gegensatz zu den konventionellen Aufbereitungstechnologien, lässt sich aber mit der Kamerabasierten Einzelkornsorrierung eine sehr gute Ausbringquote von 97,7 % erzielen.

5.2 Ausblick

Für die weitere Verbreitung der Carbonbetonbauweise bedeutet das Ergebnis dieser Forschungsarbeiten, dass die bisherigen Aufbereitungsprozesse durch weitere Verfahren für das effiziente Recycling von Carbonbeton adaptiert werden müssen. Nur so kann die stoffliche Verwertung der Frakti-

onen Carbonbewehrung und Beton sichergestellt werden. Darüber hinaus bestehen weitere Herausforderungen, die über die Forschungsfragen des Vorhabens hinausgehen. Dazu gehören die Separation des Feinanteils der Carbonfasern, der nicht ausgebracht werden konnte. Die weitergehende Untersuchung der Stoffströme und die Aufstellung von Stoffbilanzen sind zu erarbeiten. Fragen zur Materialkennzeichnung und Nachverfolgbarkeit stellen ebenso Ansätze für zukünftige Forschungsarbeiten dar.

Literatur

Deutscher Abbruchverband e. V. (Hrsg.) (2015): Abbrucharbeiten. Verlagsgesellschaft Rudolf Müller GmbH & Co. KG, Köln, 2015

Gewerbeabfallverordnung (GewAbfV) vom 18.04.2017 i. d. F. vom 05.07.2017

Kopf, F.; Bienkowski, N.; Kortmann, J. (2017): Abbruch, Rückbau und Recycling von C³-Bauteilen - Aktueller Stand im Forschungsprojekt. In: Tagungsband zum 28. BBB-Assistententreffen, Fachkongress der wissenschaftlichen Mitarbeiter der Bereiche Baubetrieb, Bauwirtschaft und Bauverfahrenstechnik, 27. bis 29. Juni 2017, Technische Universität Kaiserslautern, S. 153-162.

Kopf, F.; Kortmann, J. (2018): Großtechnische Umsetzung von Abbruch-, Rückbau- und Recyclingversuchen an Carbonbetonbauteilen. In: Tagungsband zum 29. BBB-Assistententreffen – Fachkongress der wissenschaftlichen Mitarbeiter der Bereiche Bauwirtschaft | Baubetrieb | Bauverfahrenstechnik, 06. bis 08. Juni 2018, Technische Universität Braunschweig, S. 161-169.

Kortmann, J; Kopf, F. (2016): Recyclingfähigkeit von Carbonbeton – Ist-Stand im Forschungsprojekt „Zwanzig20 – C3 Carbon Concrete Composite – Verbundvorhaben 1.5“. In: Tagungsband zum 27. BBB-Assistententreffen, Fachkongress der wissenschaftlichen Mitarbeiter der Bereiche Baubetrieb, Bauwirtschaft und Bauverfahrenstechnik, 18 bis 20. Mai 2016, Technische Universität Dresden, S. 159-168.

Kortmann, J.; Kopf, F.; Hillemann, L.; Jehle, P. (2018): Recycling von Carbonbeton - Aufbereitung im großtechnischen Maßstab gelungen! In: Bauingenieur, Jahressausgabe VDI-Bautechnik 2018/2019, S. 38-44.

Kreislaufwirtschaftsgesetz (KrWG) vom 24.02.2012 i. d. F. vom 20.07.2017

Rentz, O.; Schultmann, F.; Ruch, M.; Sindt, V.: Demontage und Recycling von Gebäuden, Ecomed Verlagsgesellschaft AG & Co. KG, Landsberg, 1997

Herausforderungen öffentlicher Auftraggeber bei der Vergabe von Bauleistungen

Caroline Kothes

Caroline Kothes, Institut für Baubetrieb und Projektmanagement, RWTH Aachen, Deutschland

Kurzfassung

Die Untersuchungen zeigen, dass öffentliche Auftraggeber Schwierigkeiten haben, Bauauftragsvergaben erfolgreich durchzuführen. Ihre Unsicherheit hinsichtlich der Formulierung von Wertungskriterien führt dazu, dass sie den Preis häufig als einziges Kriterium verwenden und Qualitätskriterien unberücksichtigt lassen. Weiterhin sehen öffentliche Auftraggeber sich vielfach außerstande, effektive Eignungskriterien festzulegen, um ungeeignete Bieter von der Vergabe auszuschließen. Das kann zu erheblichen Konsequenzen in der Ausführungsphase führen. Öffentliche Auftraggeber verharren mitunter aus Angst vor rechtlichen Konsequenzen in ihrer bewährten Vergabepaxis, ohne projektspezifische Anpassungen vorzunehmen. Dadurch bleiben Potentiale, die sich aus der Nutzung bestehender Handlungsoptionen ergeben, ungenutzt.

Inhalt

1	Einleitung und Problemstellung	148
2	Vergaberechtliche Regelungen	149
3	Empirische Untersuchung der Vergabepaxis	150
3.1	Recherche in wissenschaftlichen Datenbanken.....	150
3.2	Literaturoauswertung zur Ermittlung von Problemfelder	151
4	Rechtliche Bewertung des herausragenden Problemfelds	152
4.1	Eignungskriterien	153
4.2	Zuschlagskriterien	154
5	Fazit	156
6	Ausblick	156
	Literatur	158

1 Einleitung und Problemstellung

Das öffentliche Bauen steht vielfach in der Kritik. Nicht selten wird in der Realisierungsphase eines Bauprojektes nach und nach bekannt, dass die gesteckten Ziele in qualitativer, terminlicher und finanzieller Hinsicht nicht eingehalten und häufig sogar weit verfehlt werden.

Da bekannt ist, dass besonders die frühen Projektphasen einen großen Einfluss auf die Zielerreichung in Bauprojekten haben, muss bereits in der Vergabephase die Grundlage für ein erfolgreiches Projekt gelegt werden. Im Zuge der Bauauftragsvergabe werden zum einen Bauunternehmen hinsichtlich ihrer Eignung (Eignungsprüfung) und zum anderen ihre Angebote bewertet (Angebotsprüfung). Schließlich wird der Zuschlag auf das wirtschaftlichste Angebot erteilt und das Unternehmen mit der Ausführung der zugehörigen Bauleistungen beauftragt. Insofern ist die Auswahl eines geeigneten Unternehmers, im Hinblick auf seine Fähigkeiten und die Kapazitäten seines Unternehmens, von großer Bedeutung für nachgelagerte Projektphasen. Da sich die Vergabe auf das gesamte Projekt auswirkt, kann sie als eine Stellschraube des Gesamtprojekterfolgs betrachtet werden. Im Wesentlichen aus zwei Gründen ist die öffentliche Beschaffung volkswirtschaftlich von hoher Bedeutung: Zum einen hat die öffentliche Hand eine Pflicht zur Daseinsvorsorge und stellt im Zuge dessen öffentliche Gebäude für die Bürger bereit. Zum anderen ist das zu vergebende Auftragsvolumen der öffentlichen Hand hoch. Nach Schätzungen des Deutschen Instituts für Wirtschaftsforschung e.V. (DIW) betrug das öffentliche Bauvolumen im letzten Jahr 54,9 Mrd. Euro (vgl. Göring et al. 2019, S. 12).

In der Praxis stellt die Vergabe öffentliche Auftraggeber in vielen Fällen vor große Herausforderungen. Sie sind verpflichtet, bei der Vergabe das Vergaberecht anzuwenden. Es gibt einzelne Verfahrensschritte vor, die verfahrensbegleitend zu dokumentieren sind (vgl. § 8 VgV, § 20 VOB/A-EU) und verpflichtet öffentliche Auftraggeber dazu, vorrangig die Leistung in Lose aufgeteilt zu vergeben (vgl. § 97 Abs. 4 GWB, § 5 Abs. 2 VOB/A). Vielfach empfinden die Beteiligten die vergaberechtlichen Regelungen als Hemmnisse einer erfolgreichen Projekrealisierung. Da das Vergaberecht das wesentliche Unterscheidungskriterium zwischen privaten und öffentlichen

Auftraggebern darstellt, ist zur Problemlösung an der rechtlichen Grundlage anzusetzen.

2 Vergaberechtliche Regelungen

Das Vergaberecht als maßgebliches Regelwerk für öffentliche Auftraggeber bei der Beschaffung von Gütern und Leistungen besitzt einen komplexen Aufbau und wird in regelmäßigen Abständen reformiert (vgl. Rechten 2017, S. 19). Für die öffentlichen Bauauftragsvergaben sind je nach Höhe des geschätzten Auftragsvolumens unterschiedliche vergaberechtliche Regelungen anzuwenden. Oberhalb des Schwellenwertes von aktuell 5,548 Mio. Euro für Bauauftragsvergaben basiert das Vergaberecht auf dem EU-Recht (vgl. BAnz AT 29.12.2017 B1, S. 1). In regelmäßigen Abständen werden EU-Richtlinien erlassen, die innerhalb der festgelegten Fristen in nationales Recht umzusetzen sind (vgl. Art. 288 AEUV). In Deutschland geschieht dies im Gesetz gegen Wettbewerbsbeschränkungen (GWB). Es wird konkretisiert durch die Vergabeverordnung (VgV), die wiederum für die Vergabe von Bauleistungen auf den zweiten Abschnitt der VOB/A (VOB/A-EU) verweist. Im Unterschwellenbereich gilt das Haushaltsrecht. Die Grundlage für vergaberechtliche Regelungen sind die Bundeshaushaltsordnung, die Landshaushaltsordnungen der Länder sowie ihre Gemeinde- bzw. Kommunalhaushalts(ver-)ordnungen. Rechtliche Regelungen für Unterschwellenvergaben des Landes und der Kommunen werden von jedem Bundesland eigenständig geregelt. (vgl. Rechten 2017, S. 25 f.) Bezugnehmend auf § 55 der Bundeshaushaltsordnung (BHO) sowie in Nordrhein-Westfalen (NRW) auf § 55 der Landshaushaltsordnung (LHO) und § 26 der Kommunalhaushaltsverordnung Nordrhein-Westfalen (KomHVO NRW) werden Verwaltungsvorschriften erlassen. Für den Bund, das Land NRW und Kommunen in NRW gilt für Bauleistungen einheitlich der erste Abschnitt der VOB/A (vgl. VV zu § 55 BHO, VV zu § 55 LHO und Vergabegrundsätze für Gemeinden nach § 25 Gemeindehaushaltsverordnung NRW). Der Aufbau des Vergaberechts im Ober- und Unterschwellenbereich für den Bund sowie das Land NRW und seine Kommunen, ist nachfolgend dargestellt:

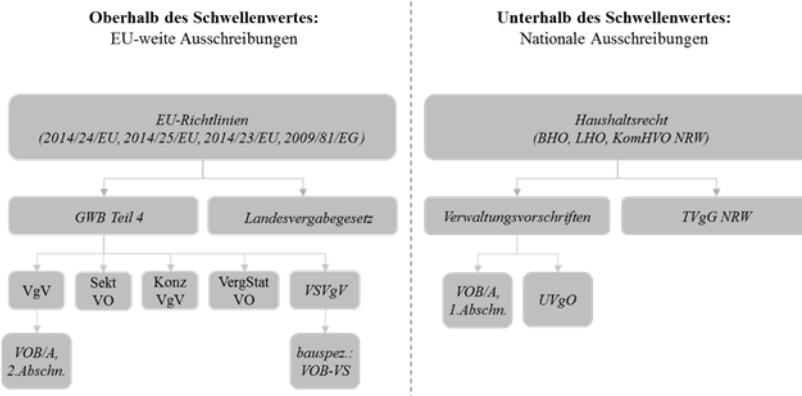


Abbildung 2.1: Aufbau des Vergaberechts

3 Empirische Untersuchung der Vergabepaxis

Bei der Vergabe von Bauleistungen müssen die im Vergaberecht festgelegten Vorgaben umgesetzt werden. Der Umfang und die Komplexität der vergaberechtlichen Regelungen stellen öffentliche Auftraggeber vor Herausforderungen und führen regelmäßig zu Schwierigkeiten bei der Vergabe. Um die Vergabepaxis zu optimieren, bedarf es einer Fokussierung auf wesentliche Problemfelder, die eine Hebelwirkung im Hinblick auf den Erfolg der Vergabe haben. Indem wirkungsvolle Lösungsansätze und Handlungsempfehlungen mit Fokus auf herausragende Problemfelder entwickelt werden, kann eine hohe Effektivität erzielt und gleichzeitig die Praktikabilität der Maßnahmen gewahrt bleiben.

3.1 Recherche in wissenschaftlichen Datenbanken

Mit dem Ziel, herausragende Problemfelder bei der Anwendung des Vergaberechts zu ermitteln, wurde eine empirische Untersuchung unter Zuhilfenahme von wissenschaftlichen Datenbanken durchgeführt. Im ersten Untersuchungsschritt erfolgte die Auswahl relevanter Datenbanken aus dem Bauingenieurwesen und den Wirtschaftswissenschaften.

Zur Recherche in den gewählten wissenschaftlichen Datenbanken TEMA, WISO, RSWB plus, OLC Technik, OLC Wirtschaftswissenschaften und Wiley Online Library wurden Suchbegriffe auf vier verschiedenen Ebenen definiert. Auf der ersten Ebene befanden sich die Begriffe „Vergaberecht“, „Vergabeverfahren“, „Vergabeprozess“, „Vergabestrategie“ und „Vergabe“. Lag die Trefferzahl bei Eingabe eines Suchbegriffs >50, wurde der Begriff „Bau“ auf der zweiten Ebene hinzugezogen. Die Begriffe „öffentlich“ und „Problem“ ergänzten auf der dritten und vierten Ebene die Suchbegriffskombination sobald jeweils die Trefferzahl >50 war.

3.2 Literaturoauswertung zur Ermittlung von Problemfelder

Die Suche in den Datenbanken ergab insgesamt 4370 Treffer. Die Selektion nach fachlicher Zugehörigkeit anhand des Titels und nach Publikationsdatum ab 2010 reduzierte die Trefferzahl auf 142. Die zugehörige Fachliteratur wurde im Hinblick auf Problemfelder bei der Anwendung des Vergaberechts untersucht. Die Auswertung zeigte, dass in der Fachliteratur insbesondere die Auswahl, Bekanntgabe und Bewertung von Eignungs- und Zuschlagskriterien betrachtet und als Hindernisse bei der Vergabe genannt werden. Weitere Schwierigkeiten öffentlicher Auftraggeber bei der Vergabe, die seltener genannt wurden und im Rahmen dieser Veröffentlichung nicht weiter betrachtet werden, beziehen sich auf die Losaufteilung sowie die Trennung von Planung und Ausführung.

In der nachfolgenden Grafik wird der gesamte Hergang der empirischen Untersuchung komprimiert dargestellt:

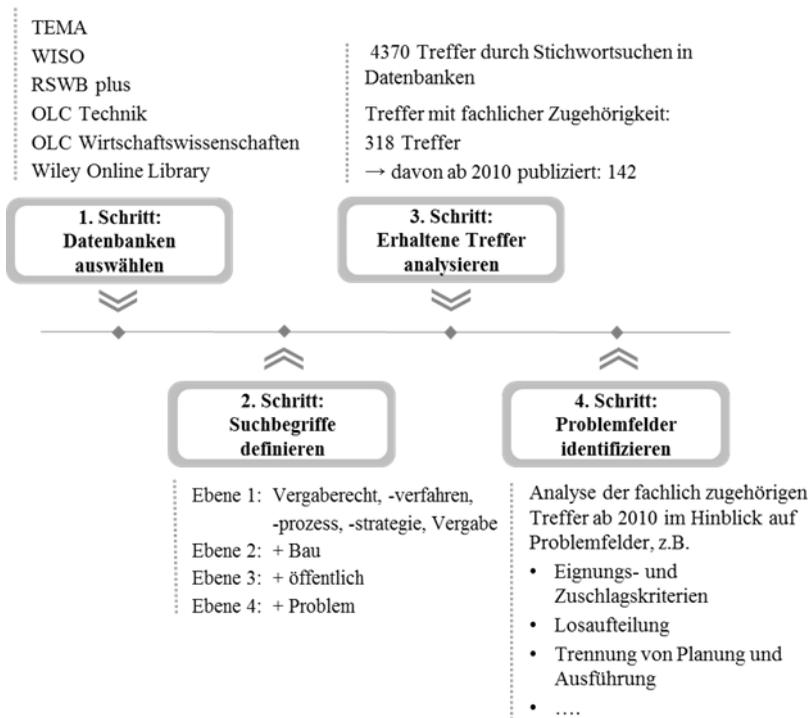


Abbildung 3.1: Ablauf der empirischen Untersuchung

4 Rechtliche Bewertung des herausragenden Problemfelds

Da das Vergaberecht zahlreiche Regelungen zum Umgang mit Eignungs- und Zuschlagskriterien beinhaltet, ist eine Untersuchung der vergaberechtlichen Regelungen sowie der zugehörigen Kommentarliteratur zielführend. Die Betrachtung der rechtlichen Grundlage verschafft ein tieferes Problemverständnis und ermöglicht die Entwicklung von Lösungsansätzen. In den nachfolgenden Unterkapiteln erfolgt die Analyse ausgewählter Aspekte des Problemfeldes „Eignungs- und Zuschlagskriterien“ vor dem Hintergrund rechtlicher Gesichtspunkte.

4.1 Eignungskriterien

Die VOB sieht die vier Wertungsstufen formelle und inhaltliche Prüfung, Eignungsprüfung, Prüfung auf Angemessenheit der Preise sowie Angebotswertung vor. Nachdem auf der ersten Wertungsebene Angebote aufgrund von Formfehlern, wie beispielsweise einer fehlenden Unterschrift, ausgeschlossen wurden, erfolgt die Eignungsprüfung anhand der zuvor bekannt gegebenen Eignungskriterien. (vgl. Bergmann et al. 2019, § 16b VOB/A–EU, Rn. 7) Die Eignungsprüfung dient der Bewertung des Unternehmens hinsichtlich seiner fachlichen Eignung für die Durchführung der Bauleistung.

Die Literaturrecherche zeigt, dass öffentliche Auftraggeber Probleme haben, über die Festlegung von Eignungskriterien geeignete Unternehmen auszuwählen. Außerdem fällt es ihnen schwer, Unternehmer, mit denen es bereits bei einer früheren Zusammenarbeit zu Streitigkeiten kam, von der Vergabe auszuschließen. Nicht nur im Hinblick auf die Wahl der Kriterien, sondern auch bezüglich des Umfangs ihres Bewertungsspielraums besteht Unsicherheit seitens einiger öffentlicher Auftraggeber. Für Unterschwellenvergaben gibt die VOB/A in § 16b an, dass Unternehmen „die erforderliche Fachkunde, Leistungsfähigkeit und Zuverlässigkeit besitzen und über ausreichende technische und wirtschaftliche Mittel verfügen“ müssen (§ 16b VOB/A). Weiterhin werden mögliche Eignungsnachweise, wie z.B. Referenzen über die Ausführung vergleichbarer Bauleistungen und zugehörige Umsatzzahlen, in § 6a Abs2 VOB/A genannt (vgl. § 6a Abs. 2 VOB/A). Weitere Nachweise kann der öffentliche Auftraggeber nach Abs.4 bei „stichhaltige[n] Gründe[n]“ einfordern (§ 6a Abs. 4 VOB/A). Konkrete Vorgaben für Eignungskriterien bei Bauauftragsvergabe im Oberschwellenbereich befinden sich im GWB, dessen Regelungen wiederum durch die VgV und VOB/A-EU ergänzt werden. Im GWB wird festgelegt, dass lediglich Kriterien der „Befähigung und Erlaubnis zur Berufsausübung, [in Bezug auf] wirtschaftliche und finanzielle Leistungsfähigkeit [sowie] technische und berufliche Leistungsfähigkeit“ berücksichtigt werden dürfen (§ 122 Abs. 2 GWB). Die Aufzählung möglicher Eignungskriterien ist abschließend (vgl. BT-Drs. 18/6281, S. 101). In Anhang XII Teil I und II

RL 2014/24/EU werden darüber hinaus mögliche Nachweise für die finanzielle und wirtschaftliche Leistungsfähigkeit sowie die technische Leistungsfähigkeit genannt (vgl. RL 2014/24/EU, Anhang XII Teil I und II). Die darin enthaltene Aufzählung zur technischen Leistungsfähigkeit ist abschließend. Hinsichtlich finanzieller und wirtschaftlicher Leistungsfähigkeit können darüber hinaus anderweitige Nachweise verlangt werden (vgl. Art. 60 Abs. 3 f. RL 2014/24/EU).

4.2 Zuschlagskriterien

Zahlreiche ausgewertete Dokumente weisen darauf hin, dass neben der Eignungsprüfung auch die Angebotswertung öffentliche Auftraggeber regelmäßig vor Herausforderungen stellt. Sie erfolgt auf der vierten Wertungsstufe, nachdem auf der dritten Wertungsstufe bereits ungewöhnlich niedrige Angebote ausgeschlossen wurden (vgl. Bergmann et al. 2019, § 16b VOB/A-EU, Rn. 7). In der betrachteten Literatur wird vielfach kritisiert, dass die Angebotswertung auf Grundlage des Preises als einziges Zuschlagskriterium gängige Praxis ist. In der Zuschlagserteilung auf das günstigste Angebot wird die Gefahr gesehen, dass sie Bieter dazu verleitet, sich mit extrem niedrigen, unauskömmlichen Preisen an der Vergabe zu beteiligen. Jene Bieter sind sich bereits bei Angebotsabgabe dessen bewusst, dass sie später nur über die Generierung von Nachträgen ein aus ihrer Sicht kommerziell erfolgreiches Projekt abschließen können. Dann steigen für den öffentlichen Auftraggeber spätestens in der Ausführungsphase die Kosten.

Ungeachtet dieser Nachteile erteilen öffentliche Auftraggeber häufig den Zuschlag auf das günstigste Angebot, weil es die Arbeit aus Sicht der mit der Vergabe betrauten Mitarbeiter erheblich vereinfacht. Zum einen müsste der Ausschluss eines Angebots aufgrund seines ungewöhnlich niedrigen Preises begründet und dokumentiert werden (vgl. OLG Koblenz, Beschluss vom 10.05.2005 - 1 Verg 3/05). Zum anderen ist die Angebotswertung auf Grundlage des Preises weniger arbeitsaufwendig, als eine Abwägung zwischen Preis- und Leistungsaspekten (vgl. Antweiler et al. 2017, § 127 GWB, Rn. 28). Allerdings wird sowohl im GWB als auch in der VOB/A vorgeschrieben, dass der Zuschlag auf das wirtschaftlichste Angebot zu

erteilen ist (vgl. § 127 Abs. 1 S. 1 GWB, § 16d Abs. 1 Nr. 4 S. 1 VOB/A). Das wirtschaftlichste ist nicht fälschlicherweise gleichzusetzen mit dem preisgünstigsten Angebot. Vielmehr fordert das Vergaberecht den öffentlichen Auftraggeber dazu auf, bei der Angebotsbewertung auf das Preis-Leistungsverhältnis abzustellen (vgl. § 127 Abs. 1 S. 3 GWB, § 16d Abs. 1 Nr. 4 S. 3 VOB/A). Daher genügt es nicht, ohne Berücksichtigung der Rahmenbedingungen des Auftragsgegenstands, den Preis als alleiniges Wertungskriterium zu verwenden. Folgerichtig sehen das GWB und die VOB/A vor, dass „qualitative, umweltbezogene oder soziale Aspekte“ nach Wahl des öffentlichen Auftraggebers Berücksichtigung finden können (§ 127 Abs. 1 S. 4 GWB, § 16d Abs. 1 Nr. 4 S. 4 VOB/A). Es liegt im Ermessen des öffentlichen Auftraggebers, geeignete Kriterien zur Erzeugung von Wettbewerb und zur Ermittlung des wirtschaftlichsten Angebots festzulegen (vgl. EuGH, Urteil v. 7. 10. 2004 – C-247/02). Dem Angebotspreis kann eine hohe Bedeutung zugemessen werden, wenn das Leistungsziel und die benötigte Qualität eindeutig und erschöpfend in der Leistungsbeschreibung sowie den Vertragsbedingungen beschrieben werden können (vgl. Antweiler et al. 2017, § 127 GWB, Rn. 28). Daher kann es bei der Vergabe von Standardleistungen durchaus zweckmäßig sein, den Preis als einziges Zuschlagskriterium zu wählen (vgl. Rechten 2017, S. 38). Erfüllt die zu vergebene Leistung diese Voraussetzungen nicht, ist die Festlegung weiterer Zuschlagskriterien zielführend. Die empirische Untersuchung zeigt, dass Unklarheit darüber besteht, welche Wertungskriterien neben dem Preis angewendet werden können und inwiefern vergabefremde Kriterien als Wertungskriterien fungieren dürfen. Zuschlagskriterien, die in der Vergangenheit bereits von der Rechtsprechung für den Oberschwellenbereich als geeignet anerkannt wurden, sind beispielsweise die Effizienz des Melde- und Berichtswesens (vgl. OLG Celle, Beschluss v. 11.06.2015 - 13 Verg 4/15), die Erläuterung des Bauablaufs (vgl. OLG Karlsruhe, Beschluss v. 09.03.2007 - 17 Verg 3/07) oder die Beschreibung des Geräteinsatzkonzepts (vgl. VK Bund Ur. v. 4.6.2010 – VK 3-48/10). Das Vergaberecht bietet sogar unter bestimmten Voraussetzungen die Möglichkeit, ein Angebot ausschließlich nach Qualitätskriterien auszuwählen. Dazu legt der öffentliche Auftraggeber einen Festpreis oder Festkosten fest, sodass die Angebote im Anschluss lediglich anhand der zuvor definierten Qualitätskri-

terien bewertet werden. Auf diese Weise kann der öffentliche Auftraggeber einen Qualitätswettbewerb erzeugen. (vgl. § 16d Abs. 2 Nr. 4 VOB/A-EU, § 16d Abs. 1 Nr. 7 VOB/A)

5 Fazit

Die Literaturobwertung zeigt, dass öffentliche Auftraggeber sich vielfach ihrer Handlungsalternativen in Bezug auf Eignungs- und Zuschlagskriterien nicht bewusst sind. Wenn öffentliche Auftraggeber den „Preis“ als einziges Zuschlagskriterium wählen, ohne die individuellen Eigenschaften der zu beschaffenden Bauleistung zu berücksichtigen oder für jede Bauleistung dieselben Eignungsanforderungen an Unternehmen stellen, bleiben Potentiale ungenutzt. Im Sinne des Vergabeerfolgs ist es von großer Bedeutung, dass öffentliche Auftraggeber aktiv statt reaktiv handeln, indem sie Initiative ergreifen, den Vergabeprozess bewusst gestalten und somit Einfluss auf das Vergabeergebnis nehmen. Es ist nicht erforderlich, Umgehungskonstruktionen bei der Vergabe zu entwickeln. Es wäre schon ein großer Schritt in die Richtung einer erfolgreicherer Vergabe im öffentlichen Bau getan, wenn öffentliche Auftraggeber sich der bestehenden, vergaberechtskonformen Handlungsoptionen bewusst wären und sie in geeigneten Anwendungsfällen nutzen würden.

6 Ausblick

Für eine strategische Beschaffung von Bauleistungen durch den öffentlichen Auftraggeber müssen aufbauend auf der Betrachtung der vergaberechtlichen Grundlage im Zuge weiterer Untersuchungen diverse Einflüsse aus dem Umfeld der Vergabe betrachtet werden. Eine angemessene Berücksichtigung der für die Vergabe relevanten Umfeldfaktoren ist essenziell, um mit der Vergabe Erfolg generieren zu können. Beispielsweise führt die aktuell sehr gute Marktlage für Bauunternehmen dazu, dass öffentliche Auftraggeber Schwierigkeiten haben, eine ausreichend hohe Anzahl (geeigneter) Angebote zu erhalten. Aufgrund dessen muss der öffentliche Auftraggeber besonderen Wert darauf legen, attraktive Ausschreibungen auf den Markt zu geben und sich von konkurrierenden Ausschreibungen abzuheben. Der

öffentliche Auftraggeber hat das Vergaberecht als notwendige Bedingung bei der Vergabe von Bauleistung zu berücksichtigen. Um jedoch mit der Vergabe Erfolg zu generieren, müssen im Sinne hinreichender Bedingungen neben den Projektcharakteristika auch diverse Umfeldfaktoren einbezogen werden.

Literatur

- Antweiler, C.; Berger, A.; Bergmann, T.; Biemann, J.; Brackmann, R.; Brandmeier, B.; Bungenberg, M.; Burgi, M.; Dörn, A.; Dörr, O.; Dreher, M.; Germelmann, C.; Gröning, J.; Gurlit, E.; Haak, S.; Hertwig, S.; Höfler, H.; Hoffmann, J.; Hofmann, H.; Hogeweg, M.; Horn, L.; Hübner, A.; Hüttinger, S.; Jansen, M.; Janssen, R.; Jasper, U.; Kau, M.; Knauff, M.; Koch, F.; Krönke, C.; Krohn, W.; Lampert, S.; Lausen, I.; Liebschwager, P.; Losch, A.; Mager, S.; Mayer, S.; Messerschmidt, B.; Niedergöcker, I.; Opitz, M.; Otting, O.; Rechten, S.; Reidt, O.; Rixen, S.; Schlange-Schöningen, A.; Schwabe, C.; Seidel, J.; Soudry, D.; Stickler, T.; Thiele, G.; Vavra, M.; von Wietersheim, M.; Willner, P.; Wittschurky, L.; Wolff, D.; Wollenschläger, F. (2017): Gesetz gegen Wettbewerbsbeschränkungen - GWB - 4. Teil -. 3.Auflage, C.H. Beck, München.
- Bergmann, T.; Biemann, J.; Bungenberg, M.; Dörn, A.; Friton, P.; Haak, S.; Hoffmann, J.; Hofmann, H.; Hogeweg, M.; Horn, L.; Hübner, A.; Hüttinger, S.; Janssen, R.; Jasper, U.; Kau, M.; Knauff, M.; Koch, F.; Krönke, C.; Krohn, W.; Lampert, S.; Langenbach, I.; Lausen, I.; Liebschwager, P.; Losch, A.; Mager, S.; Mehlitz, J.; Opitz, M.; Osseforth, T.; Otting, O.; Rast, F.; Rechten, S.; Ricken, R.; Rixen, S.; Schelhaas, S.; Schneider, T.; Seidel, J.; Wanderwitz, M.; von Wietersheim, M.; Wolf, F.; Wolff, D.; Wolters, C.; Wollenschläger, F. (2019): VgV, SektVO, KonzVgV, VOB/A-EU, VS-VgV, VS-VOB/A. 3.Auflage, C.H. Beck, München.
- Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2017): Bekanntmachung gemäß § 106 Absatz 3 des Gesetzes gegen Wettbewerbsbeschränkungen (GWB) der ab dem 1. Januar 2018 geltenden neuen EU-Schwellenwerte für die Vergabe öffentlicher Aufträge gemäß Delegierte Verordnung (EU) 2017/2364, Delegierte Verordnung (EU) 2017/2365, Delegierte Verordnung (EU) 2017/2366 sowie Verordnung (EU) 2017/2367 (ABl. L 337 vom 19.12.2017, S. 17), BAnz AT 29.12.2017 B1, Berlin.
- Deutscher Bundestag (2015): Begründung zum Entwurf des VergModG, Drucksache 18/6281, Berlin.

Europäische Union (2016): Konsolidierte Fassung des Vertrags über die Arbeitsweise der Europäischen Union. ABl. C202 vom 7.6.2016.

Gesetz gegen Wettbewerbsbeschränkungen in der Fassung der Bekanntmachung vom 26. Juni 2013 (BGBl. I S. 1750, 3245), das zuletzt durch Artikel 10 des Gesetzes vom 12. Juli 2018 (BGBl. I S. 1151) geändert worden ist.

Göring, M., Michelsen, C.; Brunds, M. (2019): Bauwirtschaft weiter in Vorwärtsgang – staatliche Impulse treiben die Preise. In: DIW Wochenbericht, Jahrgang 86, Heft 1+2, S. 12.

Rechten, S. (2017): Basiswissen Vergaberecht - Ein Leitfaden für Ausbildung und Praxis. 2.Auflage, Bundesanzeiger Verlag, Köln.

Richtlinie 2014/24/EU des Europäischen Parlaments und des Rates vom 26. Februar 2014 über die öffentliche Auftragsvergabe und zur Aufhebung der Richtlinie 2004/18/EG, ABl. L 094 vom 28.03.2014, Europäische Parlament und Rat der Europäischen Union.

Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen Teil A: Allgemeine Bestimmungen für die Vergabe von Bauleistungen, Fassung 2019, in der Bekanntmachung vom 31. Januar 2019, BAnz AT 19.02.2019 B2.

Vergabeverordnung vom 12. April 2016 (BGBl. I S. 624), die zuletzt durch Artikel 4 des Gesetzes vom 10. Juli 2018 (BGBl. I S. 1117) geändert worden ist.

Inkonsistente Projektdatenbasis trotz Big Open BIM-basierter Arbeitsweise in der Bauprojektentwicklung

Ralf Krüger

*Ralf Krüger, Lehrstuhl Baubetrieb und Bauprozessmanagement, Technische Universität
Dortmund, Deutschland*

Kurzfassung

Die Methode des Building Information Managements wird vielfältig als zukünftige Arbeitsmethode im Bauwesen angekündigt. Es werden diverse Vorteile der Methode vorgebracht mit Verweis auf die Konsistenz der Projektdaten, die durch den modellbasierten Datenaustausch allen Beteiligten zur Verfügung stünden. Dieser Behauptung wird im folgenden Beitrag nachgegangen. Es werden die konventionelle mit der BIM-basierten Arbeitsweise sowie der Bedarf mit der Existenz von konsistenten Bauprojektdaten durch die BIM-Methode abgeglichen. Anschließend werden Medienbrüche und hieraus resultierende Fehlerpotentiale aufgezeigt, die trotz der BIM-basierten Arbeitsweise bisher nicht überwunden sind. Der abschließende Forschungsausblick stellt dar, welche Maßnahmen dazu führen können, auch diese Medienbrüche zukünftig aufzuheben.

Inhalt

1	Konsistenz der Projektdatenbasis in Abhängigkeit zur Arbeitsmethodik	162
1.1	Konventionelle Arbeitsmethodik	162
1.2	Big Open BIM-basierte Arbeitsmethodik	163
2	Bedarf und Existenz konsistenter Bauprojektdate.....	165
2.1	Identifikation von Akteuren der Wertschöpfungskette Bau	165
2.2	Bewertung der Akteure und Abgrenzung von Bauprojektbeteiligten	166
2.3	Sonderfall Bauunternehmen und Bauzulieferunternehmen – Bewertung nach Leistungsspektren	168
3	Fazit und Forschungsausblick	171
	Literatur.....	174

1 Konsistenz der Projektdatenbasis in Abhängigkeit zur Arbeitsmethodik

1.1 Konventionelle Arbeitsmethodik

Um die heutigen komplexen und vielfältigen Bauaufgaben zu bewältigen, werden auf Projektebene individuelle und für gewöhnlich einmalige Projektteams gebildet. Diese Projektteams setzen sich aus Akteuren mit fachspezifischen Fähigkeiten in einer individuellen vertraglichen Verknüpfung zusammen (vgl. Hoffmann 2017, S. IX).

Die Projektbeteiligten nutzen fachspezifische Software innerhalb einer unternehmenseigenen IT-Infrastruktur. Zur Bearbeitung der beauftragten Projektleistung wird eine isolierte unternehmensinterne Projektdatenbasis aufgebaut. Als Austauschmedium zwischen den Projektbeteiligten dienen hauptsächlich aus der Software abgeleitete Zeichnungen und ergänzende Dokumente. Die derart ausgetauschten Informationen werden in einer manuellen Verfahrensweise gesichtet und bei Bedarf in die jeweils „eigene“ fachspezifische Software eingegeben. Hierdurch entstehen Medienbrüche zwischen den Projektbeteiligten. Bei Versionierung der übergebenen Unterlagen werden diese Informationen abermals kontrolliert und ggf. aktualisiert. Parallel hierzu werden teilweise dieselben Informationen redundant und mehrfach von verschiedenen Projektbeteiligten ermittelt und nicht ausgetauscht, wie z.B. bei der Mengenermittlung.

Daraus resultieren autarke unternehmensspezifische Projektdatenbasen mit der Notwendigkeit, enthaltene Informationen manuell auszutauschen und in die jeweils internen Projektdatenbasen partiell zu integrieren. Folglich steht keine gemeinsame konsistente Projektdatenbasis als Grundlage für alle Projektbeteiligten zur Verfügung. Die Folge sind Projektrisiken durch ein hohes Fehlerpotential aufgrund von u.a. manuellen Eingabefehlern, Informationsverlusten und inhaltlichen Widersprüchen innerhalb verschiedener Fachdisziplinen (vgl. Borrmann et al. 2015, S. 2, 3).

1.2 Big Open BIM-basierte Arbeitsmethodik

Building Information Management (BIM) wird als methodische Lösung zur Überwindung von Unzulänglichkeiten der konventionellen Arbeitsweise für die erfolgreiche Realisierung heutiger Bauprojekte proklamiert.

Bei der BIM-basierten Arbeitsmethode wirken prinzipiell die gleichen Projektbeteiligten zusammen wie bei der konventionellen Arbeitsmethode. Im Projektteam müssen BIM-spezifische Aufgaben des Managements und der Koordination zusätzlich abgedeckt werden. Hierdurch treten möglicherweise temporär neue Fachdisziplinen in Erscheinung (vgl. Dietl 2015, S. 7 – 9).

Die Projektbeteiligten arbeiten mit BIM-fähiger fachspezifischer Software, um objektbasierte digitale Bauwerksinformationsmodelle in der Dimension $3D_{+I}$ zu erstellen (vgl. Gralla und Lenz 2017, S. 210). Die Objekte der digitalen Bauwerksinformationsmodelle können ihre vollständigen geometrischen Informationen enthalten sowie durch ihre Attribuierung beliebige weitere alphanumerische Informationen. Der Informationsaustausch zwischen den Bauprojektbeteiligten muss nicht in Form von abgeleiteten Zeichnungen und diese ergänzende Dokumente erfolgen, sondern kann durch den Export und Austausch digitaler Bauwerksinformationsmodelle ($3D_{+I}$) realisiert werden. Diese Modelle können in BIM-fähiger Software importiert, zusammengeführt, teilautomatisiert geprüft und ausgewertet werden. Unstimmigkeiten und/oder Änderungsbedarf werden über das BIM Collaboration Format (BCF) kommuniziert und final abgestimmt. Der Iterationsprozess von Modellerstellung/ -überarbeitung, Zusammenführung und Prüfung kann so lange vollzogen werden, bis eine abgestimmte Gesamtplanung resultiert, die allen Projektbeteiligten als konsistente Projektdatenbasis dient (vgl. Krüger 2018, S. 173).

Die technologische Umsetzung der BIM-Anwendung lässt sich unterscheiden in dem Grad der modellbasierten Kommunikation zwischen den Projektbeteiligten und den hierfür verwendeten Datenaustauschformaten.

Big BIM steht für eine vollständige modellbasierte Kommunikation und Weiterverwendung von Modelldaten und little BIM für keine modellbasierte Kommunikation mit anschließender Modelldatenweiterverwendung.

Der Modelldatenaustausch kann einerseits über das herstellernerneutrale IFC-Format vollzogen werden, was als Open BIM, oder über proprietäre Datenaustauschformate, was als Closed BIM bezeichnet wird. Als weitere Alternative wird BIM-fähige Software verwendet, ohne einen Modelldatenaustausch zu vollziehen, wodurch keine modellbasierte Kommunikation existiert.

Folglich lassen sich vier Bereiche der BIM-Anwendung des Little Closed BIM, Little Open BIM, Big Closed BIM und des Big Open BIM beschreiben und darin drei BIM-Anwendungsformen klar verorten.

Dies sind die Anwendungsformen des little BIM, Big Closed BIM und des Big Open BIM, wie der nachfolgenden Abbildung zu entnehmen ist (vgl. Borrmann et al. 2015, S. 7, 8).

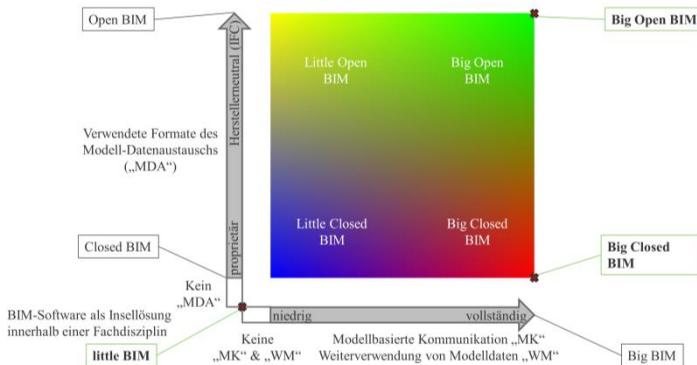


Abbildung 1.1: BIM-Anwendungsformen, Grad der modellbasierten Kommunikation & des verwendeten Modelldatenaustauschformats (vgl. Borrmann et al. 2015, S. 8)

Durch die Anwendung der Big Open BIM-basierten Arbeitsmethode ist eine konsistente Projektdatenbasis für alle Projektbeteiligten anzunehmen. Denn die bauwerksspezifischen Informationen werden per Definition vollständig mittels des herstellerneutralen Austauschformats IFC modellbasiert kommuniziert, zusammengeführt sowie auf dieser Grundlage geprüft und ausgewertet.

Diese Behauptung lässt sich überprüfen, indem die schematisch-theoretische Annahme auf den Datenbedarf der “Wertschöpfungskette Bau” und somit auf sämtliche potentiellen Projektbeteiligten bezogen und hinsichtlich der Datenexistenz überprüft wird.

2 Bedarf und Existenz konsistenter Bauprojektdaten

2.1 Identifikation von Akteuren der Wertschöpfungskette Bau

Durch den Begriff der “Wertschöpfungskette Bau” wird die gesamte volkswirtschaftliche Bedeutung des Wirtschaftsfaktors “Bauen und Planen” quantifiziert. Neben dem Baugewerbe als Branche werden alle wirtschaftlichen Prozesse einbezogen, die direkt oder indirekt mit Bautätigkeiten zusammenhängen.

Zur Definition der Wertschöpfungskette Bau sind die Dimensionen aus Tätigkeiten, Akteuren und deren individuellen Verflechtungen zu beachten. Die Tätigkeitsstruktur kann entlang einer idealtypischen Prozesskette dargestellt werden, die sich an dem Produktlebenszyklus eines Bauwerks orientiert. Dabei werden vier Gruppen von Tätigkeiten aus 1. Planen, Beraten und Genehmigen, 2. Baufinanzierung, 3. Bauen sowie 4. Bewirtschaften und Unterhalten von Gebäuden unterschieden. Diese Tätigkeiten werden von Akteuren ausgeübt, die baurelevante Produkte und Dienstleistungen anbieten oder verwerten. Zudem ist der für diese Tätigkeiten notwendige Wissenstransfer und Lehrbedarf zu berücksichtigen. Das

sich hieraus ergebende Arrangement an Akteuren lässt sich wie folgt visualisieren.



Abbildung 2.1: Akteure der „Wertschöpfungskette Bau“ über den Lebenszyklus eines Bauwerks (eigene Darstellung)

Keiner der Akteure agiert allein, alle sind in komplexen Zuliefer- und Abnehmerverflechtungen eingebunden.

Insbesondere Bauunternehmen sind über Vorleistungen sehr eng mit Unternehmen aus der eigenen, aber auch aus anderen Branchen verflochten, welche nachfolgend als “Bauzulieferunternehmen” bezeichnet werden.

Die Wertschöpfungskette, die sich hieraus ergibt, ist verhältnismäßig lang. Sie reicht von der Urproduktion (z.B. Bergbau und Gewinnung von Steinen und Erden), der Verarbeitung der Rohstoffe zu Zwischenprodukten (z.B. Baustoffe) über die Herstellung von Bauwerken bis hin zu produktbegleitenden Dienstleistungen (vgl. IW 2008, S. 11 – 17).

2.2 Bewertung der Akteure und Abgrenzung von Bauprojektbeteiligten

Einen Wirtschaftsteilnehmer der Wertschöpfungskette Bau zuordnen zu können, begründet nicht automatisch, dass dieser für die eigene Leistung

Bauprojektdateien benötigt. Demzufolge ist zu analysieren, wer von den in Abbildung 2.1 aufgeführten Akteuren für die eigene Leistung auf eine konsistente Projektdatenbasis angewiesen ist und ob diese aufgrund der Big Open BIM-basierten Arbeitsmethode zur Verfügung steht.

Der Akteur "Universitäten, Verbände, etc." erbringt im Regelfall keine spezifische Bauprojektleistung und ist folglich kein Bauprojektbeteiligter. Gleiches gilt sinnbildlich für die Ausbildung von Fachkräften. Eine konsistente Bauprojektdatenbasis ist für diesen Akteur unerheblich. Eine Ausnahme bilden hier eigens initiierte Bauprojekte, was bereits durch den Akteur "Bauherrenschaft" abgedeckt wird.

Mit Ausnahme des Akteurs "Bauunternehmen/ Bauzulieferunternehmen" lässt sich für die übrigen Akteure konstatieren, dass für die jeweils spezifische Leistung eine konsistente Bauprojektdatenbasis benötigt wird. Es bedarf eines vorherigen projektspezifischen Dateninputs als Voraussetzung für die eigene Leistungserbringung. Aufgrund der beschriebenen Potentiale der Big Open BIM-Methode und den diesbezüglich zur Verfügung stehenden Softwareprodukten besteht die Möglichkeit, mit einem entsprechenden Projektmanagement diese konsistente Bauprojektdatenbasis zu erzeugen und zu nutzen. Die Art der benötigten Daten ist regelmäßig im Bereich des Deskriptiven zu suchen.

Die Leistung der Bauunternehmen und Bauzulieferunternehmen besteht in der Produktion von bauspezifischen Gütern durch die zielgerichtete Kombination von Produktionsfaktoren wie Arbeitsleistung, Betriebsmittel und Werkstoffen (vgl. Gutenberg 1958, S. 3 – 10).

Die Gewinnung von Steinen und Erden sowie die Verarbeitung von Rohstoffen zu Zwischenprodukten wie Mauerwerksteinen oder zu Endprodukten wie Trinkwasserarmaturen erfolgt für gewöhnlich als unternehmensspezifische Leistung unabhängig von zukünftig zu realisierenden Bauprojekten. Das Produkt kann hergestellt und gelagert werden noch bevor der Kunde es beauftragt hat.

Im Gegensatz dazu werden klassische Bauunternehmen projektbezogen beauftragt und sind für ihre Leistung auf entsprechende Bauprojektdateien in Gestalt von Ausführungsunterlagen angewiesen.

Eine pauschale Aussage über den Bedarf von Informationen und Daten oder gar einer konsistenten Projektdatenbasis der Bauunternehmen und Bauzulieferunternehmen lässt sich nicht treffen und verlangt nach einer weiteren Differenzierung.



Abbildung 2.2: Bedarf & Existenz einer konsistenten Bauprojektdateibasis für die spezifische Leistung der Akteure der „Wertschöpfungskette Bau“ (eigene Darstellung)

2.3 Sonderfall Bauunternehmen und Bauzulieferunternehmen – Bewertung nach Leistungsspektren

Über eine Kategorisierung nach Merkmalen können Leistungsspektren von Bauunternehmen und Bauzulieferunternehmen der Produktionskette für bauspezifische Güter entwickelt werden. Diesen Leistungsspektren kann anschließend ein Bedarf an Informationen bzw. Daten zugesprochen werden.

Für die Bewertung gemäß Kapitel 2.2 ist zunächst zu unterscheiden, ob das Unternehmen bauprojektspezifisch oder bauprojektunspezifisch produziert.

Die bauprojektspezifische Produktion wird in eine Werksfertigung und eine Baustellenfertigung differenziert und durch die Unterscheidung von notwendigen Produktionsschritten in Werkstückbearbeitung, Vormontage und Montage weiter abgestuft (vgl. Moro 2019, S. 46 – 60).

Als Werkstück wird ein Einzelteil bezeichnet, welches mittels Werkzeugen durch Fertigungsverfahren nach DIN 8580 verändert wird. Die DIN 8580 definiert Fertigungsverfahren zur Herstellung geometrisch bestimmter fester Körper. Dabei sind Verfahren zur Gewinnung erster Formen aus dem formlosen Zustand, Veränderungen dieser Form und Veränderungen der Stoffeigenschaften inkludiert (vgl. DIN 8580, S. 4).

Der Montageprozess ist im Wesentlichen eine Kombination aus Füge-, Handhabungs-, Justier-, und Kontrolloperationen (vgl. Feldmann et al. 2014, S. 8 – 11) und lässt sich in werkseitige Vormontage und in die Montage als “Einbau im Bauwerk” lokal differenzieren.

Unter Einbindung des für die jeweilige Leistungserbringung erforderlichen Materialbedarfs bzw. der hierfür notwendigen Zwischenprodukte ergibt sich eine Varianz an Leistungsspektren.

Diese Unterteilung kann je nach Anwendungsfall weiter detailliert werden. Zudem muss ein Unternehmen nicht zwingend nur ein Leistungsspektrum abdecken. Die nachfolgende Abbildung stellt sich ergebende Leistungsspektren und in der Praxis übliche Kombinationsformen mit entsprechenden Beispielen von Bauleistungen dar, ohne einen Anspruch auf Vollständigkeit zu erheben.

Unternehmen, die gemäß der Abbildung 2.3 dem Leistungsspektrum „Bauzulieferindustrie“ zuzuschreiben sind und eine projektspezifische Produktion betreiben, benötigen per Definition keine konsistente Projektdatenbasis für die eigene Leistungserbringung.

In allen übrigen Leistungsspektren, die der projektspezifischen Produktion zugeschrieben werden können, wird eine konsistente Projektdatenbasis für die jeweilige Unternehmensleistung benötigt. Im Gegensatz zu den übrigen Projektbeteiligten, die auf eine konsistente Datenbasis angewiesen sind, ist in den zuvor bezeichneten Leistungsspektren nicht nur ein Bedarf nach deskriptiven, sondern zusätzlich nach normativen Informationen im Sinne einer Handlungsanweisung vorhanden.

Für die Leistungsspektren im Bereich des Produktionsschritts „Montage“ sind Montageinformationen notwendig. In Hinblick auf einen zukünftig verstärkten Einsatz von Robotik auf Baustellen sind es Montagedaten. Die Leistungsspektren der Werkstückbearbeitung benötigen Fertigungsinformationen bzw. im Zuge der Fertigungsautomation die entsprechenden Fertigungsdaten.

3 Fazit und Forschungsausblick

Für die Herstellung eines Bauwerks und somit der Umsetzung der diesbezüglichen Planung existiert trotz der Big Open BIM-basierten Arbeitsweise keine konsistente Projektdatenbasis in Bezug auf die erforderlichen Montage- und Fertigungsinformationen/ -daten. Wie in Kapitel 1.1 *Konventionelle Arbeitsmethodik* erläutert, besteht weiterhin dieselbe Problematik der Medienbrüche, durch voneinander isolierten Datenumgebungen und dem hiermit verbundenen Fehlerpotential.

Unabhängig von der konventionellen und BIM-basierten Arbeitsweise kann der Produktionsablauf eines Bauwerks stark vereinfacht folgendermaßen beschrieben werden. Bauwerksmodelle bzw. Bauwerksinformationsmodelle bilden eine Projektdatenbasis durch eine strukturierte Anordnung von virtuellen Bauteilen. Diese Bauteile sind funktionelle Komponenten eines

Bauwerks und bestehen aus 1,...,n Einzelteilen. Sie bilden geometrisch/funktionelle Flächen oder Körper und haben einen einheitlichen Aufbau. Die Bauteile werden mit Eigenschaften versehen, die diese entsprechend spezifisch kennzeichnen.

Diese Projektdatenbasis besteht nicht aus „As-built-Bauteilen“, d.h. virtuellen 1:1 Kopien, sondern aus „Bauteildummys“. Es bedarf der Analyse und Interpretation der hinterlegten Geometrien und Eigenschaften, um die benötigten Montage- und Fertigungsinformationen/ -daten hieraus abzuleiten.

Bei Mauerwerksarbeiten ist zur Realisierung des jeweiligen Bauteils die tatsächliche Einzelteilpositionierung noch relativ unkompliziert durch spontanes manuelles Handeln zu realisieren, da eine große Flexibilität der Einzelteile untereinander und wenige ortsspezifische Abhängigkeiten bestehen.

Je komponentenreicher ein Bauteil ist und je komplexer die Abhängigkeiten der Einzelteile eines Bauteils untereinander sind, desto höher ist der Grad an Interpretation und Aufbereitung für Montage- und Fertigungsinformationen/ -daten und somit das Fehlerpotential für spontanes manuelles Handeln.

Abhilfe kann diesbezüglich die Nutzung von „Gewerke-Fachmodellen“ schaffen. Diese werden mittels BIM-fähiger Software im Sinne einer Werkplanung erstellt und dienen u.a. der teilautomatisierten Ableitung von benötigten Montage- und Fertigungsdaten.

Besonders für Unternehmen mit aufeinander bezogenen oder miteinander verbundenen Elementen als zweckgebundene Einheit verspricht eine modellbasierte konsistente Projektdatenbasis als Quelle der benötigten Fertigungsdaten ein enormes wirtschaftliches Potential. Diese Unternehmen lassen sich mit Bezug auf Abbildung 2.3 als „Systemhersteller mit projektspezifischer Werkstückfertigung“ bezeichnen.

Unternehmensintern findet eine Verknüpfung von Fertigungsdaten und „Gewerke-Fachmodell (Systemhersteller)“ statt. Die so erzeugten Daten

können in den BIM-Planungsprozess implementiert und Teil der konsistenten Projektdatenbasis werden, indem auch dieses Modell Teil der Gesamtplanung und der diesbezüglichen Regelprüfung durch einen Modellchecker wird.

Die Potentiale liegen in der Reduzierung von Projektrisiken durch die Auflösung von Medienbrüchen, durch die teilautomatisierten Ableitung von Fertigungsdaten aus dem Modell und Auflösung bisher manueller Prozesse. Es können manuelle Eingabefehler und hieraus resultierende Fehlproduktionen (Ressourcenverschwendung) vermieden werden. Durch die Einbindung des Gewerke-Fachmodells in den BIM-Prozess unterliegen die Fertigungsdaten einer Qualitätsprüfung. Darüber hinaus kann das Gewerke-Fachmodell zusätzlich als Datenbasis für unternehmensinterne Prozesse dienen. Hierdurch ist die Konsistenz der Projektdatenbasis gegeben und der jew. unternehmensinternen Datenbasis gesteigert.

Hierzu bedarf es einer „Optimierungs- und Digitalisierungsstrategie für Systemhersteller mit projektspezifischer Werkstückfertigung zur Einbindung in die BIM-Methode und Sicherstellung einer konsistenten projekt- und unternehmensspezifischen Datenbasis durch das Gewerke-Fachmodell“.

Literatur

- Borrmann, A.; König, M.; Koch, C.; Beetz, J. (2015): Building Information Modeling: Technologische Grundlagen und industrielle Praxis. Springer Vieweg, Wiesbaden.
- Dietl, M. (2015): Analyse von BIM-basierten Kollaborationswerkzeugen. München, Technische Universität München, Bachelorthesis.
- DIN 8580:2003-09: Fertigungsverfahren: Begriffe, Einteilung. DIN Deutsches Institut für Normung e.V., Beuth Verlag, Berlin.
- Feldmann, K.; Schöppner, V.; Spur, G. (2014): Handbuch Fügen, Handhaben, Montieren. Carl Hanser Verlag, München.
- Gralla, M.; Lenz, L. (2017): Digitalisierung im Baubetrieb: Building Information Management und virtuelle Zwillinge. In: Fenner, J. (Hrsg.): Festschrift zum 60. Geburtstag von Univ.-Prof. Dr.-Ing. Christoph Motzko, Darmstadt.
- Gutenberg, E. (1958): Grundlagen der Betriebswirtschaftslehre – Die Produktion. 4. Auflage, Springer Verlag, Heidelberg.
- Hoffmann, W. J. (2017): Zum Umgang mit der Komplexität von Bauvorhaben: (Indikatorbezogenes Modell zur Bewertung von Komplexität in Bauprojekten). Kaiserslautern, Technische Universität Kaiserslautern, Dissertation.
- IW (2008): Wertschöpfungskette Bau: Analyse der volkswirtschaftlichen Bedeutung der Wertschöpfungskette Bau. Endbericht zum Forschungsvorhaben 10.08.17.7-07.23 für das Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung. Hg. v. IW Conslt GmbH Köln (IW).
- Krüger, R. (2018): Digitalisierungsstrategie für fertige KMU des Baugewerbes. In: Zentrum für Bau- und Infrastrukturmanagement (Hrsg.): Tagungsband zum 29. BBB-Assistententreffen: Fachkongress der wissenschaftlichen Mitarbeiter. Bauwirtschaft | Baubetrieb | Bauverfahrenstechnik. Braunschweig.

Moro, J. L. (Hrsg.) (2019): Industrielles Bauen. In: Baukonstruktion – vom Prinzip zum Detail: Band 1 – Grundlagen. 2. Auflage, Springer Verlag, Heidelberg.

Unstimmigkeiten der Formblätter Nr. 221 und Nr. 222 des Vergabehandbuches des Bundes in Bezug auf die Kalkulationspraxis der Einzelkosten der Teilleistungen

Martin Lücke

Martin Lücke, Lehrstuhl Baubetrieb und Bauprozessmanagement, Technische Universität Dortmund, Deutschland

Kurzfassung

In der Ausschreibungs- und Vergabepaxis werden häufig die wesentlichen Kosten- und Preisbestandteile eines Angebotes auf Basis von bieterseits auszufüllenden Formblättern abgefragt. Ein Prüfkriterium stellen die Einzelkosten der Teilleistungen (kurz: EKT) dar, auf Grundlage derer (u. a.) die eingegangenen Angebote im Hinblick auf ihre Schlüssigkeit, Angemessenheit oder Ordnungsgemäßheit beurteilt werden. Darüber hinaus bilden die in den Formblättern hinterlegten Kosten- und Preisbestandteile häufig die Ansatzpunkte für eine Preisfortschreibung bei Leistungsmodifikationen.

Die in der baubetrieblichen Praxis bekanntesten Beispiele zur Beurteilung der bieterseits kalkulierten EKT sind die Formblätter Nr. 221 und 222 des Vergabehandbuches des Bundes (kurz: VHB-Bund). Der Beitrag zeigt Unstimmigkeiten und Optimierungspotentiale auf, die im Zusammenhang mit der Berücksichtigung der EKT innerhalb der Formblätter Nr. 221 und 222 des VHB-Bund stehen.

Inhalt

1	Inhomogenität von Begriffsbezeichnungen und Begriffsdefinitionen	178
2	Einschränkung anzuwendender Einzelkostenarten	180
3	Getrennte Ausweisung leistungsbezogener Wagnisse auf EKT-Ebene	182
4	Lösungsansätze und Ausblick	187
	Literatur.....	189

1 Inhomogenität von Begriffsbezeichnungen und Begriffsdefinitionen

In den Formblättern Nr. 221 und 222 des VHB-Bund aufgeführte Begriffsbezeichnungen von Einzelkostenbestandteilen entsprechen nicht dem allgemeinen Kalkulationsverständnis der Baubranche sowie der dazugehörigen Fachliteratur (vgl. u. a. Gralla 2011, S. 181 sowie Gerstner und Kohl 2006, S. 124 f.). Der Begriff des „Kalkulationslohn KL“ wird irreführender Weise synonym zu einem Mittellohn ASL bzw. APSL, der „Verrechnungslohn VL“ synonym zu einem Kalkulationslohn genutzt (siehe bspw. Abbildung 1.1). In beiden Formblättern ist anhand der Bezeichnung „Mittellohn ML“ nicht ersichtlich, inwiefern Gehälter aufsichtsführender Poliere inkludiert sind und seitens des Bieters der Eintrag eines Mittellohns „A“ bzw. „AP“ verlangt wird (vgl. Wanninger 2011, S. 6, 13).

1	Angaben über den Verrechnungslohn	Zuschlag %	€/h
1.1	Mittellohn ML einschl. Lohnzulagen u. Lohnerhöhung, wenn keine Lohnleitklausel vereinbart wird		
1.2	Lohngebundene Kosten Sozialkosten und Soziallöhne, als Zuschlag auf ML		
1.3	Lohnnebenkosten Auslösungen, Fahrgelder, als Zuschlag auf ML		
1.4	Kalkulationslohn KL (Summe 1.1 bis 1.3)		
1.5	Zuschlag auf Kalkulationslohn (aus Zeile 2.4, Spalte 1)		
1.6	Verrechnungslohn VL (Summe 1.4 und 1.5, VL im Formblatt 223 berücksichtigen)		

Abbildung 1.1: Erster Abschnitt des Formblattes Nr. 221 des VHB-Bund

Die von der herrschenden Auffassung abweichenden Begriffsbezeichnungen des VHB-Bund sind ein Beispiel dafür, dass Begrifflichkeiten der Lohnkostenermittlung in der Ausschreibungs- und Kalkulationspraxis nicht einheitlich verwendet werden. Diese Anwendungs- und Auslegungsvarianz ist ebenfalls in der baubetrieblichen Fachliteratur vorzufinden. Die Abbildung 1.2 zeigt zusammengefasst einen Auszug der Begriffsvielfalt in Bezug

auf die Lohnkostenermittlung, die in der Ausschreibungs- und Kalkulationspraxis sowie der baubetrieblichen Fachliteratur vorzufinden sind. Die Aufstellung beinhaltet lediglich übergeordnete Begrifflichkeiten der Lohnkostenermittlung. Hierunter fallen die drei Stufen der Mittellohnberechnung Mittellohn A (= Gesamtтарифlöhne zzgl. lohngebundene und lohnbedingte Zuschläge), Mittellohn AS (= ML A zzgl. Sozialkostenzuschläge) und Mittellohn ASL (= ML AS zzgl. Lohnnebenkosten) sowie der im Zuge der Kalkulation von Bauleistungen ergänzte Kalkulationslohn (= ML ASL zzgl. Zuschläge für BGK, AGK und WuG).

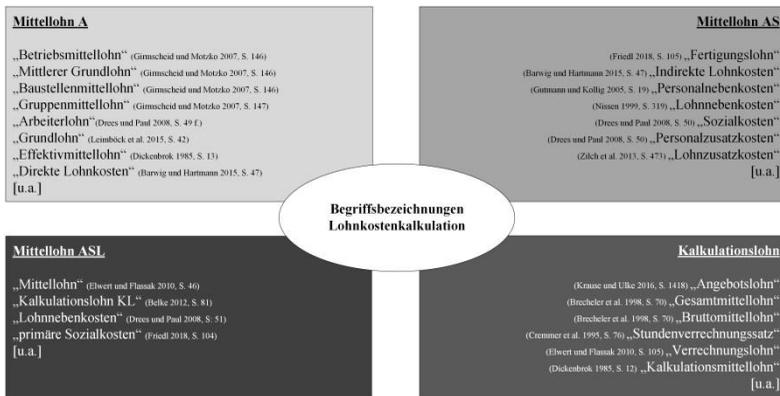


Abbildung 1.2: Begrifflichkeiten im Zusammenhang mit der Kalkulation von Lohnkosten

Begriffsbezeichnungen sind gemäß dem Wortlaut nicht klar voneinander zu trennen bzw. werden synonym für unterschiedliche Elemente der Lohnkostenermittlung genutzt. Aus der voneinander differenzierenden Begriffsbezeichnung resultiert ein inhomogenes Kalkulationsverständnis, was ebenfalls anhand der in der baubetrieblichen Fachliteratur vorzufindenden Definitionen ersichtlich ist. Exemplarisch wird dieser Umstand in der Abbildung 1.3 für die Definition des „Mittellohns A“ aufgezeigt. Im Zusammenhang mit den Definitionen des Mittellohns A ist bspw. unverständlich, was gemäß Girmscheid und Motzko unter „Stundenlöhnen“ bzw. „Mittel“ zu verstehen ist. Anhand der Definition von Zilch et al. ist missver-

ständig, was unter dem Begriff „Zuschläge“ verstanden werden kann. Generell wäre auch denkbar, dass Sozialkostenzuschläge innerhalb dieser Stufe der Mittellohnberechnung erfasst werden müssen. Umfassender und detaillierter ist hingegen die Definition von Drees und Paul, die jedoch aufgrund der konkreten Auflistung von Zulagen und Zuschlägen fälschlicherweise den Eindruck vermitteln, dass sämtliche Bestandteile des Mittellohns A aufgeführt sind.

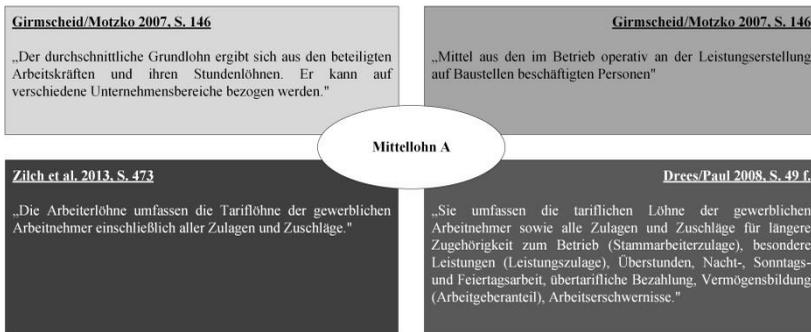


Abbildung 1.3: Begriffsdefinitionen im Zusammenhang mit dem Mittellohn A

Wenngleich insbesondere die Lohnkostenermittlung durch eine umfassende begriffliche Vielfalt gekennzeichnet ist, erstreckt sich die von Wanninger als „begrifflicher Sumpf der Kalkulation“ (Wanninger 2006, S. 7) bezeichnete Begriffsvielfalt über sämtliche Einzelkostenarten.

2 Einschränkung anzuwendender Einzelkostenarten

Im Rahmen der Kalkulation von Bauleistungen haben sich in der Kalkulationspraxis unterschiedliche Einzelkostenarten etabliert. Hintergrund einer Einzelkostenseparation ist, auf Grundlage einer Zuweisung von Kostenelementen zu ausgewiesenen Einzelkostenarten eine möglichst transparente und nachvollziehbare Kalkulation der Bauleistungen darzustellen. Innerhalb

des Formblattes Nr. 221 des VHB-Bund sind prozentuale Zuschläge für umlagefähige Kosten- und Preisbestandteile anzugeben, die auf die Einzelkostenarten „Lohn“, „Stoffkosten“, „Gerätekosten“, „Sonstige Kosten“ und „Nachunternehmerleistungen“ zu beziehen sind. Andere als diese fünf Kostenarten sind seitens des VHB-Bund nicht vorgesehen und müssen – sofern notwendig – durch den Bieter unter der Kostenart „Sonstige Kosten“ zusammengefasst und gesondert erläutert werden. Analog hierzu werden diese Einzelkostenarten auch im Formblatt Nr. 222 des VHB-Bund abgefragt.

Grundsätzlich gilt, dass ein Bieter ohne Definition und formale Bedingung zur Ausgestaltung der Vertragskalkulation in Bezug auf eine Zuordnung seiner Kostenparameter zu einer oder mehrerer Einzelkostenarten frei ist. Die o. a. Formblätter zur Aufschlüsselung der bieterseitigen Kalkulation zeigen, dass Bieter ein Mindestmaß an Kalkulation betreiben müssen. Bieter (z. B. Bieter 7 gem. Tabelle 2.1), die nicht kalkulieren und lediglich Preise angeben, müssen zur Wahrung der Schlüssigkeit des Angebotes zumindest sämtliche Einzelkostenarten zusammenfassen und diese bspw. unter „Sonstige Kosten“ vermerken.

Weiterer Kritikpunkt an den Formblättern ist, dass lediglich eine begrenzte Anzahl an Einzelkostenarten vorgegeben ist. In Abhängigkeit von der jeweiligen Bausparte ist es üblich, zwischen weiteren Einzelkostenarten zu differenzieren (z. B. RSV-Stoffe, Betriebs- und Bedienungskosten, Entsorgungskosten o. Ä.). Nutzen Bieter weitere Einzelkostenarten (z. B. Bieter 6 gem. Tabelle 2.1), sind diese im Zuge der Angebotsabgabe dazu gezwungen, die Schlüssigkeit der ausgefüllten Kalkulationsformblätter dadurch sicherzustellen, dass in den Formblättern nicht aufgeführte Einzelkostenarten ebenfalls zu der Kostenart „Sonstige Kosten“ zusammengefasst werden müssen (siehe Bieter 4 gem. Tabelle 2.1). Die Darstellung der Schlüssigkeit einer Angebotskalkulation leidet ebenfalls unter dem Umstand, wenn Bieter lediglich mit einer geringen Anzahl an Einzelkostenarten kalkulieren (z. B. Bieter 2, 3 oder 5 gem. Tabelle 2.1). Die Tabelle 2.1 verdeutlicht, dass eine schlüssige Darstellung der Angebotssumme ausschließlich dann gegeben sein kann, wenn ein Bieter mit den gesamten, in den Formblättern darge-

stellten Einzelkostenarten kalkuliert. Ebenso problematisch ist der Umstand, wenn es sich um eine Bietergemeinschaft mit unterschiedlichen Kalkulationspraktiken handelt, die dennoch lediglich ein konsolidiertes Formblatt auszufüllen haben.

Tabelle 2.1: Einfluss der Anzahl an Einzelkostenarten auf die Transparenz und Nachvollziehbarkeit der Kostenzusammensetzung

EKT-Arten	Bieter 1	Bieter 2	Bieter 3	Bieter 4	Bieter 5	Bieter 6	Bieter 7
Lohnkosten	500.000,00 €	500.000,00 €	-	500.000,00 €	500.000,00 €	500.000,00 €	-
Stoffkosten	200.000,00 €	-	-	110.000,00 €	150.000,00 €	110.000,00 €	-
Gerätekosten	150.000,00 €	-	-	120.000,00 €	-	120.000,00 €	-
Fremdleistungskosten	50.000,00 €	-	1.000.000,00 €	20.000,00 €	-	20.000,00 €	-
Sonstige Kosten	100.000,00 €	500.000,00 €	-	250.000,00 €	350.000,00 €	75.000,00 €	1.000.000,00 €
Rüst-,Schal- und Verbauskosten	-	-	-	-	-	90.000,00 €	-
Betriebsstoffkosten	-	-	-	-	-	40.000,00 €	-
Entsorgungskosten	-	-	-	-	-	45.000,00 €	-
Σ Einzelkosten der Teilleistungen	1.000.000,00 €	1.000.000,00 €	1.000.000,00 €	1.000.000,00 €	1.000.000,00 €	1.000.000,00 €	1.000.000,00 €

Anzumerken ist, dass auch bei einer in der Anzahl unbegrenzten Angabe von Einzelkostenarten eine Vergleichbarkeit von Einheits- und Gesamtpreisen nicht in vollem Umfang gegeben ist, da hierfür positionsbezogen nicht nur eine Differenzierung zwischen Kosten- und Preisbestandteilen, sondern ebenfalls detaillierte Informationen der Einzelkostenzusammensetzung (Aufwandswerte, Kolonnengrößen, verwendete Materialien, angewendetes Bauverfahren etc.) für den Bauherrn ersichtlich sein müssen. In letzter Instanz ist es der Bieter, der durch die Angabe der jeweiligen, in den EKT enthaltenen Kalkulationsparameter die Höhe des Einheitspreises bestimmt und damit bauherrenseitige Vorgaben zur Differenzierung von Einzelkostenarten umgeht.

3 Getrennte Ausweisung leistungsbezogener Wagnisse auf EKT-Ebene

Seit Veröffentlichung des VHB-Bund 2017 können innerhalb der Formblätter Nr. 221 und 222 leistungsbezogene Wagnisse über einen prozentualen

Zuschlag auf die Einzelkostenarten berücksichtigt werden. Unter einem leistungsbezogenen Wagnis wird ein „mit der Ausführung einer Leistung verbundenes Wagnis“ (VHB-Bund 2017, Formblatt Nr. 222, S. 2) verstanden. Anhand der Bezeichnung sowie der im VHB-Bund 2017 hinterlegten Definition des leistungsbezogenen Wagnisses ist nicht ersichtlich, welche inhaltlichen Angaben in den jeweiligen Formblättern gefordert sind.

Theoretisch könnte es sich um ein positionsbezogenes Wagnis handeln, das einen direkten Einfluss auf die Höhe der EKT einer jeweils ausgeschriebenen LV-Position hat. Beispielhaft können Schütt- und Bruchverluste, Diebstahl oder Stillstandskosten von Leistungsgeräten genannt werden. Bei derartigen leistungsbezogenen Wagnissen handelt es sich um eine Anpassung der EKT, die per definitionem auch innerhalb der jeweiligen LV-Positionen seitens des Bieters zu berücksichtigen sind. Würden derartige Wagnisse seitens des Bieters durch eine zuschlagsbezogene Umlage über sämtliche Einzelkostenarten aller LV-Positionen berücksichtigt, kann dies Auswirkungen auf die Vergabeentscheidung haben. Das Angebot kann aufgrund der Vorlage einer Mischkalkulation ausgeschlossen werden, da der Bieter nicht die von ihm geforderten Preise benennt.

Darüber hinaus ist die mit dem Formblatt verbundene Verfahrensweise zur Berücksichtigung derartiger leistungsbezogener Wagnisse systemisch falsch und konterkariert die ursprüngliche Intention des VHB-Bund, anhand der Formblätter das Angebot sowie etwaige LV-Positionen des Bieters auf Angemessenheit zu beurteilen und ggf. Ansatzpunkte zu erfragen, die im Falle von Leistungsmodifikationen zur Preisfindung genutzt werden können. In Bezug auf die Verfahrensweise zur Berücksichtigung positionsbezogener Wagnisse würde dies konsequenter Weise bedeuten, dass der Bieter nach dem Prinzip der Zuschlagskalkulation positionsbezogen ein leistungsbezogenes Wagnis in Form eines Zuschlagfaktors bestimmt. Um die vermeintlich positionsbezogen kalkulierten, leistungsbezogenen Wagnisse in das Formblatt zu überführen, hat der Bieter folglich mehrere Möglichkeiten, die allesamt diametral zu einer transparenten und nachvollziehbaren Kalkulationsweise stehen (siehe Tabelle 3.1).

Die erste Möglichkeit ist, dass der Bieter sämtliche leistungsbezogene Wagnisse einer Einzelkostenart (z. B. leistungsbezogene Wagnisse der EKT-Art Lohn) addiert und diese ins Verhältnis zu den Gesamtkosten dieser Einzelkostenart setzt (siehe Zuschlagsvariante 1 gem. Tabelle 3.1). Das Ergebnis ist ein gemittelter, einzelkostenspezifischer Zuschlagsatz über die jeweiligen leistungsbezogenen Wagnisse, der in das Formblatt eingetragen werden kann. Konsequenter Weise müssten durch den Bieter Zuschlagsätze von Nachunternehmern, die ebenfalls Umlagebeträge für BGK, AGK oder WuG beinhalten, als positions- und leistungsbezogenes Wagnis der Einzelkostenart Fremdleistungskosten zugewiesen werden. Diesbzgl. müsste seitens des Bieters ein erheblicher Rechenaufwand getätigt werden, um bei Verdacht einer bestehenden Mischkalkulation einem Angebotsausschluss vorzubeugen.

Die zweite Möglichkeit ist, dass sämtliche leistungsbezogenen Wagnisse zusammengefasst und in Abhängigkeit von der Gesamtsumme sämtlicher EKT (und damit unabhängig von einem Einzelkostenbezug) zusammengefasst werden (siehe Zuschlagsvariante 2 gem. Tabelle 3.1). Das Ergebnis ist ein homogener Zuschlagsatz, der allen Einzelkostenarten zugeordnet wird.

Eine weitere Möglichkeit ist, sämtliche leistungsbezogenen Wagnisse in der Summe auszuweisen (und damit unabhängig von einem Einzelkostenbezug) und in Form von individuellen Zuschlagsätzen auf eine festzulegende Anzahl von Einzelkostenarten umzulegen (siehe Zuschlagsvariante 3 gem. Tabelle 3.1).

Alle Darstellungsvarianten vermitteln jedoch die Intention, dass die seitens des Bieters kalkulierten leistungsbezogenen Wagnisse homogen über die jeweiligen Einzelkostenarten anfallen. Dies ist nicht der Fall, da bspw. positions- und leistungsbezogene Wagnisse im Bereich der Gerätekosten mittels Zuschlagverteilung den Lohnkosten einer anderen LV-Position zugeordnet werden können. Auch wenn es sich argumentativ um Kalkulationsannahmen handelt, sind die für ein leistungsbezogenes Wagnis hinterlegten Zuschlagsätze nicht als Preisermittlungsgrundlage von Leistungsmodifikationen geeignet. Eine derartige Verfahrensweise stellt einen

Widerspruch in sich dar, weil leistungsbezogene Wagnisse kalkulatorisch nicht innerhalb der LV-Positionen berücksichtigt werden, wo sie anfallen.

Tabelle 3.1: Verfahrensweisen zur Berücksichtigung positions- und leistungsbezogener Wagnisse gem. VHB-Bund

LV-Position		Lehnkosten [L]	Stoffkosten [S]	Gerätekosten [G]	Fremdleistungskosten [FL]	Sonstige Kosten [Soko]	Gesamt
Pos. 1	EKT	10.000,00 €					10.000,00 €
	leistungsbezogenes Wagnis (10 %)	1.000,00 €					1.000,00 €
Pos. 2	EKT	18.000,00 €	7.500,00 €	3.500,00 €	12.000,00 €		41.000,00 €
	leistungsbezogenes Wagnis (5 %)	900,00 €	375,00 €	175,00 €	600,00 €		2.050,00 €
Pos. 3	EKT				45.000,00 €		45.000,00 €
	leistungsbezogenes Wagnis						0,00 €
Pos. 4	EKT	25.000,00 €	5.000,00 €	14.000,00 €			44.000,00 €
	leistungsbezogenes Wagnis (20 %)			2.800,00 €			2.800,00 €
Pos. 5	EKT	23.000,00 €	75.000,00 €	14.500,00 €	1.000,00 €	6.500,00 €	120.000,00 €
	leistungsbezogenes Wagnis (2 %)	460,00 €	1.500,00 €	290,00 €	20,00 €	130,00 €	2.400,00 €
Pos. 6	EKT	15.400,00 €	15.000,00 €			2.500,00 €	32.900,00 €
	leistungsbezogenes Wagnis						0,00 €
Pos. 7	EKT	8.000,00 €	24.000,00 €				32.000,00 €
	leistungsbezogenes Wagnis (30 %)		7.200,00 €				7.200,00 €
Pos. 8	EKT	9.500,00 €		27.000,00 €		3.000,00 €	39.500,00 €
	leistungsbezogenes Wagnis						0,00 €
Gesamt	EKT	108.900,00 €	126.500,00 €	59.900,00 €	58.000,00 €	12.000,00 €	364.400,00 €
	leistungsbezogenes Wagnis	2.360,00 €	9.075,00 €	3.265,00 €	620,00 €	130,00 €	15.450,00 €
Zuschlagsätze leistungsbezogenes Wagnis gem. Formblatt Nr. 221 des VHB-Bund							
1. Zuschlagsvariante auf Einzelkostenart:							
bspw. Summe leistungsbezogene Wagnisse [L] / Summe EKT [L] (andere EKT-Wagnisse analog)		2,17%	7,17%	5,53%	1,07%	1,08%	4,24%
2. Zuschlagsvariante auf Einzelkostenart:							
= Summe leistungsbezogene Wagnisse gesamt / Summe EKT gesamt		4,24%	4,24%	4,24%	4,24%	4,24%	4,24%
3. Zuschlagsvariante auf Einzelkostenart:							
= Summe leistungsbezogene Wagnisse gesamt x Gewichtungsfaktor (mit 0,6 [L], 0,3 [S] bzw. 0,1 [G]) / Summe EKT ([L], [S] oder [G])		8,51%	3,66%	2,62%			

Eine weitere Definitionsvariante eines leistungsbezogenen Wagnisses ist, dass es sich um ein baustellenbezogenes Wagnis der gesamten Bauleistung handelt. Exemplarisch können hier Stillstandskosten von Vorhaltegeräten durch Kampfmittelfunde oder Produktivitätsminderungen der Kapazitäten infolge von außergewöhnlichen Witterungsereignissen aufgeführt werden. Die Abfrage eines baustellen- und leistungsbezogenen Wagnisses vermittelt den Eindruck, dass der Bieter auch sämtliche nicht ausgeschriebene, mit der Baumaßnahme in Verbindung stehende Risiken einkalkulieren muss. Dies kann aus rechtlichen Gesichtspunkten nicht richtig sein und sich ausschließlich auf die Risiken bzw. Wagnisse beziehen, die der bieterseitigen Verantwortungssphäre zugeordnet werden können. Eine grundlegende Verlagerung von Risiken aus dem Verantwortungsbereich des Bauherrn zum Bieter

ist auszuschließen. Ausnahmen sind leistungsbezogene Wagnisse, die gesondert ausgeschrieben werden und seitens des Bieters zu verpreisen sind. Bei derartigen Wagnissen handelt es sich jedoch per definitionem um positions- und leistungsbezogene Wagnisse, die bereits im Rahmen der ersten Definitionsvariante (s. o.) inhaltlich bewertet wurden und – wenn überhaupt – über die Zuschlagsfaktoren der ebenfalls in den Formblättern aufgeführten Baustellengemeinkosten zu berücksichtigen sind. Das Prinzip des Kalkulationsverfahrens mit vorbestimmten Zuschlägen ist i. d. R., dass keinerlei spezifische und leistungsbezogene Zuschläge durch die Bieter ermittelt bzw. angegeben werden, was die Angabe eines baustellen- und leistungsbezogenen Wagnisses ebenfalls per definitionem ausschließt.

Darüber hinaus ist eine gesonderte Abfrage eines leistungsbezogenen Wagnisses aus baubetrieblichen Gesichtspunkten nicht notwendig und sinnvoll. Der überwiegende Teil sämtlicher Kalkulationsannahmen des Bieters (Ausnahmen sind z. B. Materialpreise einzelner Baustoffe) sind Kalkulationsrisiken, die im Zuge der Angebotserstellung mit einem in die Zukunft gerichteten Blick des Kalkulators einer Preisfindung zu Grunde gelegt werden und ebenfalls mit einem leistungsbezogenen Wagnis gleichzusetzen sind. Der Ansatzpunkt des Kalkulationsverfahrens mit vorbestimmten Zuschlägen, ohne detaillierte Berechnungen und Vorüberlegungen einen Angebotspreis der Bauleistung angeben zu können, ist nicht mehr gegeben.

Die Änderung der Formblätter Nr. 221 und 222 in Bezug auf die Eintragung eines leistungsbezogenen Wagnisses ist eine Reaktion auf das seitens des BGH am 24.03.2016 (BGH, Urt. v. 24.03.2016, VII ZR 201/15, NZBau 2016, 548) erlassene Urteil, dass „der vom Auftragnehmer im Rahmen eines Einheitspreisvertrags auf der Grundlage des Formblatts 221 (VHB 2008) kalkulierte Zuschlag für Wagnis [...] nicht als ersparte Aufwendung von der Vergütung nach § 649 S. 2 BGB, § 8 Nr. 1 II VOB/B (2006) in Abzug zu bringen [ist; Anm. d. Verf.], da hiermit das allgemeine unternehmerische Risiko abgesichert werden soll.“ Intention der Ergänzung der Formblätter Nr. 221 und 222 des VHB-Bund 2017 ist demzufolge, ein seitens der Bieter global über sämtliche Einzelkostenarten angegebenes leistungsbezogenes

Wagnis als ersparbare Kosten im Falle eines gekündigten Bauvertrages, einer gekündigten Bauleistung bzw. einer Nullmenge anzurechnen.

Auch dieser Ansatzpunkt zur Abfrage eines leistungsbezogenen Wagnisses ist aus baubetrieblichen Gesichtspunkt als haltlos zu bezeichnen. Zum einen ist es ausschließlich auf Basis der Angaben einer Vertragskalkulation möglich, im Falle der Abrechnung einer Teilkündigung bzw. Nullposition bei einer durch den Bieter auszuführenden Leistung überhaupt ein leistungsbezogenes Wagnis zu identifizieren (die Angaben des Formblattes Nr. 221 und Nr. 222 beziehen sich lediglich auf sämtliche EKT bzw. Einzelkostenarten). Zum anderen ist das grundlegende Verständnis, dass bei Nichtrealisierung einer oder mehrerer Teilpositionen ein seitens des Bieters kalkuliertes Wagnis als ersparter Aufwand gilt, nicht einheitlich. Im umgekehrten Fall hätte der Bieter auch einen Anspruch auf die Erstattung zusätzlicher Kosten, sofern sich ein zuvor kalkuliertes und eingetretenes Wagnis als nicht auskömmlich erweist. Gleiches müsste in dieser Konsequenz für jegliche Kalkulationsannahmen des Bieters gelten, was allerdings den Grundzügen eines Selbstkostenerstattungsvertrages entspricht.

4 Lösungsansätze und Ausblick

Ein Lösungsansatz für die Ausschreibungs- und Vergabep Praxis ist, verbindlich elementare Begrifflichkeiten der Einzelkostenarten einheitlich zu benennen und zu definieren. Auf diese Weise ist es zukünftig möglich, ein homogenes Kalkulationsverständnis bei den maßgebenden Projektbeteiligten zu erzeugen.

Eine bauherrenseitige Vorgabe von Einzelkostenarten sollte nicht auf eine vordefinierte Anzahl von Einzelkostenarten beschränkt sein. Bieter hätten immer die Möglichkeit, Einzelkostenarten mit 0,- € zu bewerten bzw. sämtliche Kosten der Einzelkostenart „Fremdleistungskosten“ zuzuordnen. Eine voneinander abweichende Kalkulationsstruktur von ARGE-Partnern sollte innerhalb auszufüllender Formblätter ebenso berücksichtigt werden können, wie die Preisfindung eines Bieters, der unabhängig von den damit verbundenen Konsequenzen nicht kalkuliert und lediglich Preise abgibt.

Maßgabe muss zukünftig sein, eine transparente und nachvollziehbare Darstellung der Angebotszusammensetzung zu fördern und eine Vergleichbarkeit der Angaben innerhalb der Formblätter zu der bieterseitigen Vertragskalkulation nicht zu konterkarieren.

Um diese Maßgabe umzusetzen und eine Vergleichbarkeit der kalkulierten Kostenbestandteile unterschiedlicher Bieter zu ermöglichen, sind mindestens die Einzelkostenarten „Lohnkosten“, „Stoffkosten“, „Gerätekosten“, „Fremdleistungskosten“, „Betriebsstoffkosten“, Rüst-, Schal- und Verbaustoffkosten“, „Entsorgungskosten“ sowie „Sonstige Kosten“ aufzuführen. Darüber hinaus sollte die Möglichkeit bestehen, weitere Einzelkostenarten durch den Bieter zu benennen und anzugeben. Je größer die mögliche Anzahl anzugebender Einzelkostenarten durch den Bieter ist, desto größer ist die Nachvollziehbarkeit und Transparenz der kalkulierten Bauleistung. Werden Einzelkostenarten seitens des Bauherrn vorgegeben, sind die entsprechenden Inhalte im Zuge der Ausschreibungsunterlagen zu definieren.

Kalkulationsparameter der EKT sind generell als leistungsbezogene Wagnisse anzusehen und demzufolge nicht gesondert auszuweisen. Leistungsbezogene Wagnisse sind aus Kalkulationsformblättern zu streichen und in der Ausschreibungspraxis seitens des Bauherrn gänzlich unberücksichtigt zu lassen. Leistungsbezogene Wagnisse sollten konsequenter Weise zum unternehmensbezogenen Wagnis bei Nullmengen oder bauherrenseitigen Kündigungen von Teil- oder Gesamtleistungen nicht als ersparbare Kosten gelten.

Literatur

- Barwig, U.; Hartmann, H. (2015): Kosten- und Leistungsrechnung in der Spedition. Grundlagen und praktische Anwendung. 2. Auflage, Walter de Gruyter, Berlin.
- Belke, A. (2012): Vergabep Praxis für Auftragnehmer. Rechtliche Grundlagen - Angebot - Durchführung. Vieweg+Teubner Verlag, Wiesbaden.
- Brecheler, W.; Friedrich, J.; Hilmer, A.; Weiß, R. (1998): Baubetriebslehre - Kosten- und Leistungsrechnung - Bauverfahren. Springer Fachmedien, Wiesbaden.
- BMU (Hrsg.) (2017): VHB: Vergabe- und Vertragshandbuch für die Baumaßnahmen des Bundes.
- Cremmer, R.; Dippel, F.; Galla, R.; Richter, D.; Ruscheck, S. (1995): Fachrechnen für Bauzeichner. 2. Auflage, Teubner-Verlag, Stuttgart.
- Dickenbrok, G. (1985): Kostenermittlung in der Altbaumodernisierung. Springer-Verlag, Berlin.
- Drees, G.; Paul, W. (2008): Kalkulation von Baupreisen: Hochbau. Tiefbau. Schlüsselfertiges Bauen. 8. Auflage, Bauwerk Verlag GmbH, Berlin.
- Elwert, U.; Flassak, A. (2010): Nachtragsmanagement in der Baupraxis: Grundlagen. Beispiele. Anwendung. 3. Auflage, Vieweg+Teubner Verlag, Wiesbaden.
- Friedl, B. (2018): Kostenrechnung: Grundlagen, Teilrechnungen und Systeme der Kostenrechnung. De Gruyter, Oldenburg.
- Gerster, R.; Kohl, H. (2006): Baubetrieb in Beispielen. 2. Auflage, Werner Verlag, Neuwied.
- Girmscheid, G.; Motzko, C. (2007): Kalkulation und Preisbildung in Bauunternehmen: Grundlagen, Methodik und Organisation. Springer-Verlag, Berlin.
- Gralla, M. (2011): Baubetriebslehre - Bauprozessmanagement. Werner Verlag, Köln.

- Gutmann, J.; Kollig, M. (2005): Personalkosten: Wie Sie die Ausgaben in den Griff bekommen. Haufe-Lexware.
- Krause, T.; Ulke, B. (Hrsg.) (2016): Zahlentafeln für den Baubetrieb. 9. Auflage. Springer Vieweg, Wiesbaden.
- Leimböck, E.; Klaus, U.; Hölckermann, O. (2015): Baukalkulation und Projektcontrolling unter Berücksichtigung der KLR Bau und der VOB. 13. Auflage, Vieweg+Teubner Verlag, Wiesbaden.
- Nissen, H. P. (1999): Einführung in die makroökonoche Theorie. Springer-Verlag, Berlin.
- Wanninger, R. (2006): Die ordnungsgemäße Kalkulation: ein unbestimmter baubetrieblicher Begriff. In: Institut für Bauwirtschaft und Baubetrieb (Hrsg.): Bauablaufstörungen und Entschädigungsberechnung: Beiträge zum Braunschweiger Baubetriebsseminar vom 17. Februar 2006. Schriftenreihe des Instituts für Bauwirtschaft und Baubetrieb, Heft 41, S. 23–53.
- Wanninger, R. (2011): Unternehmerische Kalkulation und Einheitsformblätter – auf ewig unvereinbar? In: Institut für Bauwirtschaft und Baubetrieb (Hrsg.): Sonderprobleme der Kalkulation – Nachweis im Streitfall, Beiträge zum Braunschweiger Baubetriebsseminar vom 25. Februar 2011. Schriftenreihe des Instituts für Bauwirtschaft und Baubetrieb, Heft 51, S. 1-20.
- Zilch, K.; Diederichs, C. J.; Katzenbach, R.; Beckmann, K. J. (Hrsg.) (2013): Bauwirtschaft und Baubetrieb. Springer Vieweg, Berlin.

Chancen zirkulärer Geschäftsmodelle für die Bauwirtschaft

Sven Mackenbach

*Sven Mackenbach, Lehrstuhl und Institut für Baubetrieb und Projektmanagement, RWTH
Aachen, Deutschland*

Kurzfassung

Das Festhalten am derzeitigen Wirtschaftssystem, der Linearwirtschaft, kann in Zukunft zu gravierenden wirtschaftlichen und ökologischen Schwierigkeiten führen. Der Ansatz der Circular Economy wird immer populärer, um ein nachhaltiges Wachstum zu gewährleisten. Zirkuläre Geschäftsmodelle unterstützen die Implementierung der Circular Economy im Unternehmen. Eine effektivere Verwendung der natürlichen Ressourcen sowie eine Entkopplung des Wirtschaftswachstums und der Ressourcenentnahme soll durch zirkuläre Geschäftsmodelle forciert werden. Die Bauwirtschaft als der ressourcenintensivste und ressourcenabhängigste Wirtschaftssektor weltweit steht besonders in der Pflicht, zukünftige Veränderungen herbeizuführen. Nachfolgend werden die Chancen und Herausforderungen zirkulärer Geschäftsmodelle für die Baubranche aufgezeigt und ein Ausblick gegeben, diese in der Bauwirtschaft zu implementieren.

Inhalt

1	Einleitung und Problemstellung	194
2	Zirkuläre Geschäftsmodelle	195
2.1	Definition	195
2.2	Inkongruenz der Worte Kreislaufwirtschaft und Circular Economy	196
2.3	Schlüsselfaktoren	197
3	Chancen und Herausforderungen für die Bauwirtschaft	198
3.1	Chancen.....	198
3.2	Herausforderungen	199
4	Fazit	200
	Literatur	201

1 Einleitung und Problemstellung

Die Bauwirtschaft gehört weltweit zu den ressourcenintensivsten Wirtschaftssektoren. Dies spiegelt sich sowohl in der Produktion als auch im hohen Abfallaufkommen wider. Bau- und Abbruchabfälle stellen dabei in Deutschland mit jährlich 222,48 Mio. t den mit Abstand größten Anteil des gesamten Abfallaufkommens dar, wobei 86,1% dieses Abfallaufkommens einem Verwertung- oder Recyclingprozess zugeführt werden. (Statistisches Bundesamt 2018, S. 30) Diese Quote suggeriert einen nahezu vollständig geschlossenen Stoffkreislauf. Jedoch wird aktuell ein Gros der extrahierten Sekundär- respektive Recyclingbaustoffe überwiegend als Gesteinskörnung im Straßen-, Erd- und Deponiebau eingesetzt, was eine Schmälerung der Qualität bedeutet und de facto einen Downcyclingprozess symbolisiert. (Braungart und McDonough 2016, S. 80)

Eine effektive Verwendung der natürlichen Ressourcen sowie eine Entkopplung des Wirtschaftswachstums und der Ressourcenentnahme sollen durch zirkuläre Geschäftsmodelle forciert werden. Zirkuläre Geschäftsmodelle zeichnen sich dadurch aus, dass sie ökonomische, ökologische und soziale Faktoren in einem Modell zusammenführen, unternehmerische Lösungen für die gesellschaftlichen Herausforderungen des 21. Jahrhunderts aufzeigen und dadurch profitabel sind. Eine aktuell allein auf die Verwertung mineralischer Abfälle ausgerichtete Wirtschaftsweise wird jedoch das Potential von zirkulären Geschäftsmodellen nicht ausnutzen können. Zur Erreichung dieses Ziels sind resilientere, zukunftsfähige Ansätze notwendig, welche die für die ressourceneffizienten Kreislaufwirtschaft erforderliche Steigerung der Rohstoffproduktivität einhergehend mit einem effektiveren Ressourceneinsatz ermöglichen.

Derzeit lenken singuläre Planungsperspektiven in der Bauwirtschaft die Konzentration jedoch vor allem auf eine effizientere Ausrichtung der etablierten Geschäftsmodelle. Die Berücksichtigung zukünftiger Entwicklungen sowie das Ziel der Maximierung der Nutzungsdauern und Schonung natürlicher Ressourcen stellt Unternehmen und Unternehmensgründer vor die Entscheidung, ob sie die Auswirkungen dieser Veränderungen auf ihr

Unternehmen im Rahmen der Ausrichtung ihrer Geschäftsmodelle berücksichtigen.

2 Zirkuläre Geschäftsmodelle

Im folgenden Kapitel soll zunächst der Begriff des zirkulären Geschäftsmodells definiert werden. Im weiteren Verlauf werden auf die Inkongruenz der Worte Kreislaufwirtschaft und Circular Economy sowie auf die Schlüsselfaktoren für eine erfolgreiche Etablierung von zirkulären Geschäftsmodellen in Unternehmen eingegangen.

2.1 Definition

Unternehmen legen bei der Implementierung nachhaltiger Strategien den Fokus vor allem auf eine effizientere Ausrichtung von Produkten und Prozessen, während zirkuläre Geschäftsmodelle erst neuerdings an Attraktivität gewinnen. Dieses Interesse der Industrie ist durch die inkrementelle unternehmerische Gesellschaftsverantwortung, aber auch durch das wachsende Bewusstsein der Ressourcenverknappung zu begründen. Die Integration von zirkulären Geschäftsmodellen im Unternehmen bietet die Möglichkeit eines ganzheitlichen Betrachtungsansatzes zur Generierung weiterer Wertschöpfungsanteile. (Rashid et al. 2013; Zott und Amit 2010)

Eine der bekanntesten Definitionen des Begriffs „Geschäftsmodell“ liefern Osterwald und Pigneur (2011, S. 18): „Ein Geschäftsmodell beschreibt das Grundprinzip, nach dem eine Organisation Werte schafft, vermittelt und erfasst.“ Ein Geschäftsmodell stellt somit eine Abstraktion des Wertschöpfungsprinzips eines Unternehmens dar. Eine Darstellungsart des Prinzips wird nicht determiniert, sollte jedoch einen schnellen Überblick über die unterschiedlichen und vielfältigen Wertschöpfungsprinzipien von Organisationen resp. Unternehmen geben. Eine der etabliertesten Formen ist das „Business Model Canvas“. (Osterwalder und Pigneur 2011)

Der Begriff des zirkulären Geschäftsmodells leitet sich aus dem englischen Circular Business Model (CBM) her und wurde maßgebend durch die Ellen MacArthur Foundation (2014) geprägt. Im Gegensatz zu den tradierten

Geschäftsmodellen, die lediglich auf Ressourceneffizienz setzen, streben zirkuläre Geschäftsmodelle eine Verknüpfung der Kreislaufwirtschaft (Circular Economy) mit neuen, innovativen Geschäftsmodellen an. Sie ergänzen somit die Abstraktion des Wertschöpfungsprinzips und liefern neue Ansätze zur Überwindung interner sowie externer Barrieren in Unternehmen. (Boons et al. 2013, S. 4). In Anlehnung an Rudolph (2018, S. 128) können die zentralen zirkulären Geschäftsmodelle als Share/Repair/Reuse (1), Product-as-a-Service (2), Refurbish/Remanufacture (3) und Recycling/Upcycling (4) deklariert werden. Abbildung 2.1 gliedert diese in den Wertschöpfungskreislauf der Kreislaufwirtschaft des Bausektors ein.

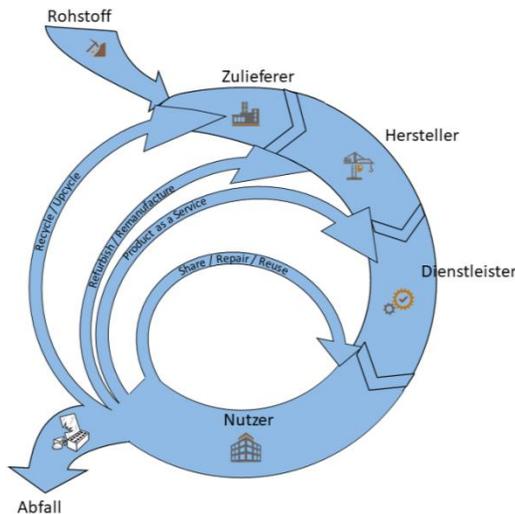


Abbildung 2.1: Zirkuläre Geschäftsmodelle (vgl. Rudolph 2018, S. 128)

2.2 Inkongruenz der Worte Kreislaufwirtschaft und Circular Economy

In Deutschland wird der Begriff der Kreislaufwirtschaft maßgeblich durch das Kreislaufwirtschaftsgesetz (KrWG) aus dem Jahr 2012 definiert. Dieses

setzt die europäische Abfallrahmenrichtlinie (AbfRRL) in nationales Recht um. Die Grundsätze des KrWG sind nach §6 festgelegt und beschreiben die Vermeidung und Bewirtschaftung von Abfällen gemäß der Rangfolge Vermeidung (1), Vorbereitung zur Wiederverwendung (2), Recycling (3), sonstige Verwertung (4) und Beseitigung (5). Die Abfallhierarchie zeigt, dass auf diesem Gebiet in Deutschland erheblicher Nachholbedarf besteht, da primär der profitabelste Weg über eine stoffliche oder energetische Verwertung entscheidet. Zwar wird eine stoffliche Verwertung über das KrWG priorisiert, jedoch nur solange es den Beteiligten wirtschaftlich zumutbar ist. Das Primat liegt deutlich auf der ökonomischen Ausrichtung.

Murray et al. (2017, S. 377) definieren die Circular Economy als ein neues Wirtschaftsmodell, in dem die gesamte Wertschöpfungskette so ausgerichtet ist, dass ökonomische, ökologische und gesellschaftliche Vorteile maximiert werden. Anhand einer resilienteren Ausrichtung der zirkulierenden Produkte und der damit verbundenen Prozesse soll eine reale Kreislaufwirtschaft forciert und die Rohstoffproduktivität gesteigert werden.

Die disrugierten Definitionen der Wörter konkludieren, dass auf nationaler Ebene die Definition der Kreislaufwirtschaft angepasst werden muss, um ein grenzüberschreitendes, einheitliches Verständnis zu schaffen.

2.3 Schlüsselfaktoren

Die Implementierung neuer zirkulärer Geschäftsmodelle erfordert eine Neuausrichtung der Wertschöpfungskette für alle beteiligten Stakeholder. Bestehende Geschäftsmodelle begünstigen häufig keine Kollaboration unter den Teilnehmern, da die Unternehmen getrennt voneinander agieren. Eine Reduktion der Schnittstellenprobleme sowie eine Partizipation aller Stakeholder innerhalb der zirkulären Geschäftsmodelle ermöglichen, dass eine effektivere und effizientere Ausrichtung der Wertschöpfungskette gewährleistet wird. (Ellen MacArthur Foundation 2014) Des Weiteren bedarf es Konzepte, die den ökonomischen Wert am Ende des Lebenszyklus eines Produkts erhalten und somit als Basis für die Generierung neuer Wertschöpfung dienen. (Linder und Willander 2017, S. 183 ff.) Die Fokussierung auf das Produktdesign spielt folglich eine signifikante Rolle, um eine maximale

Wertschöpfung des Produktlebenszyklus zu erreichen. Die Berücksichtigung des gesamten Lebenszyklus in der Konzeptionsphase ermöglicht es, eine effiziente Wiederverwendung resp. Wiederverwertung der Produkte, beispielweise durch den Verzicht auf Verbundwerkstoff, zu gewährleisten, die reverse Logistik zu simplifizieren und das Potential zirkulärer Geschäftsmodelle somit zu intensivieren. Materialinformationen über den gesamten Lebenszyklus zu konservieren und im Anschluss die Materialströme zu koordinieren, stellt ebenfalls einen Schlüsselfaktor in der Entwicklung zirkulärer Geschäftsmodell dar. Beim Produktleasing verbleiben die Waren innerhalb des Unternehmens und werden lediglich als Dienstleistung zur Verfügung gestellt. Der Aufbau eines kontinuierlichen Rohstofflagers und die damit einhergehende Unabhängigkeit von Primärrohstoffen generiert dem Unternehmen Wettbewerbsvorteile. Die Digitalisierung bietet das Potential, Materialinformationen über den Lebenszyklus sicherzustellen und eine effiziente Lenkung der Materialströme zu koordinieren, um die Vorteile zirkulärer Geschäftsmodelle in ihrer Gesamtheit nutzen zu können. (Jong et al. 2015)

3 Chancen und Herausforderungen für die Bauwirtschaft

In diesem Kapitel werden die Chancen und Herausforderungen zirkulärer Geschäftsmodelle für die Bauwirtschaft analysiert und gegenübergestellt.

3.1 Chancen

Zirkuläre Geschäftsmodelle verfolgen den Triple-Bottom-Line-Ansatz und zeichnen sich dadurch aus, dass sie ökonomische, ökologische und soziale Aspekte simultan berücksichtigen. Das McKinsey Center for Business and Environment hat in Zusammenarbeit mit der Ellen MacArthur Foundation analysiert, dass eine Ausrichtung und Implementierung der Circular Economy in Europa zu einem Anstieg des nominalen BIP von 7% bis 2030 und 12% bis 2050 im Vergleich zum aktuellen Szenario führen kann. (2015, S. 33) Dies verdeutlicht das enorme Potential zirkulärer Geschäftsmodelle für Unternehmen. Die Bauwirtschaft steht hier als ressourcenintensivster

Wirtschaftssektor weltweit besonders in der Pflicht, eine positive Veränderung herbeizuführen.

Studien belegen, dass durch die Adaption zirkulärer Ansätze, Kostenreduktionen über den gesamten Lebenszyklus erzielt werden können. (Dhanda und Hill 2005; Fassoula 2005; Glenn Richey et al. 2005) Für Unternehmen der Bauwirtschaft bedeutet dies vor allem die Möglichkeit zur Erhöhung der Kosteneffizienz im Sekundärsektor. Die Ressourcenintensität, einhergehend mit den steigenden Primärrohstoffpreisen, bietet eine immense Optimierungsgrundlage. So werden durch Performance- und Produktleasing neben den Materialien auch Arbeitsstunden erhalten, was wiederum an Kosteneinsparungen im Produktionsprozess geknüpft ist und die Unternehmen zukünftig unabhängig von Primärrohstoffen machen kann. Durch ein proaktives Handeln können im Unternehmen Wettbewerbsvorteile generiert und der Wertschöpfungsanteil vergrößert werden. Product-as-a-Service-Ansätze eröffnen durch das Offerieren zusätzlicher Dienstleistungsmodelle eine Erweiterung des Marktanteils über den gesamten Lebenszyklus.

Neben den Chancen der Kostenreduktion und der Erweiterung des Marktanteils für Unternehmen, können zirkuläre Geschäftsmodelle ebenfalls dazu beitragen, bestehende Supply-Chains effektiver und effizienter auszurichten. Laut Lippmann (2001) und Lee (2008) resultieren daraus zusätzliche Kostenreduktionen im Produktionsprozess sowie eine Steigerung der Produktqualität. Komplexe Bauvorhaben, verbunden mit der hohen Fragmentierung in der Bauwirtschaft, würden dadurch besonders profitieren.

3.2 Herausforderungen

Die Basis für eine erfolgreiche Entwicklung zirkulärer Geschäftsmodelle ist die Sicherstellung der Rückführung von Stoffen oder Produktkomponenten in den Wirtschaftskreislauf auf einer gleichbleibenden oder durch Kaskadennutzung in einer höheren Qualität. Für das Recycling müssen die Primärrohstoffe und die extrahierten Sekundärrohstoffe eine identische Qualität aufweisen. Eine optimale Standortverteilung der Aufbereitungszentren ist aufgrund der enormen Stoffmengen in der Bauwirtschaft erforderlich,

um den logistischen und wirtschaftlichen Aufwand so klein wie möglich zu halten.

Die hohe Volatilität der anfallenden Stoffe stellt die Bauwirtschaft ebenfalls vor Herausforderungen. Des Weiteren ist die Separierung von Verbundwerkstoffen in Abfällen aus Bestandsgebäuden schwierig umzusetzen und mit einem hohen Aufwand verbunden, was zukünftig ein Motor für die Berücksichtigung des Produktdesigns in der Konzeptionsphase darstellt.

Der lange Lebenszyklus von Gebäuden erschwert zusätzlich eine konsequente Verfolgung zirkulärer Geschäftsmodelle, da nur durch eine geschlossene Supply-Chain, kombiniert mit einer reversen Logistik, die Vorteile vollumfänglich genutzt werden können.

Abschließend stellen die hohen Investitionssummen für die Entwicklung neuer Geschäftsmodelle, die mit Produktinnovationen sowie disruptiven Technologien korrelieren und sich ggf. erst über Jahre amortisieren, die eher konservativ eingestellte Bauwirtschaft vor gravierende Herausforderungen und erschweren die Implementierung in der Praxis.

4 Fazit

Das Festhalten am derzeitigen Wirtschaftssystem, der Linearwirtschaft, kann in Zukunft zu gravierenden wirtschaftlichen und ökologischen Schwierigkeiten führen. Der Ansatz der Circular Economy wird immer populärer, um ein nachhaltiges Wachstum zu gewährleisten. Zirkuläre Geschäftsmodelle unterstützen die Implementierung der Circular Economy im Unternehmen.

Es wurde gezeigt, dass auf nationaler Ebene eine detailliertere Definition des Begriffs der Kreislaufwirtschaft dazu führt, ein international einheitliches Verständnis zu erzielen und somit auch die Grundlage für die Idee der zirkulären Geschäftsmodelle bietet. Des Weiteren müssen, aufgrund der diversen Herausforderungen, zukünftig Konzepte für die Bauwirtschaft entwickelt werden, die eine Implementierung zirkulärer Geschäftsmodelle auf Unternehmensebene ermöglichen.

Literatur

- Boons, F.; Montalvo, C.; Quist, J.; Wagner, M. (2013): Sustainable innovation, business models and economic performance: an overview. In: *Journal of Cleaner Production*, Vol. 45, S. 1–8.
- Braungart, M.; McDonough, W. (2016): *Cradle to Cradle: Einfach intelligent produzieren*. 4. Auflage, Piper, München, Berlin, Zürich.
- Bungard, P. (2018): *CSR und Geschäftsmodelle: Auf dem Weg zum zeitgemäßen Wirtschaften*. Springer Gabler, Berlin.
- Dhanda, K. K.; Hill, R. P. (2005): The role of information technology and systems in reverse logistics: a case study. In: *International Journal of Technology Management*, Vol. 31, S. 140.
- Ellen MacArthur Foundation (2014): *Towards the Circular Economy Vol. 3: Accelerating the scale-up across global supply chains*.
<https://www.ellenmacarthurfoundation.org/publications> [Zugriff am: 10.04.2019].
- Ellen MacArthur Foundation (2015): *Growth within: A Circular Economy vision for a competitive Europe*.
<https://www.ellenmacarthurfoundation.org/publications> [Zugriff am: 12.04.2019].
- Fassoula, E. D. (2005): Reverse logistics as a means of reducing the cost of quality. In: *Total Quality Management & Business Excellence*, Vol. 16, Iss. 5, S. 631–643.
- Glenn Richey, R.; Genchev, S. E.; Daugherty, P. J. (2005): The role of resource commitment and innovation in reverse logistics performance. In: *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, Vol. 35, Iss. 4, S. 233–257.
- Jong, E. de; Engelaer, F.; Mendoza, M. (2015) *Realising opportunities of a circular business model*. <http://www.erikdoorenspleet.nl> [Zugriff am: 18.04.2019].

- Lee, S.-Y.; Klassen, R. D. (2008): Drivers and Enablers That Foster Environmental Management Capabilities in Small- and Medium-Sized Suppliers in Supply Chains. In: *Production and Operations Management*, Vol. 17, Iss. 6, S. 573–586.
- Linder, M.; Williander, M. (2017): Circular Business Model Innovation: Inherent Uncertainties. In: *Business Strategy and the Environment*, Vol. 26, Iss. 2, S. 182–196.
- Lippman, S. (2001): Supply Chain Environmental Management. In: *Environmental Quality Management*, Vol. 11, Iss. 2, S. 11–14.
- Murray, A.; Skene, K.; Haynes, K. (2017): The Circular Economy: An Interdisciplinary Exploration of the Concept and Application in a Global Context. In: *Journal of Business Ethics*, Vol. 140, Iss. 3, S. 369–380.
- Osterwalder, A.; Pigneur, Y. (2011): *Business model generation: Ein Handbuch für Visionäre, Spielveränderer und Herausforderer*. Campus Verlag, Frankfurt, New York.
- Rashid, A.; Asif, F. M.A.M; Krajnik, P.; Nicolescu, C. M. (2013): Resource Conservative Manufacturing: an essential change in business and technology paradigm for sustainable manufacturing. In: *Journal of Cleaner Production*, Vol. 57, S. 166–177.
- Statistisches Bundesamt (2018): *Abfallbilanz: (Abfallaufkommen/-verbleib, Abfallintensität, Abfallaufkommen nach Wirtschaftszweigen)*. <https://www.destatis.de> [Zugriff: 10.04.2019].
- Zott, C.; Amit, R. (2010): Business Model Design: An Activity System Perspective. In: *Long Range Planning*. Vol. 43, S. 216–226.

Vergleich praxisrelevanter Auftraggeber-Informations-Anforderungen für Infrastrukturprojekte unter Verwendung von BIM-Methoden in Deutschland

Martina Mellenthin Filardo

Martina Mellenthin Filardo, Professur Baubetrieb und Bauverfahren, Bauhaus-Universität Weimar, Deutschland

Kurzfassung

Im Rahmen der Einführung von Building Information Modeling (BIM) in Deutschland sind Anforderungen an die zu erzeugenden Daten durch den Auftraggeber zu Projektbeginn zu formulieren, sogenannte Auftraggeber-Informations-Anforderungen (AIA). Diese Dokumente werden in Deutschland bereits verwendet, ohne dass eine Richtlinie vorhanden ist. In diesem Beitrag wird die Einführung dieser Dokumente in Deutschland umrissen und ein Vergleich von in Deutschland bereits verwendeten AIAs bezüglich ihres Umfangs durchgeführt. Um die Praxistauglichkeit der vorhandenen Dokumente zu evaluieren, wurde ein Referenzbeispiel entworfen, das internationalen Standards entspricht. Die Dokumente wurden auf ihre Kompatibilität mit dieser Referenz untersucht. Daraus werden Empfehlungen für die Formalisierung dieser Dokumente in Deutschland formuliert und ein Ausblick zu Entwicklungsmöglichkeiten und Risiken geboten.

Inhalt

1	Einführung.....	206
1.1	Hintergrund.....	206
1.2	Status Quo.....	206
1.3	Ziel des Beitrags.....	207
2	Untersuchung.....	207
2.1	Zugang zu praxisrelevanten Dokumenten.....	207
2.2	Erstellung einer idealisierten Gliederungsstruktur.....	207
3	Auswertung der Untersuchung.....	209
3.1	Vergleich der verfügbaren AIAs.....	209
3.2	Abgeleitete Empfehlungen.....	213
4	Ausblick.....	214
4.1	Ansätze zur systematischen Verwendung standartisierter AIAs.....	214
4.2	Auswirkungen auf Leistungs- bzw. Lebenszyklusphasen.....	214
	Literatur.....	216

1 Einführung

1.1 Hintergrund

Im Rahmen des Stufenplans des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) zur Einführung von Building Information Modeling (BIM) in Deutschland wird die Erfüllung der Mindestanforderungen des Leistungsniveaus 1 ab 2020 für neu zu planenden Projekten des Infrastrukturbaus vorgesehen.

Diese zieht mit sich obligatorische Dokumente wie die Auftraggeber-Informationen-Anforderungen (AIA), durch welche die integrale Planungs-, Realisierungs- und Betriebsmethode BIM unterstützt werden soll, insbesondere durch die Formulierung der Anforderungen an die Daten – welche Daten zu welchem Zeitpunkt in welcher Detailtiefe und in welchem Format zu liefern sind – zum Anfang des Projektes durch den Auftraggeber (vgl. BMVI 2015, S. 9).

1.2 Status Quo

Derzeit sind die Richtlinien zur Erstellung von AIAs in Deutschland noch in Entwicklung. Die VDI-Richtlinie „2552 Blatt 10 Building Information Modeling; Auftraggeber Informationsanforderungen (AIA) und BIM-Abwicklungspläne (BAP)“ soll einen angemessenen Rahmen, Leitfaden und Unterstützung für Auftraggeber liefern, anhand dessen diese Dokumente erstellt werden sollen.

Im Ausland, wie in UK, wurden AIAs bereits in 2013 eingeführt und standartisiert, wo sie beispielsweise in Übereinstimmung mit dem Datenstandard Construction Operations Building Information Exchange (COBie-UK) maschinenlesbar sein müssen. Damit nimmt UK eine Vorreiter Rolle in Europa ein, was die Standardisierung des Datenaustauschs angeht (vgl. NBS 2015).

In Deutschland befinden sich derzeit bereits mehrere AIA-Dokumente auf dem Markt, welche nach bestem Wissen und Gewissen erstellt und für die

Planung und Realisierung von Bauvorhaben verwendet werden (vgl. VDI 2019), ohne dass allgemeine Standards, Richtlinien oder Gemeinsamkeiten etabliert sind.

1.3 Ziel des Beitrags

Um ein besseres Verständnis der Rolle von AIAs innerhalb der Deutschen Bauindustrie zu bekommen und um Anforderungen an diese feststellen zu können, ist zunächst ein Blick auf am Markt befindliche Dokumente mit anschließender Bewertung zu Aufbau und Inhalten dieser notwendig.

Weiterhin werden Gemeinsamkeiten und Unterschiede untereinander und zu internationalen Beispielen herausgestellt, um daraus Empfehlungen für die erfolgreiche Anwendung von AIAs ableiten zu können.

2 Untersuchung

2.1 Zugang zu praxisrelevanten Dokumenten

Um eine Datenbasis für einen Vergleich verschiedener Ansätze zu schaffen, wurden zunächst Anfragen an diverse Unternehmen und Einrichtungen bezüglich vorhandener AIA-Dokumente gestellt und die erhaltenen Unterlagen gesammelt. Von den uns zur Verfügung gestellten Dokumenten wurden acht aufgrund ihrer Vollständigkeit und Repräsentativität zum Vergleich herangezogen. Die Dokumente wurden anonymisiert, um keinen Rückschluss auf einzelne Institutionen zuzulassen. Die analysierten Dokumente sind sowohl von öffentlichen Auftraggebern direkt als auch im Auftrag dieser durch Ingenieurbüros oder Bauunternehmen zwischen 2016 und 2018 erstellt worden. Keins der erhaltenen Dokumente kann in der gelieferten Form maschinell gelesen werden (vgl. Sacks et al. 2018, S. 329).

2.2 Erstellung einer idealisierten Gliederungsstruktur

Die verglichenen Dokumente sind untereinander sehr heterogen was Form, Umfang und Detaillierung angeht. Durch fehlende nationale Richtlinien fehlt eine gemeinsame Gliederungsstruktur (vgl. Goger und Reismann

2018). Um eine gemeinsame Struktur, die den Anforderungen internationaler Standards gerecht wird, zu erzeugen und die erhaltenen Unterlagen damit zu vergleichen, wurden frei zugängliche Employer's Information Requirements (EIR) aus dem UK zur Hilfe gezogen. Anahnd dieser wurde eine idealisierte Gliederung auf Deutsch entworfen und die deutschen Dokumente aus der Praxis jeweils auf Übereinstimmung mit dieser untersucht. Abbildung 2.1 zeigt einen Überblick über die entworfene Struktur mit den essentiellen Bestandteilen.

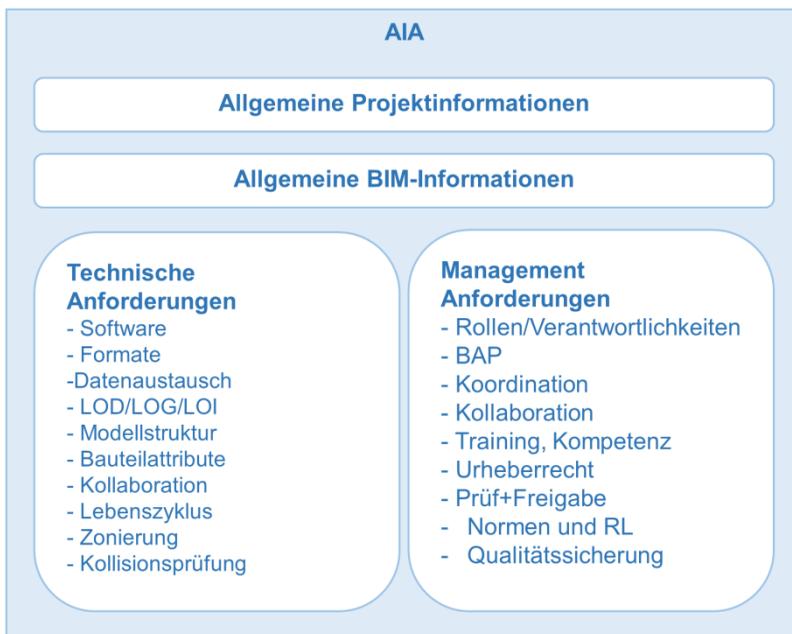


Abbildung 2.1: Möglicher Aufbau von Auftraggeber-Informationen-Anforderungen (eigene Darstellung).

Auftraggeber-Informationen-Anforderungen sollten sowohl allgemeine Projekt- als auch allgemeine BIM-Informationen enthalten, wie Projektart oder projektspezifische BIM-Ziele.

Vorgaben sowohl im technischen als auch im Management Bereich sind zwingend erforderlich und stellen den Kern der AIAs dar (vgl. Sacks et al 2018, S. 410).

Aus technischer Sicht sind Vorgaben zu zu verwendender Software sowie Austauschformaten zu machen. Ebenso sind bestimmte Level of Development (LOD) zu definierten Zeitpunkten vorzugeben, die einzuhalten und zu erreichen sind. Es ist vorzugeben, welche Bauteil-Typen mit welchen Attributen zu versehen sind. Vorgaben, die Auswirkungen auf die Kollaboration, die Kollisionsprüfung und auf die Lebenszyklusbetrachtung haben, sind ebenso Teil der technischen Anforderungen. Bei komplexeren Bauvorhaben sind Vorgaben zur Modellstruktur sowie zur Zonierung des zu erstellenden Modells zu formulieren.

Unter Management Anforderungen fallen die Definitionen von Rollen und Verantwortlichkeiten, die am Anfang des Projektes festzulegen sind, inklusive der Koordination und Kontrolle des BIM Modells. Vorgaben zur Kollaboration sowie zum Prüf- und Freigabeprozess sind ebenso zu formulieren. Vorgaben, die den BIM-Ausführungsplan (BAP) betreffen, sind je nach Ausprägungen ebenso unter Management Anforderungen zu definieren (vgl. BIM4INFRA 2020 2018, S. 24).

Des Weiteren sind Vorgaben zum Umgang mit Urheberrecht sowie zum Training von Stakeholdern zu formulieren. Ein weiterer wesentlicher Bestandteil der AIA betrifft die Qualitätssicherung, welche je nach Projektumfang unterschiedliche Anforderungen und Vorgaben beinhaltet (vgl. NBS 2017, S. 14), wie beispielsweise monatliche Kollisionsprüfungen.

3 Auswertung der Untersuchung

3.1 Vergleich der verfügbaren AIAs

Die zu vergleichenden Dokumente entsprechen in der folgenden Tabelle 3.1 den Spalten A bis H. Sie werden auf Übereinstimmung mit den Unterpunkten der idealisierten Gliederung (linke Spalte) untersucht. Ein Punkt (1)

bedeutet, dass der Gliederungspunkt in dem untersuchten Dokument vorhanden ist bzw. benannt wird. Null Punkte (0) bedeutet die Abwesenheit des entsprechenden Gliederungspunktes.

Zusätzlich zu den in der idealisierten Gliederung aufgeführten Unterpunkten sind die verglichenen Dokumente stellenweise auf weitere BIM-verwandte Inhalte – wie beispielsweise Definitionen, Begriffserläuterungen, Prozessbeschreibungen usw. – eingegangen, die in dem Vergleich nicht berücksichtigt wurden, da diese Angaben mit Null Punkten zu bewerten wären (vgl. SIB 2018, S. 10 ff.). Nichtsdestotrotz können solche Informationen wertvolle Unterstützung für den Leser bieten, wenn dieser nicht mit der BIM-Thematik vertraut ist.

Tabelle 3.1: Übersicht der ausgewerteten AIAs unter Betrachtung der erreichten Punktzahl im Vergleich zu einer idealen Gliederung (vgl. NBS 2015)

Ideale Gliederungspunkte	Pkt-max	A	B	C	D	E	F	G	H
1. Allgemeine Projektinformationen	4	4	3	3	2	3	4	4	3
Projektbezeichnung	1	1	1	1	0	1	1	1	1
Durchführungsort	1	1	0	0	0	0	1	1	1
Projektart	1	1	1	1	1	1	1	1	0
Leistungsphasen	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2. Allgemeine BIM-Informationen	4	3	3	4	4	2	4	3	4
BIM-Definition	1	0	0	1	1	0	1	1	1
AIA-Definition	1	1	1	1	1	0	1	0	1
Projektspezifische BIM-Ziele	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Ideale Gliederungspunkte	Pkt-max	A	B	C	D	E	F	G	H
Projektspezifische Anwendungsfälle	1	1	1	1	1	1	1	1	1
3. Technische Anforderungen	9	7	7	7	7	5	5	6	6
Software	1	1	1	1	1	1	0	1	1
Sicherheit des Dokuments	1	1	0	0	0	0	0	0	1
System-/Datenanforderungen (Formate)	1	1	1	1	1	0	1	1	1
Datenaustausch	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Geometrie/Lage/Definitionen Modellelemente	1	0	0	0	1	1	1	1	0
Definition der Detailtiefe	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Koordinatensystem	1	1	1	1	1	0	1	1	1
Lebenszyklusbetrachtung (Wartung und Technik)	1	1	1	1	1	1	0	0	0
Datentrennung und Zonierung/Kollisionsprüfung	1	0	1	1	0	0	0	0	0
4. Management Anforderungen	9	6	7	9	6	4	5	3	3
Rollen und Verantwortlichkeiten	1	1	1	1	1	1	1	1	0
BAP	1	0	1	1	0	0	1	1	1

Ideale Gliederungspunkte		Pkt-max	A	B	C	D	E	F	G	H
	Koordination	1	1	1	1	1	1	1	0	0
	Kollaboration (CDE, PKM-System)	1	1	1	1	1	1	1	0	1
	Qualitätssicherung	1	1	1	1	1	1	1	1	0
	Training, Kompetenzanforderungen	1	1	0	1	1	0	0	0	0
	Urheberrechtsschutz	1	1	1	1	1	0	0	0	1
	Prüf- und Freigabeprozess AG/Prüfwerkzeug	1	0	0	1	0	0	0	0	0
	Normen und Richtlinien	1	0	1	1	0	0	0	0	0
	Summe	26	20	20	23	19	14	18	16	16

Die volle Punktzahl (26 Punkte) wurde von keinem der untersuchten Dokumente erreicht. Alle Dokumente benennen mindestens 60% der zu definierenden Vorgaben, und die höchste Punktzahl entspricht einer Übereinstimmungsrate von 88% mit den Inhalten der idealisierten Gliederungsstruktur und vernachlässigt lediglich An- bzw. Vorgaben zum Durchführungsort, der Sicherheit des AIA-Dokuments und zur Geometrie, Lage und Definitionen von Modellelementen.

Vorgaben, die beispielsweise den Prüf- und Freigabeprozess des Auftraggebers betreffen wurden lediglich in einem Dokument benannt. Zu erwartende Vorgaben wie Software und Kollaboration wurden in weitestgehend allen Varianten definiert. Vorgaben zu Datenaustausch und zur Detailtiefe sowie Definitionen von BIM-Zielen und Anwendungsfällen für das jeweilige Projekt wurden in allen Dokumenten aufgeführt.

Die verglichenen Dokumente wurden hinsichtlich einer idealen Gliederung von Anforderungen zu Beginn eines Projektes durch den Auftraggeber

untersucht. Es ließ sich feststellen, dass das Verständnis für das Ziel dieser Dokumente eine hohe Elastizität aufweist. Der Umfang an tatsächlich wichtigen und notwendigen Informationen bleibt hinter den Anforderungen zurück, während zusätzliche Informationen zu grundlegenden Aspekten den Wissensstand der Akteure besser widerzuspiegeln scheinen.

3.2 Abgeleitete Empfehlungen

Als wesentliche Erkenntnis der Analyse der verfügbaren AIAs hat sich ergeben, dass die tatsächlichen Aufgaben und Ziele einer AIA nicht eindeutig bekannt zu sein scheinen. Im Hinblick auf die Erstellung der VDI Richtlinie 2552 Blatt 10 (vgl. Kapitel 1.2) sollte klar herausgestellt werden, dass AIAs menschen- und maschinenlesbare Dokumente sind, die die Anforderungen an die zu generierenden Daten eindeutig und vollständig definieren. In Zukunft sollten AIAs daher so formuliert sein, dass sie sich konkret auf diese Ziele beziehen und beschränken. Für zusätzliche und generelle Informationen zum Projekt wird die Weiterverwendung von bestehenden Konventionen, wie etwa Projekthandbücher, empfohlen.

Vielmehr sollten AIAs so aufgebaut werden, dass sie als Katalog der erforderlichen Daten behandelt werden können, der eindeutig und vollständig verarbeitet werden kann, sodass erzeugte Modelle automatisch auf die Übereinstimmung mit den jeweiligen AIAs geprüft werden können.

Weiterhin zeigt sich ein großer Bedarf nach generellen Informationen zum Digitalisierungsprozess im Bauwesen, speziell zur Einführung von BIM. Dieser Bedarf sollte während der Planung und Realisierung durch die Bereitstellung von ergänzenden Dokumenten berücksichtigt werden, um Einsteigern den Umgang mit AIAs zu erleichtern.

Die Auswertung der vorliegenden AIAs hat gezeigt, dass eine explizite Vorgabe zu Form und Inhalten die Qualität von AIAs generell erhöhen kann, damit ihre Verlässlichkeit und Anwendbarkeit verbessert werden. Nur wenn sich Projektpartner auf die Vollständigkeit der Unterlagen verlassen können, können effiziente und automatisierte Methoden Einzug halten und den Projektablauf unterstützen.

4 Ausblick

4.1 Ansätze zur systematischen Verwendung standardisierter AIAs

Eine erfolgreiche Einführung des BIM Leistungsniveaus 1 und der Übergang zum Leistungsniveau 2 erfordern die automatisierte Erstellung von AIA-Dokumenten mit Hilfe eines sogenannten AIA-Konfigurators, in Anlehnung an den NBS BIM Toolkit im UK (vgl. NBS 2015). Dies erleichtert die Erstellung dieser Dokumente, da das Programm bei der Strukturierung Unterstützung bietet und die Vollständigkeit überprüft werden kann. Des Weiteren kann mittels eines solchen Werkzeugs die Qualität der entstehenden AIAs signifikant verbessert werden, da die Vollständigkeit des gesamten Dokumentes, die Eindeutigkeit der einzelnen Abschnitte und die präzise Formulierung der Anforderungen durch die Verwendung von standardisierten Komponenten gesichert werden können.

Um eine maschinell lesbare Prüfung der Übereinstimmung des in der Planung erzeugten Modells mit Vorgaben aus den AIAs zu gewährleisten, ist eine Kompatibilität der in Deutschland erstellten AIAs mit internationalen Standards wie COBie, Industry Foundation Classes (IFC) oder Extensive Markup Language (XML) erforderlich (vgl. Sacks et al 2018, S. 108 ff.).

4.2 Auswirkungen auf Leistungs- bzw. Lebenszyklusphasen

Ein weiterer zu untersuchender Aspekt der Auftraggeber-Informations-Anforderungen sind die Auswirkungen der am Anfang des Projektes definierten Vorgaben, wie sie im Planungs- und Realisierungsprozess berücksichtigt werden und welche Auswirkungen sie auf den tatsächlichen Projektverlauf haben. Gerade die sehr heterogenen Ausführungen der AIAs reduzieren die wahrgenommene Verlässlichkeit der Angaben, sodass Auftragnehmer einen Weg finden müssen, mit diesen Anforderungen umzugehen.

Da BIM sich in Deutschland noch in der Einführungsphase befindet und die Vorgabe von Anforderungen an erzeugte Daten zunächst sinnvoll erscheint, ist dies eine aus dem Ausland und somit von einer anders strukturierten Bauindustrie übernommene Vorgabe, deren Auswirkungen auf die Planung, Realisierung und Betrieb von Bauwerken noch unbekannt sind.

Zu untersuchen ist hierbei insbesondere, ob die Einhaltung der AIAs genauso flexibel ist, wie ihre Erstellung, oder ob die geforderten Daten wirklich verlässlich in der beschriebenen Form geliefert werden. Außerdem ist zu untersuchen, wie Realisierung und Betrieb von Bauwerken davon profitieren, dass eine gemeinsame hohe Datenqualität erarbeitet wird, die alle wichtigen Informationen aus allen Projektphasen enthält.

Literatur

- BMVI (2015): Stufenplan digitales Planen und Bauen, Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur, Berlin.
https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Publikationen/DG/stufenplan-digitales-bauen.pdf?__blob=publicationFile [Zugriff am: 18.04.2019].
- NBS (2015): National Building Specification (NBS). The NBS Toolkit, Employer's Information Requirements.
<https://toolkit.thenbs.com/articles/employers-information-requirements> [Zugriff am: 18.04.2019].
- VDI (2019): Verein Deutscher Ingenieure e.V. VDI-Richtlinie 2552 Blatt 10 Building Information Modeling; Auftraggeber Informationsanforderungen (AIA) und BIM-Abwicklungspläne (BAP).
https://www.vdi.de/richtlinie/?tx_wmdbvdirilisearch_pi1%5Brpro_id%5D=7183&cHash=080ff8878a53488daeeec6052e1a7bac [Zugriff am: 18.04.2019].
- Sacks, R.; Eastman, C.; Ghang, L.; Teicholz, P. (2015): BIM Handbook - A Guide to Building Information Modeling for Owners, Designers, Engineers, Contractors, and Facility Managers. John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, 3rd Edition, New Jersey.
- Goger, G.; Reismann, W. (Hrsg.) (2018): BIM in der Praxis Auftraggeber-Informationen-Anforderungen AIA. In: Plattform 4.0, Schrift 12, S. 5.
- BIM4INFRA 2020 (2018): Umsetzung des Stufenplans „Digitales Planen und Bauen“ AP 1.2 „Szenariendefinition“ AP 1.3 „Empfehlung“. BIM4INFRA im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur. Berlin.
- SIB (2018): Building Information Modeling Auftraggeberinformationsanforderungen für Pilotprojekte des SIB. Staatsbetrieb Immobilien und Baumanagement des Freistaats Sachsen. Dresden.
https://www.sib.sachsen.de/fileadmin/user_upload/PDF/Dokumente/formulare/Bauunterlagen/BIM/BIM_AIA_SIB_20181221_V1_01.pdf [Zugriff am: 18.04.2019].

NBS (2017): National Building Specification (NBS). Employer's Information Requirements Core Content and Guidance V0.7.

https://www.cdbb.cam.ac.uk/Resources/Bimtaskgroupmaterial/Framework_k_EIR_Core_Content_and_Guidance__V0.7_170329.pdf [Zugriff am: 18.04.2019].

Zeitliche Einflussfaktoren auf die Fertigstellung von Bauprojekten – Ein Status Quo aktueller Forschungsschwerpunkte

Svenja Oprach, Maximilian Budau

Svenja Oprach, Institut für Technologie und Management im Baubetrieb (TMB), Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Deutschland

Maximilian Budau, Institut für Technologie und Management im Baubetrieb (TMB), Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Deutschland

Kurzfassung

Eine erfolgreiche Projektdurchführung ist von zahlreichen Einflussfaktoren abhängig. Gegenstand zahlreicher Forschungsstudien ist daher die Analyse und Bewertung dieser Faktoren mit dem Ziel, Prognosen in zukünftigen Bauprojekten durchführen zu können. Um für diese Faktoren ein Übersichtmodell zu erstellen, ist das Ziel dieser Veröffentlichung die Erstellung eines Klassifizierungssystems bzw. einer Taxonomie. Dieses beinhaltet die Priorität, Preis, Produkt, Platzierung, Personen und Partner, Prozesse sowie Problem-Lösung. In einer englisch-sprachigen Literaturrecherche wurden die Einflussfaktoren selektiert, in die Taxonomie eingeordnet und nach Anzahl der Nennungen ausgewertet. Weiter wurden aktuelle Forschungsmethoden zur Bewertung dieser Faktoren identifiziert. Besonders häufig wurden qualitative und stochastische Verfahren angewendet. Die Anzahl unterschiedlicher Einflussfaktoren verdeutlicht die Komplexität der Terminplanung und ebenfalls der Dokumentation relevanter Faktoren. Hierfür sind Methoden, die über qualitative und stochastische Verfahren hinausragen, notwendig.

Inhalt

1	Einleitung	220
1.1	Motivation	220
1.2	Zielsetzung	220
2	Literaturrecherche	220
3	Taxonomie zeitlicher Einflussfaktoren im Bauwesen: Das 7P-Framework.....	222
3.1	Allgemeine Taxonomien für Einflussfaktoren	222
3.2	Auswertung des 7P-Frameworks	224
4	Taxonomie zur Modellierung zeitlicher Einflussfaktoren	225
4.1	Identifizierte Vorgehensweisen	225
4.2	Auswertung der identifizierten Vorgehensweisen.....	227
5	Schlussfolgerung.....	229
	Literatur.....	230

1 Einleitung

1.1 Motivation

Eine erfolgreiche Projektdurchführung ist von zahlreichen Einflüssen und deren Ausprägungen abhängig (Magnussen et al. 2006; Walker 1995; Flyvbjerg et al. 2002; Potts et al. 2005). Die Planung erfolgt oft Monate oder Jahre vor der eigentlichen Realisierung der jeweiligen Projektphase und muss daher viele Unsicherheiten betrachten. In der Regel führt dies zu unzuverlässigen Terminplänen (Magnussen et al. 2006, S.288; Potts et al. 2005). Eine fehlerhafte Terminplanung kann insbesondere bei Terminüberschreitungen die Kosten und Qualität des Produktes beeinflussen. Die Kunden sind aufgrund der fehlenden Zielerreichung unzufrieden.

Trotz der geringen Informationsdichte zu Beginn eines Projekts und der hohen Komplexität in einer frühen Planungsphase besteht für Bauherren und deren Auftragnehmer das Ziel, möglichst valide Aussagen über Termine und potenzielle Prozessinhalte zu treffen. Ein umfassender Überblick über zeitliche Einflussfaktoren auf die Fertigstellung von Bauprojekten fehlt derzeit.

1.2 Zielsetzung

In diesem Beitrag werden in der Retrospektive wiederkehrende Eigenschaften und Merkmale auf die Erfüllung von Terminplänen untersucht, um hieraus Thesen zu zeitlichen Einflussfaktoren abzuleiten. Durch eine entsprechende Kategorisierung dieser Einflussfaktoren kann die Entscheidungsfindung unterstützt werden. Weiter sollen mögliche Methoden und Modelle analysiert werden, um mit deren Hilfe die identifizierten Einflussfaktoren auf deren Relevanz hin zu bewerten.

2 Literaturrecherche

Mit Hilfe einer Literaturrecherche wird relevante Literatur im englischsprachigen Raum gefiltert und analysiert. Die Literaturrecherche erfolgt in vier Phasen (siehe Abbildung 2.1).



Abbildung 2.1: Vorgehensweise zur Literaturrecherche in vier Phasen. (eigene Abbildung)

Phase 1: Selektion relevanter Suchwörter

Zur Sichtung der relevanten Literatur wird eine Kombination von drei Suchwörtern gewählt. Die Suchwörter sind: „Construction“ und („project“ oder „time“) und („forecast“ oder performance“ oder „duration“ oder „causes of delay“ oder „engineering“ oder „planning“ oder „formation“ oder „influence factor“). Über verschiedene Suchseiten mit 90 gefilterten Journals wird durch die Suchwörter in Titel und Kurzzusammenfassung (Abstract) nach Veröffentlichungen gesucht. Insgesamt hat diese Suche 1082 Veröffentlichungen ergeben.

Phase 2: Suche relevanter Literatur

Danach wird durch ein Lesen der Kurzzusammenfassung die Literatur nach Relevanz gefiltert. Veröffentlichungen, die nicht bauspezifisch sind oder sich nicht mit zeitlichen Prognosen befassen, werden aus der Veröffentlichungsliste herausgefiltert und nicht weiter betrachtet. Somit hat sich die

Literaturliste auf 340 Veröffentlichungen reduziert. Diese wird durch eine vorwärts- und rückwärtsorientierte Suche erweitert. Bei der rückwärtsorientierten Suche werden Veröffentlichungen mit mehr als 100 Zitierungen weitere 71 verwendete Referenzen aufgenommen. Innerhalb der vorwärtsgerichteten Literaturrecherche werden Veröffentlichungen mit mehr als 200 Zitierungen 64 weitere zur Liste hinzugefügt. Die Anzahl der Zitierungen werden nach Nennungen des „Web of Science“ ermittelt. Die finale Literaturliste hat somit 475 relevante Veröffentlichungen ergeben. Diese Liste ist nicht vollständig, kann jedoch als Referenz betrachtet werden.

Phase 3: Erstellen zweier Taxonomien

In Phase 3 werden zwei Taxonomien erstellt, um die analysierten Einflussfaktoren zu kategorisieren (Kapitel 3) sowie Vorgehensweisen zur Bewertung zu identifizieren (Kapitel 4). Entsprechend der beiden Taxonomien werden Inhalte aus den gefilterten Veröffentlichungen extrahiert und aufgenommen.

Phase 4: Auswertung aktueller Forschungsschwerpunkte

Im letzten Schritt werden die extrahierten Informationen in die jeweiligen Taxonomien einsortiert, um Schwerpunkte deuten und Implikationen für weitere Forschungen ableiten zu können. Bei der Abfrage von möglichen Einflussfaktoren wurden jeweils die fünf am höchsten bewerteten Einflussfaktoren gewählt.

3 Taxonomie zeitlicher Einflussfaktoren im Bauwesen: Das 7P-Framework

3.1 Allgemeine Taxonomien für Einflussfaktoren

Kumaraswamy (2002, S.25), Herbsman und Ellis (1990, S.52), Abd El-Karin et. al (2017, S.204) und Nasirzadeh (2013, S.906) stellen in ihren Veröffentlichungen Übersichten von zeitlichen Einflussfaktoren im Bauwesen zusammen. Die von ihnen identifizierten Einflussfaktoren zeigen zum Teil Gemeinsamkeiten, unterscheiden sich jedoch auch in gewissen Punk-

ten. Daraus ergibt sich das Ziel einer allgemeinen Taxonomie, in welche alle zeitlichen Einflussfaktoren eingeordnet werden können.

Angelehnt an dem 7P-Framework des Marketings (Booms and Bitner, 1981) sowie und dem 4P-Framework von Liker (2004) die folgenden sieben Kategorien für eine Erstellung einer Taxonomie bauspezifischer Einflussfaktoren gewählt (siehe Abbildung 3.1):

- [1] **Priorität:** Priorisierung des Projektes durch verschiedenen Kundengruppen
- [2] **Preis:** Kosten, Investorenprojekt/Eigeninvest, Bezahlungsrhythmus abgeschlossener Arbeiten, Gehalt, Angebotsart
- [3] **Platzierung:** Geografische Verortung, Marktwirtschaft, Nationale Gesetze, zuständige Behörde, verfügbare Baufläche, Erdbeschaffenheit
- [4] **Produkt:** Neubau/Umbau, Projektart, Brutto-Geschoss-Fläche (BGF), Anzahl Geschosse, Bauwerkshöhe, Anteil vertikal/horizontal, Komplexität, Kompaktheit, Modularität, Typ der Gründung/Rohbaus/Fassade,
- [5] **Personen und Partner:** Privat/öffentlich, Reputation, Größe der Firmen (Mitarbeiter), Anzahl Bieter, Anzahl Bauleiter, Erfahrungen, Fähigkeiten, Unterstützung durch den Bauherren, Risikoverhalten, Führungsverständnis, Stakeholder Management, Beziehungen zwischen Projektbeteiligtengruppen
- [6] **Prozess:** Anzahl Feedbackschleifen, Management Informationsfluss, Kommunikation, Produktivität, Arbeitswoche, Lieferfähigkeit, Ressourcen (Material, Maschinen), Methode, Arbeitsbedingungen, Detaillierung der Planung, Verständnis der Bauweise/technische Machbarkeit, Lean Construction, Verwendung von Informationstechnologie, Vertragsmanagement, Bieterprozess, Qualität vorgelagerter Prozesse, Baustellensicherheit, Flexibilität
- [7] **Problem-Lösung:** Geschwindigkeit von Entscheidungen, Anzahl Änderungsanträge, Nacharbeit, Wetter, Konflikte

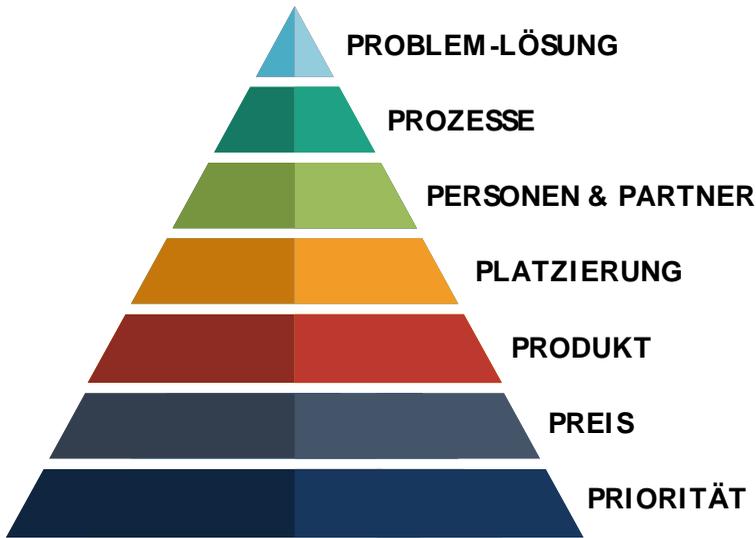
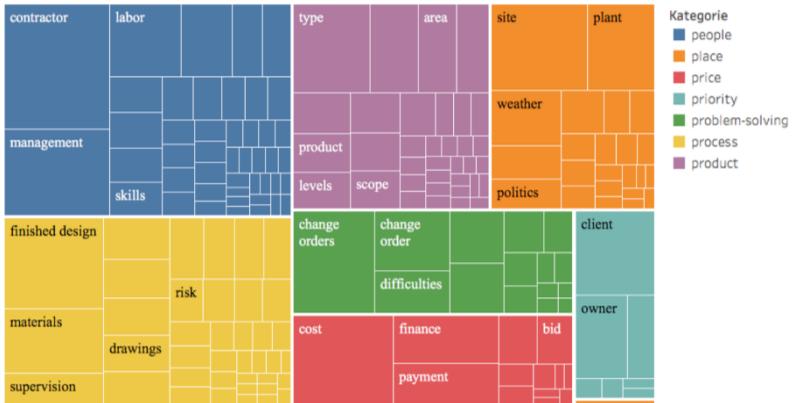


Abbildung 3.1: 7P-Framework baspezifischer Einflussfaktoren. (eigene Abbildung in Anlehnung an Booms und Bitner 1981, Liker 2004)

3.2 Auswertung des 7P-Frameworks

Aus den in Kapitel 2 identifizierten Literaturquellen wurden die Einflussfaktoren aus der Kurzzusammenfassung selektiert und in eine Datei übertragen. Diese Liste mit Einflussfaktoren wurde mit Hilfe von RapidMiner ausgewertet. RapidMiner ist eine Software zum maschinellen Lernen und Data-Mining. Hier wurden mit Hilfe von algorithmischen Bausteinen des Text Minings einzelne Wörter extrahiert und nach ihrer Häufigkeit analysiert. Diese Ergebnisliste wurde mit Tableau visualisiert (siehe Abbildung 3.2). Tableau wird zur Datenvisualisierung und zum Reporting verwendet. Auf Basis der Anzahl der Nennungen werden in der Abbildung 3.2 die Kästchen skaliert. Zu erkennen ist, dass die Kategorien aus Personen (engl. „people“, blaue Markierung) und Prozesse („eng. „process“, gelbe Markierung) die häufigsten Nennungen finden. Die Priorisierung durch den Kunden wird in den analysierten Veröffentlichungen am seltensten genannt.



Name, Farbe zeigt Details zu Kategorie an. Größe zeigt Summe von Anzahl Benennungen an. Die Markierungen werden nach Name beschriftet.

Abbildung 3.2: Auswertung des 7P-Frameworks auf Basis der Literaturrecherche mit RapidMiner und Tableau (eigene Abbildung)

Zu beachten ist weiter, dass der Großteil der identifizierten Forschung sich lediglich auf die Phase der Bauausführungszeit bezieht. 78% (267) der Veröffentlichungen beziehen sich auf die Bauausführung, 16% (55) auf die Gesamtprojektlaufzeit, 6% (16) auf weitere einzelne Phasen, wie den Einkaufsprozess. Hierbei wurden die betrachteten Phasen nur dokumentiert, wenn diese eindeutig aus der Kurzzusammenfassung erkennbar war. Da in Bauprojekten zahlreiche Wirkungsketten bestehen und somit Abhängigkeiten zwischen den Kategorien vorhanden sind, ist eine ganzheitliche Betrachtung der Einzelphasen sinnvoll.

4 Taxonomie zur Modellierung zeitlicher Einflussfaktoren

4.1 Identifizierte Vorgehensweisen

In zahlreichen Modellen werden für die Prognose von Terminen zur Fertigstellung von Bauwerken Projekteigenschaften verwendet. Insgesamt konnten dabei drei Vorgehensweisen identifiziert werden: qualitative Methoden,

Verfahren der Stochastik sowie Soft Computing. Diese Methoden werden dafür verwendet, die Projekteigenschaften hinsichtlich ihrer Relevanz zu analysieren und eine Bauzeitenschätzung zu generieren. Hierzu zählen beispielhaft statistische Regressionen (Chou et al. 2009, Wang et al. 2010), neuronale Netzwerke (Wang et al 2010, Hola et al. 2010), Fuzzy-Logiken (Jaśkowski et al. 2010) oder genetische Algorithmen (Rogalska et al. 2008).

Qualitative Aufnahme durch den „Relative Importance Index“ (RII)

Mit Hilfe des RII werden in der Retrospektive durch eine empirische Auswertung Faktoren nach ihrer Bedeutung gewichtet und in eine Rangfolge gebracht. Aus dem RII sind keine direkten Prognosen ableitbar, lediglich die Relevanz einzelner Faktoren wird subjektiv verdeutlicht (z.B. Kometa et. al 1994). Bei der Auswertung ist weiter zu erkennen, dass mit Hilfe des RII vorrangig die Kategorien zu Personen und Prozessen aufgenommen wurden. Dies liegt daran, dass Merkmale dieser Kategorien vor allem qualitativ sind und eine quantitative Bewertung nur mit der Erstellung einer ordinalen Skala möglich wird.

Verfahren der Stochastik

In multivariaten Regressionsmodellen werden Korrelationen zwischen historischen Daten und dem Zielfaktor Zeit gebildet, um Schätzungen für neue Bauprojekte durchführen zu können. Somit wird die Abhängigkeit und Relevanz mathematisch definiert (z.B. Englehart 1936). Eine weitere Form stochastischer Verfahren können Monte-Carlo-Simulationen sein. Durch eine große Anzahl gleicher Zufallsexperimente wird dabei mit Hilfe der Wahrscheinlichkeitstheorie ein schwer lösbares Problem gelöst.

Soft Computing

Unter „Soft Computing“ (häufig verwendetes Synonym „Computational Intelligence“) versteht man Modelle, welche versuchen, schwer berechenbare Probleme approximativ zu lösen. Die hierunter fallenden Modelle können gewissermaßen „lernen“ und eine Vielzahl von Einflussfaktoren betrachten. Teilgebiete des Soft Computing sind „Fuzzy-Systeme“, „Data Mining“,

„künstliche neuronale Netze“, „evolutionäre Algorithmen“ und „genetische Algorithmen“.

Fuzzy-Systeme wurden im Jahre 1965 durch den iranischen Systemtheoretiker Lotfi Zadeh erfunden (Zadeh 1965). Sie dienen der Modellierung komplexer Systeme mit einer Akzeptanz der Unschärfe, bei der auch Zwischengrößen zwischen 0 und 1 (bzw. wahr und falsch) möglich sind. Die Unschärfe wird durch sprachliche Schlussfolgerungen und Aussagen modelliert.

Dem Ziel, komplexe Datenstrukturen effizient auszuwerten und die Mechanismen dahinter verstehen zu können, dienen die Methoden des **Data Mining** mit der Bildung von Assoziationen, Regressionen und Clustering. Beispielhafte Methoden sind Support-Vector-Machines, Random-Forests oder Gradient Boost Trees.

Künstliche Neuronale Netze (KNN) vereinfachen und modellieren die Informationsverarbeitung im Gehirn und Nervensystem. Mit Hilfe von KNN werden innerhalb von Datenstrukturen Muster erkannt und vervollständigt. Anhand von Beispielen lernt und vereinfacht der Algorithmus. (Russell et al. 2012, S. 845 - 856)

Evolutionäre Algorithmen (EA) / Genetische Algorithmen (GA) lernen anhand evolutionärer Einflussfaktoren, wie Mutation, Rekombination, Selektion, Isolation, Epigenetik oder Mutation.

Andere naturanaloge Verfahren sind Partikelschwarmoptimierung (PSO) und Ant Colony Optimization (ACO).

4.2 Auswertung der identifizierten Vorgehensweisen

Abbildung 4.1 zeigt die Auswertung der in der Literatur identifizierten Vorgehensweisen. Hierbei wurden die eindeutig identifizierbaren Methoden dokumentiert und nach der Anzahl ihrer Nennungen verglichen. Zu erkennen ist, dass der Forschungsschwerpunkt auf den qualitativen und stochastischen Methoden liegt.

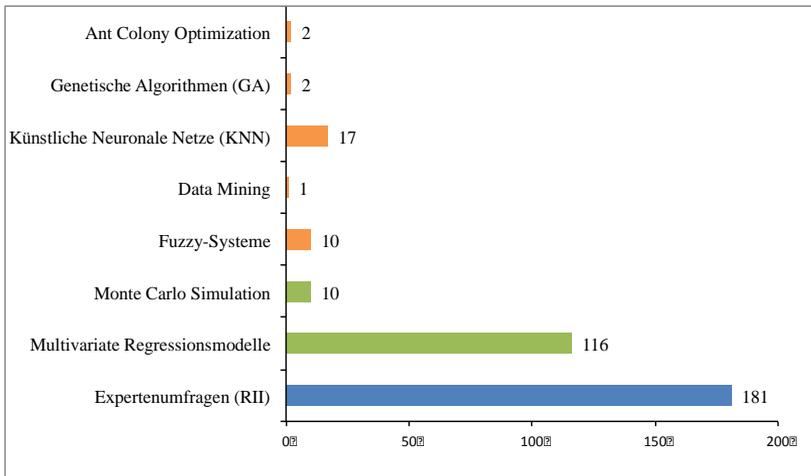


Abbildung 4.1: Auswertung der aktuellen Vorgehensweisen zur Bewertung der Einflussfaktoren auf Basis der Literaturrecherche (eigene Abbildung)

Wie am 7P-Framework zu sehen ist, ist die Anzahl der möglichen Einflussfaktoren sehr groß und eine mathematische Modellierung, wie mit multivariaten Regressionsmodellen, daher lediglich stark vereinfacht möglich. Eines der ersten Modelle für eine Bauzeitenschätzung wurde 1969 durch den australischen Forscher Bromilow entwickelt (Bromilow 1969). Dieses Modell verwendet als Datengrundlage die Kosten, die durch den Bauherrn bezahlt werden, eine allgemeine Projektperformance, die länderspezifisch zu definieren ist, sowie einen Faktor, der die Abhängigkeit der Zeit zu den Kosten angibt. Auf dem Modell von Bromilow aufbauend wurden weitere Mehrfaktoren-Modelle erstellt (Chan et al. 1995, Hoffmann et al. 2007, Ifran et al. 2011). Zeitschätzungsmodelle mit dem Faktor Kosten als Basis sind jedoch am weitesten verbreitet. Viele Fallbeispiele zeigen durch ihre Fehlkalkulationen, dass die Kosten nur einen geringen Anteil an der Prognosegenauigkeit der Zeit haben (Magnussen et al. 2006, Potts 2005, Walker 1995, Flyvberg et al. 2002). Modelle des Soft Computing könnten diese Schwächen reduzieren.

5 Schlussfolgerung

Zahlreiche Faktoren und Merkmale haben Einfluss auf die Terminplanung eines Bauprojektes. Die daraus resultierende Komplexität erschwert eine valide Terminplanung. Aus diesem Grund ist die Analyse dieser Einflussfaktoren Gegenstand vieler Untersuchungen. Im Rahmen dieser Veröffentlichung wurden anhand einer umfangreichen Literaturrecherche in vier Phasen Einflussfaktoren gesammelt und in einer Taxonomie kategorisiert. Durch ein Aufzeigen relevanter Einflussfaktoren und Bewertung dieser kann die Entscheidungsfindung unterstützt werden.

Das entwickelte 7P-Framework bauspezifischer Einflussfaktoren verdeutlicht die Vielfalt der Einflüsse. Es gliedert die Einflussfaktoren in die Kategorien: Priorität, Preis, Platzierung, Produkt, Personen, Prozesse und Problem-Lösung. Es zeigt sich ein Schwerpunkt im Bereich Personen und Prozesse. Weiter wurde eine Taxonomie zu aktuellen Vorgehensweisen erstellt. Es wurden die drei Kategorien: qualitative Methoden, stochastische Vorgehensweisen und Methoden des Soft Computing identifiziert. Forschungsschwerpunkt liegt auf den zwei zuerst genannten Methoden. Zuletzt wurde eine Konzentration auf der Phase der Bauausführung identifiziert.

Um die Vielzahl der Einflussfaktoren zu betrachten und zu analysieren (siehe Kapitel 3), wurde ein vertiefender Forschungsbedarf im Bereich des Soft Computing (siehe Kapitel 4) aufgezeigt.

Literatur

- Booms, B.H.; Bitner, M.J. (1981): Marketing strategies and organization structures for service firms". In: Donnelly, J./George W. R. (Hrsg.): Marketing of Services Chicago: AMA, S. 47-51.
- Bromilow, FJ. (1969): Contract time performance expectations and the reality. In: Building Forum, Vol. 1, Nr. 3, S. 70 - 80.
- Chan, D.; Kumaraswamy M. (1995): A study of the factors affecting construction durations in Hong Kong. In: Construction Management and Economics, Vol. 13, Nr. 4, S. 319 - 333.
- Chou, J.S. (2009): Generalized linear model-based expert system for estimating the cost of transportation projects. In: Expert Systems with Applications, Vol. 36, Nr. 3, Part 1, S. 4253–4267.
- Gray, D.; Brown S.; Macanufu J. (2011): Gamestorming. O'Reilly Media Germany, Sebastopol.
- El-Karim, M.; El Nawawy, O.; Abdel-Alim, A. (2017): Identification and assessment of risk factors affecting construction projects. In: HBRC Journal, Vol. 13, Nr. 2, S. 202 - 216.
- Englehart, M. D. (1936): The technique of path coefficients. In: Psychometrika, Vol. 1, Nr. 4, S. 287 - 293.
- Nasirzadeh, F.; Nojedehi, P. (2013): Dynamic modeling of labor productivity in construction projects. In: International Journal of Project Management, Vol. 31, Nr. 6, S. 903 -911.
- Flyvbjerg, B.; Holm, M.S.; Buhl, S. (2002): Underestimating cost in public works projects: error or lie? In: Journal of the American Planning Association, Vol. 68, Nr. 3, S. 279 - 295.
- Herbsman, Z.; Ellis, R. (1990): Research of factors influencing construction productivity. In: Construction Management and Economics, S. 49 - 61.
- Hoffman, G.J; Thal, A.E.; Webb, T.S.; Weir, J.D. (2007): Estimating performance time for construction projects. In: Journal of Management in Engineering, ASCE23(4), S. 193 - 199.

- Ifran, M.; Khursid, M.B.; Anastasopoulos, P.; Labi, S.; Moavenzadeh, F. (2011): Planning-stage estimation of highway project duration on the basis of anticipated project cost, project type, and contract type. In: *International Journal of Project Management* Vol. 29, Nr. 1, S. 78 - 92.
- Jaśkowski, P.; Biruk, S.; Bucoń, R. (2010): Assessing contractor selection criteria weights with fuzzy AHP method application in group decision environment. In: *Automation in Construction*, Vol. 19, Nr. 2, S. 120 - 126.
- Kometa, S.; Olomolaiye, P., Harris, F. (1994): Attributes of UK construction clients influencing project consultants performance. In: *Construction Management and Economics*, Vol. 12, S. 433 - 43.
- Kumaraswamy, M. (1996): Contractor evaluation and selection: a Hong Kong perspective. In: *Building and Environment*, Vol. 31, Nr. 3, S. 273 - 282.
- Liker, J., 2004: *The Toyota Way, 14 management principles from the world greatest manufacturer*. NY: Mc-Graw Hill.
- Magnussen, O.M.; Olsson, N.O.E. (2006): Comparative analysis of cost estimates of major public investment projects. In: *International Journal of Project Management*, Vol. 24, S. 281 - 288.
- Potts, K. (2005): The New Scottish Parliament Building—a critical examination of the lessons to be learned, In: *Proceedings of the Third International Conference on Construction in the 21st Century (CITC-III)*, Athens, 15-17 September, 2005, S. 534 - 539.
- Rogalska, M.; Bożejko, W.; Hejducki, Z. (2008): Time/cost optimization using hybrid evolutionary algorithm in construction project scheduling. In: *Automation in Construction*, Vol. 18, Nr. 1, S. 24 - 31.
- Russell, S.; Norvig, P. (2012): *Künstliche Intelligenz – Ein moderner Ansatz*. 3. Auflage; Pearson Studium, München.
- Walker, D.H.T. (1995): An investigation into construction time performance. In: *Construction Management and Economics*, Vol. 13, S. 263 - 274.

Wang, Y.-R.; Gibson Jr., G.E. (2010): A study of pre project planning and project success using ANNs and regression models. In: Automation in Construction, Vol. 19, Nr. 3, S. 341 - 346.

Zadeh, L. A. (1965): Fuzzy Sets, Information and Control. Vol. 8, Nr. 3, S. 338 -352.

Die BIM-basierte Baugenehmigungsprüfung – eine Grundlagenbetrachtung

Judith Ponnwitz

*Judith Ponnwitz, Professur Baubetrieb und Bauverfahren, Bauhaus-Universität Weimar,
Deutschland*

Kurzfassung

Building Information Modeling (BIM) steht für die Digitalisierung des gesamten Bauablaufs und die Kollaboration aller Beteiligten. Geradezu gegensätzlich werden die Prozesse derzeit in den deutschen Bauämtern gehandhabt. Eine konventionelle Bearbeitung von Papiermedien in dezentraler Art und Weise erfährt alltägliche Anwendung. Dies bringt Herausforderungen im Bauablauf hinsichtlich Bearbeitungszeit und Kommunikation mit sich. Dabei entscheidet eine Baugenehmigung über die Umsetzung eines Bauvorhabens. Schnelle, reibungslose, strukturierte und qualitätsfördernde Baugenehmigungsverfahren sind demnach ein Anliegen, welches alle Prozessbeteiligten anstreben. Die Kombination der BIM-Methode mit den Prozessen der Bauämter wird zukünftig zur Verbesserung der Interaktion beitragen können. Dieser Aufsatz gibt einen Überblick über die vorherrschenden Gegebenheiten im Baugenehmigungsprozess sowie die technischen Möglichkeiten für den Einsatz der BIM-Methodik. Zudem wird über erkannte und weiter zu betrachtende Potenziale sowie Hindernisse diskutiert.

Inhalt

1 Baugenehmigung als Erfolgskriterium.....	236
2 Gegenwärtiger, konventioneller Baugenehmigungsprozess	237
3 Stand der Technik modellbasierter Möglichkeiten im Baugenehmigungsprozess	239
4 Potenziale und Hindernisse	241
5 Fazit	244
Literatur.....	245

1 Baugenehmigung als Erfolgskriterium

Building Information Modeling (BIM) erfährt in der Bau- und Immobilienbranche gegenwärtig hohe Aufmerksamkeit. Ansätze fokussieren dabei hauptsächlich auf Planungsmöglichkeiten und den Gebäudebetrieb. Ein hohes Maß an Wertschöpfungspotenzial hinsichtlich der Qualitätssteigerung bietet ebenso die Auseinandersetzung mit der Genehmigungsphase im Zusammenhang mit BIM. Die Erteilung einer Baugenehmigung ist maßgebend für die Dauer eines Projektes und den Projekterfolg. Ohne die behördliche Zustimmung ist ein genehmigungspflichtiges Bauvorhaben rechtlich nicht durchführbar. Im Jahr 2018 wurden in Deutschland 219.524 Baugenehmigungen für Gebäude und Baumaßnahmen im Hochbau ausgestellt, davon ca. 66 % zur Errichtung neuer Wohn- und Nichtwohngebäude (Statistisches Bundesamt 2018).

Bei Baugenehmigungsverfahren handelt es sich um Prozesse, die in Deutschland momentan nicht modellbasiert ablaufen, sondern weitestgehend auf gedruckten Plänen und Formularen beruhen. Ein BIM-gestützter Prozess hingegen hat das primäre Ziel, die Koordination und Kommunikation im Immobilienlebenszyklus durch modellbasierte Interaktionen zu optimieren (vgl. Egger et al. 2013, S. 36), wovon ebenso die Akteure der Baugenehmigungsphase profitieren könnten. Vor diesem Hintergrund ist es ein zentrales Anliegen den Aufwand, der für die Genehmigung eines Bauvorhabens notwendig ist, unter Einsatz digitaler Möglichkeiten zu verringern und die Abläufe zu verbessern. Könnten Baugenehmigungsverfahren schneller und vor allem effektiver durchgeführt werden, so könnten Zeitverluste durch aufwendige Bearbeitungsdauern, aber auch Missverständnisse in der Kommunikation zwischen Bauämtern, Antragstellern und Fachbeteiligten reduziert werden. (Der Begriff Bauamt steht als Synonym für die Baugenehmigungsbehörde.)

Bei der Betrachtung anderer Länder wird deutlich, dass der öffentlichen Hand eigentlich eine Vorbildrolle bei der Entwicklung der BIM-Einführung zufällt. Der Digitalisierungsgrad des deutschen Bausektors weist im Allgemeinen noch erhebliches Optimierungspotenzial auf (vgl. Westphal und Hermann 2015, S. 3). Um die Wertschöpfung von BIM-basierten Projekten

im Bauwesen optimal auszunutzen ist die Einbindung der Behörden richtungsweisend.

An der Professur für Baubetrieb und Bauverfahren der Bauhaus-Universität Weimar wird derzeit die These untersucht, wie Prozesse aussehen könnten, in der das Bauwerksinformationsmodell selbst als alleiniges Bauantragsdokument fungiert und die Behörden als vollwertige Akteure am BIM-Modell arbeiten. Dieser Aufsatz soll den Projektbeteiligten einen Einblick darüber geben, wie sich die Phase der Baugenehmigung in Hinblick auf Prozesse und technologische Entwicklungen mit Unterstützung von BIM darstellt und welche Potenziale sich daraus zukünftig ergeben können sowie welche Maßnahmen für die Weiterentwicklung noch ausstehen.

2 Gegenwärtiger, konventioneller Baugenehmigungsprozess

Unter der BIM-Methode wird die modellbasierte Arbeitsweise für das Planen und Realisieren von Bauvorhaben verstanden, welche auf der aktiven Vernetzung aller am Bau Beteiligten beruht (vgl. buildingSMART 2019). Die am Bau Beteiligten sind durch die sogenannte Grundpflicht angehalten, öffentlich-rechtliche Vorschriften bei der Errichtung, Änderung, Nutzungsänderung und der Beseitigung baulicher Anlagen einzuhalten (vgl. Bauministerkonferenz 2016). Die Bauaufsichtsbehörden sind nach MBO § 57 Aufbau und Zuständigkeit der Bauaufsichtsbehörden für den Vollzug dieser Vorschriften zuständig und somit Akteur im Bauplanungsprozess. Folglich ist die Integration des Bauamtes in den BIM-Prozess eine logische Konsequenz und für die Ausnutzung der Wertschöpfung notwendig.

Die Genehmigungsphase eines Bauwerks kann in Teilprozesse aufgeteilt werden, wie die Planung der Genehmigungsunterlagen, die Einreichung des Bauantrags und das Bearbeiten und das Erteilen der Genehmigung (Baugenehmigungsverfahren). Diese können aus den verschiedenen Sichtweisen der Hauptbeteiligten Bauherr, Planer (Entwurfsverfasser) und Bauamt (Bauaufsichtsbehörde) betrachtet werden. Die gegenwärtigen Abläufe, welche für die Submission eines Bauantrags durchgeführt werden müssen,

sind in Deutschland von den jeweiligen Landesbauordnungen und den Bauvorlagenverordnungen abhängig. Diese beruhen auf den Musterordnungen und variieren in den Paragraphen, beispielsweise hinsichtlich der Bearbeitungsfristen.

Das Einreichen des Bauantrags ist ein Prozess, in dem Kommunikationsaufwand betrieben werden muss, wie in Abbildung 2.1 dargestellt wird. Die Kommunikation erfolgt dezentral. Der Planer koordiniert als Bauvorlageberechtigter die Bereitstellung der Bauvorlagen. Diese werden von ihm selbst erarbeitet als auch von Fachplanern und Prüfsachverständigen zugearbeitet. Gegebenenfalls finden Vorabstimmungen mit dem Bauamt statt (-1). Diese Unterlagen werden dem Bauherrn zur Verfügung gestellt (0). Nur der Bauherr ist berechtigt den Bauantrag zu stellen, welcher handschriftlich von ihm unterzeichnet und bei der zuständigen Bauaufsichtsbehörde eingereicht werden muss (1). Neben einem Ämterdurchlauf bei dem je nach Projekt zuständigen Trägern öffentlicher Belange (z. B. Umweltamt), überprüft das Bauamt die Vollständigkeit der Unterlagen (z. B. bautechnische Nachweise) und den bauplanungs- und bauordnungsrechtlichen Inhalt der Bauvorlagen. In Abhängigkeit des Vorhabens werden Aufträge mit Prüfsachverständigen ausgelöst. Gegebenenfalls werden Auflagen durch die Behörde gefordert (2), welche vom Planer umzusetzen sind und von diesem nachgereicht werden (3). Entspricht der Inhalt des Bauantrags den gesetzlichen Vorgaben wird dem Bauherrn eine Baugenehmigung erteilt (4).

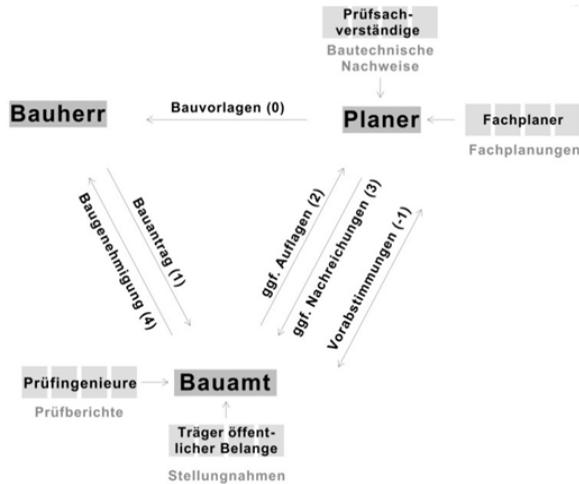


Abbildung 2.1: Schematische Darstellung des Ablaufs eines konventionellen Baugenehmigungsverfahrens

3 Stand der Technik modellbasierter Möglichkeiten im Baugenehmigungsprozess

Bei der Kollaboration von BIM und der Baugenehmigungsphase werden spezielle Möglichkeiten und Anwendungen innerhalb des Werkzeuges und der Methode angesprochen. Dieser Abschnitt soll eine Auswahl zum Status quo wiedergeben, welche technischen Begrifflichkeiten und Lösungen in diesem Zusammenhang existieren und fortgeschrieben bzw. genutzt werden können.

Für einen reibungslosen Kommunikations- und Kooperationsablauf in einem BIM-Projekt spielt die Information Delivery Manual (IDM) eine wesentliche Rolle. Diese kann als Methode verstanden werden, welche die Datenaustauschprozesse und Informationsübertragungen innerhalb des Modells festlegt. Neben Process Maps und Exchange Requirements kommen Model View Definitions (MVD) zum Einsatz. Diese spezifizieren einen Modellteil für die Lösung einer bestimmten Anforderung. In einem Szenario, in dem eine Behörde Modellzugriff erlangt, würden nur die

Bereiche und Funktionen des Modells zur Verfügung stehen, welche für die zu erfüllende Aufgabe notwendig sind (vgl. Beetz et al. 2015, S 130-133). Beispielhaft kann hier die Einsicht von brandschutzrelevanten Objektinformationen sein, wie die Festlegung der Feuerwiderstandsklasse in den Objekteigenschaften einer Tür. Aber auch Fachplaner und Prüfsachverständige bekommen auf diese Weise, die für deren Anliegen benötigten Informationen. Es gibt Entwicklungen des buildingSMART MVDs zu standardisieren und über eine IFC-Schnittstelle auszutauschen (buildingSMART international 2019).

Eine Möglichkeit ein Modell einzusehen und gegebenenfalls zu bearbeiten bieten Model Viewer. Diese Software-Tools stehen bereits in einer Vielzahl, teils kostenfrei, zur Verfügung. Der Benutzer kann entscheiden, welche Objekte oder Objektgruppen angezeigt werden. Der Bearbeitungs- und Darstellungsumfang ist applikationsabhängig.

Ein Aspekt, der in einem modellbasierten Genehmigungsprozess Bedeutung findet, ist der Ausarbeitungsgrad oder auch Level of Development (LOD). Dieser legt die geforderte Informationstiefe fest, wodurch die Einheitlichkeit des Modells bestimmt werden kann. Das American Institute of Architects (AIA) und das amerikanische BIM-Forum haben eine Vielzahl von LODs definiert (American Institute of Architects 2013; BIM Forum 2019). Prinzipiell kann der Inhalt eines neudefinierten LOD mit den einzureichenden Inhalten von Bauvorlagen für einen Bauantrag (gemäß § 8 Bauzeichnungen – MBauVorIV (vgl. Bauministerkonferenz 2007), also die Anforderungen an die sogenannten Genehmigungszeichnungen, verglichen werden.

Ein besonderer Fokus bei der Betrachtung von Baugenehmigungen in Verbindung mit BIM kommt der (teil-)automatisierten Prüfung von Normen und Richtlinien zu. Das Automated Code Compliance Checking ermöglicht es, das Gebäudemodell auf bestimmte Übereinstimmung mit Regeln oder anderen Vorgaben zu prüfen. Dafür muss der Prozess zunächst strukturiert und identifiziert werden. Folglich ist es notwendig die Regelwerke in eine maschinen-interpretierbare Sprache zu übersetzen. Für die Durchführung der Überprüfung ist es gegebenenfalls notwendig das Gebäudemodell vor- und aufzubereiten, bevor schließlich die Ergebnisse ausgewertet und darge-

stellt werden können (vgl. Hjelseth 2015a, S. 421-436; Eastman et al. 2009, S. 1013).

Gegenwärtig können auf dieser Grundlage Anforderungen zu beispielsweise Brandschutz und Gebäudesteuerung (vgl. Preidel et al. 2015, S. 329) aber auch flächenbasierende Informationen, wie Raumprogramme und Raumabhängigkeiten und Raumzugehörigkeiten (vgl. Eastman 2009, S. 52-57) automatisiert am Modell auf Konformität geprüft werden. Dafür ist eine spezielle Software notwendig. Diese sogenannten Model Checker sind sowohl für Planer zur vorherigen Selbstüberprüfung, aber auch zur Genehmigungsprüfung seitens der Bauämter interessant (vgl. Hausknecht und Liebich 2016, S. 203).

Für die Übersetzung der Regelwerke in eine berechenbare Sprache wurde unter anderem die semantisch-basierte Markup-Methode RASE entwickelt, welche die einzelnen Gesetzestexte in die vier Kategorien Requirement (Anforderungen), Applies (Geltungsbereich), Selection (Auswahl) und Exception (Einschränkungen) gliedert und diese somit zum Zwecke des Automated Code Compliance Checking lesbar macht (vgl. Hjelseth 2015b, S. 54-55.). Doch trotz der Anwendung von Methoden zum automatisierten Prüfen können nicht alle Regularien damit abgedeckt werden (vgl. Nawari 2018, S. 26). Hjelseth beschreibt, dass 17 % der Regularien nicht automatisiert geprüft werden können (Hjelseth 2015b, S. 46).

4 Potenziale und Hindernisse

In Abbildung 4.1 wird die Theorie der integrierten Kommunikation an einem BIM-Prozess während der Baugenehmigungsphase schematisch aufgezeigt. Alle Beteiligte haben Zugriff auf das Gebäudemodell und erweitern dieses um deren Zuarbeit. Planer (Architekturmodell) und Fachplaner (z. B. Tragwerksmodell und Gebäudetechnikmodell) arbeiten an einem zentralen Modell, wie es bereits gegenwärtig in der Praxis teilweise durchgeführt wird. Zudem hinterlegen Prüfsachverständige (z. B. Brandschutz und Statik) ihre Nachweise im Modell. Des Weiteren kann der Bauherr auf das Modell zugreifen und Informationen abfordern. Durch

einen modellbasierten, verifizierten Prozess wird der Bauantrag digital bei der Behörde eingereicht, welche ebenfalls Zugang zum Modell besitzt. Die zuständigen Träger öffentlicher Belange kommunizieren untereinander und mit dem Bauamt über das Bauwerksinformationsmodell. Alle Dialoge erfolgen somit innerhalb einer Projektplattform.

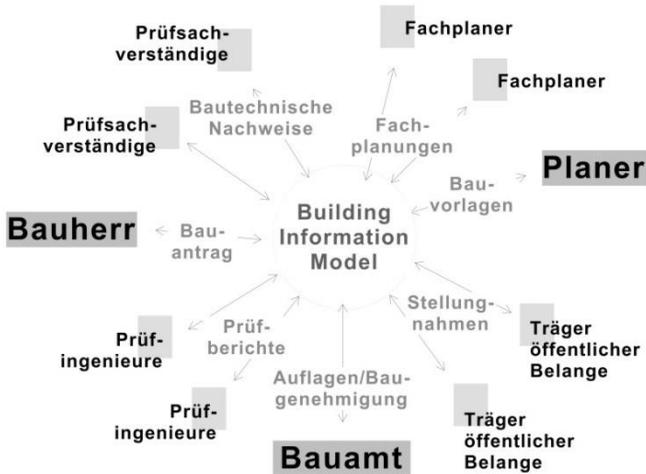


Abbildung 4.1: Schematische Darstellung der Beteiligten bei einem BIM-basierten Baugenehmigungsverfahren

Viele bauplanungs- und bauordnungsrechtliche Vorschriften bieten Potenzial in eine computergestützte Sprache formatiert und geprüft zu werden, wie zum Beispiel ein Stellplatznachweis oder Mindestabstandsflächen. Weiterhin könnte ein modellbasierter LOD-Standard als Grundlage einer neuen Bauvorlagenverordnung dienen.

Es ist vorstellbar ein Software-Modul speziell für Bauämter zu entwickeln und bereitzustellen. Dieses könnte die technischen Komponenten und Möglichkeiten von BIM, die für die Bauämter relevant sind, koppeln und erweitern. Inhaltlich ist unter anderem an Konformitätsprüfungswerkzeuge,

computergestützte Vorschriften und Richtlinien sowie an Bearbeitungsfunktionen zu denken. Weiterhin ist die Thematisierung des Archivierens in weitere Untersuchungen einzubinden, ebenso wie digitale Verifizierungsoptionen für Bauherren, Bauvorlageberechtigte, Prüfsachverständige und Prüfingenieure. Die Inhalte der heute üblichen Formulare, wie der Erhebungsbogen für die Baustatistik, könnten anhand der Informationen im Modell automatisch generiert werden. Durch die Informationsfülle des Modells könnten weitreichende statistische Auswertungen vorgenommen werden.

Darüber hinaus sind Bestimmungen festzulegen und umsetzen, die das Benutzen des Modells für das Bauamt gewährleisten. Es gilt einen Ausgangs- oder Koordinationspunkt zu definieren sowie die Umstände der Freischaltung des Bauamtes zu untersuchen. Dies könnte nicht nur während des Baugenehmigungsverfahrens von Bedeutung sein, sondern bereits bei Vorabstimmungen oder einer digitalen Bauvoranfrage. Weiterhin ist die Auseinandersetzung mit der Einbindung von Geoinformationssystemen (GIS) in die BIM-Methodik sowie deren Datenkopplung interessant. GIS dienen als Informationsquelle und werden bereits heute in den Bauämtern genutzt.

Hinterlegte Datenbanken für das Bereitstellen von Dokumenten und deren Vollständigkeitsüberprüfung machen nur einen Teil aus, der mit einem digitalen Bauantrag in Verbindung steht. Es stellt sich die Frage, wie die Behörde mit Konflikten zwischen Vorschrift und Bauvorlage im Modell umgehen könnte. Mängel, Unstimmigkeiten oder Unklarheiten werden über den virtuellen Projektraum kommuniziert. Fragestellungen könnten über Chats und eine, für das Bauamt konfigurierte, Bearbeitungsfunktion direkt am Objekt angezeigt werden. Der Austausch erfolgt durch eine, für die betreffenden Beteiligten eingerichtete, Freischaltung und standardisierte MVD. Statt des, heute üblichen, Reservierens eines bestimmten Objektes für die Bearbeitung durch einen Modellierer, könnte den Sachbearbeitern der Bauämter eine Markierungsmöglichkeit mit ähnlicher Funktionsweise zur Verfügung stehen.

Obwohl Potenziale für die Einführung und Nutzung der BIM-Methodik erkennbar sind, impliziert die vorliegende Untersuchung, dass eine Auseinandersetzung mit dem Genehmigungsprozess auf Ebene der Grundlagenforschung notwendig ist, um fundierte Ansätze für ein BIM-basiertes Genehmigungsverfahren zu liefern.

Aus Sicht des Projektmanagements ist eine detaillierte Prozessaufstellung des gegenwärtigen Zustandes notwendig, welche zum jetzigen Zeitpunkt nicht aus der Literatur entnommen werden kann. Eine Datenerhebung für die Identifikation der Prozesse in den Bauämtern ist durchzuführen. Auf diese Weise können die Potenziale für den Einsatz der BIM-Methodik ausgeschöpft werden.

5 Fazit

Eine einheitliche und durchgängige Bearbeitung von objektbasierten Daten ist nur dann gewährleistet und sinnvoll, wenn alle Projektbeteiligten gleiche Voraussetzungen zur Verwendung besitzen und definierte Standards die Grundlage des Prozesses bilden. Eine Ausgrenzung bestimmter Beteiligter oder Prozesse widersprechen dem Effizienzsteigerungspotenzial der BIM-Methodik hinsichtlich der Reduzierung von Informationsverlusten, der Zeit- und Aufwandseinsparung und der Qualitätssteigerung.

Langfristig können sich die Bauämter den technischen Neuerungen nicht entziehen und die Digitalisierung wird in den deutschen Baugenehmigungsbehörden Einzug halten. Ein BIM-basierter Bauantrag könnte zukünftig einen Bestandteil der Wertschöpfungskette in einem Bauvorhaben darstellen. Dafür gilt es Prozesse umzudenken, neue Aufgabenstellungen zu definieren und vorhandene Technologien weiterzuentwickeln. Jedoch sind, abgesehen von allen technischen Möglichkeiten, die ein Bauamt für BIM-basierte Baugenehmigungsverfahren verwenden könnte, von anderen Faktoren abhängig. Vor allem die Bereitschaft und die Anordnung zur Umstellung und Ausführung seitens des Gesetzgebers sowie der Einsatz von fundierten Fachkenntnissen sind essenziell für eine zukünftige Umsetzung.

Literatur

- American Institute of Architects (2013): AIA G202-2013 Building Information Modeling Protocol Form. Washington D.C.
- Bauministerkonferenz (2007): Musterbauvorlagenverordnung, Muster einer Verordnung über Bauvorlagen und bauaufsichtliche Anzeigen. Berlin.
- Bauministerkonferenz (2016): Musterbauordnung, zuletzt geändert am 13.05.2016. Berlin.
- Beetz, J.; Borrmann, A.; Weise, M. (2015): Prozessgestützte Definition von modellinhalten. In: Borrmann, A.; König, M.; Koch, C.; Beetz, J. (Hrsg.): Building Information Modeling. Springer Vieweg, Berlin, S. 129 - 174.
- BIM Forum (2019): Level of Development Specification.
<http://bimforum.org/lod/> [Zugriff am: 04.04.2019].
- buildingSMART (2019): Definition BIM-Methode.
<http://www.buildingsmart.de/bim-know-how> [Zugriff am: 21.04.2019].
- buildingSMART International (2019): Definition MVD.
<http://www.buildingsmart-tech.org/specifications/ifc-view-definition>
 [Zugriff am: 20.03.2019].
- Eastman, C.; Lee, J-M.; Jeong, Y-S.; Lee, J-K. (2009): Automatic rule-based checking of building designs. In: Automation in Construction, Vol. 18, Iss. 8, S. 1011 - 1033.
- Eastman, C. (2009): Automated Assessment of Early Concept Designs. In: Garber, R.: Architectural Design. Vol. 79, Iss. 2, 2009, S. 52 - 57.
- Egger, M.; Hausknecht, K.; Liebich, T.; Przybylo, J. (2013): BIM-Leitfaden für Deutschland. Abschlussbericht. Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR),
https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/FP/ZB/Auftragsforschung/3Rahmenbedingungen/2013/BIMLeitfaden/01_start.html [Zugriff am:01.04.2019].
- Hausknecht, K., Liebich, T. (2016): BIM-Kompendium. Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart.

- Hjelseth, E. (2015a): Public BIM-based model checking solutions: Lessons learned from Singapore and Norway. In: Mahdjoubi, L.; Brebbia, C. A.; Laing, R. (Hrsg.): Building Information Modelling (BIM) in Design, Construction and Operations. Section 9: BIM and automation in construction. WIT Press. Bristol (UK), S. 421-436.
- Hjelseth, E. (2015b): Foundations for BIM-based model checking systems - Transforming regulations into computable rules in BIM-based model checking systems. Ås (Norwegen), Norwegian University of Life Sciences, Dissertation.
- Nawari, O. N. (2018): Building Information Modeling – Automated Code Checking and Compliance Processes. CRC Press, Boca Raton.
- Preidel, C.; Borrmann, A.; Beetz, J. (2015): BIM-gestützte Prüfung von Normen und Richtlinien. In: Borrmann, A. (Hrsg.): Building Information Modeling. Springer Vieweg, Berlin, S. 321 - 331.
- Statistisches Bundesamt: Bautätigkeit - Baugenehmigungen im Hochbau Deutschland in 2018. <https://www.destatis.de/DE/Themen/Branchen-Unternehmen/Bauen/Tabellen/baugenehmigungen.html> [Zugriff am:03.04.2019].
- Westphal, T.; Hermann, E. (Hrsg.) (2015): BIM - Building Information Modeling I Management, Institut für internationale Architektur-Dokumentation, München.

Analyse und Bewertung von Konfliktlösungsmechanismen im Rahmen der Projektabwicklungsform Integrated Project Delivery (IPD) im Bauwesen

Ana Schilling Miguel, Maren Schneider, Maximilian Budau

*Ana Schilling Miguel, Institut für Technologie und Management im Baubetrieb (TMB),
Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Deutschland*

*Maren Schneider, Institut für Technologie und Management im Baubetrieb (TMB), Karlsruher
Institut für Technologie (KIT), Deutschland*

*Maximilian Budau, Institut für Technologie und Management im Baubetrieb (TMB),
Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Deutschland*

Kurzfassung

Die Bauwirtschaft ist geprägt von einem intensiven Preiswettbewerb, der häufig Kosten- und Terminüberschreitungen sowie Qualitätseinbußen zur Folge hat. Schnell entstehen dabei Konflikte, die häufig zu aufwändigen und lang andauernden Gerichtsverfahren führen. Um dem zu begegnen, sind international alternative Projektabwicklungsformen entwickelt und angewandt worden, die auf einer partnerschaftlichen Zusammenarbeit der Beteiligten beruhen. Dazu gehört auch das Modell Integrated Project Delivery (IPD). In den veröffentlichten Musterverträgen zu dieser Projektabwicklungsform finden sich neben anderen Regelungen auch Vereinbarungen zur Konfliktlösung mit definierten Eskalationsstufen. Der folgende Beitrag zeigt Auszüge aus den Ergebnissen einer Untersuchung am Karlsruher Institut für Technologie (KIT), bei der Musterverträge für IPD hinsichtlich der Regelungen zur Konfliktlösung analysiert wurden.

Inhalt

1	Einleitung	250
2	IPD als alternative Projektabwicklungsform.....	250
2.1	Überblick alternative Projektabwicklungsformen	250
2.2	Prinzipien von IPD	252
2.3	Organisation und Entscheidungsprozesse	253
2.4	IPD-Verträge	255
3	Übersicht zu klassischen und alternativen Konfliktlösungsmechanismen.....	256
3.1	Charakterisierung von Konfliktlösungsmechanismen.....	256
3.2	Klassische Konfliktlösungsmechanismen	256
3.3	Alternative Konfliktlösungsmechanismen	257
4	Konfliktlösungsmechanismen innerhalb von IPD-Projekten	258
4.1	Methodik der Analyse	258
4.2	Ergebnisse der Untersuchung.....	258
5	Zusammenfassung	261
	Literatur.....	263

1 Einleitung

Während der Realisierung von Bauprojekten kann es zwischen den Beteiligten immer wieder zu Unstimmigkeiten kommen. Dies liegt in der Natur des Bauens und kann selbst mit einer ausführlichen Planung niemals ganz vermieden werden. Da die Beteiligten oftmals wenig Kenntnisse über Themen wie Kommunikation und Konfliktprävention besitzen, können diese Unstimmigkeiten schnell zu Konflikten mit verhärteten Fronten eskalieren. In einem solchen Fall ist es sehr hilfreich, wenn die Beteiligten sich schon im Vorfeld über den Umgang mit Konflikten verständigt und dies auch vertraglich festgehalten haben. Denn ist der Konflikt erst einmal ausgebrochen, geht es den Parteien oftmals vielmehr darum „wer recht hat“ und sie verlieren schnell das Interesse an einer konsensualen Lösung. Was in jedem Fall zu Lasten des Projekterfolgs geschieht.

Im Rahmen einer Untersuchung am Karlsruher Institut für Technologie (KIT) wurden die vertraglich vereinbarten Konfliktlösungsmechanismen in partnerschaftlichen Projektabwicklungsformen analysiert. Dieser Beitrag stellt die Ergebnisse der Untersuchung der Projektabwicklungsform Integrated Project Delivery (IPD) vor.

2 IPD als alternative Projektabwicklungsform

2.1 Überblick alternative Projektabwicklungsformen

Projektabwicklung ist die Gesamtheit aller Prozesse einschließlich der Einzeltätigkeiten für die Bearbeitung der erforderlichen Aufgaben im Rahmen eines Projektes (vgl. Motzel und Möller 2017, S. 20). Angermeier definiert Projektabwicklung darüber hinaus als die Realisierung des konkreten Projektablaufs. Die DIN 69901 definierte bis 2009 Projektabwicklung als die Aufgabendurchführung von Anfang bis Ende eines Projektes. (vgl. Angermeier 2018). In Übereinstimmung mit diesen Definitionen wird Projektabwicklung im Folgenden als Synonym für die Durchführung aller Projektprozesse und -phasen verwendet.

In der Literatur werden die unterschiedlichen Aspekte der Projektabwicklung unter die Oberbegriffe „Projektabwicklungsform“ (PAF), wie in Girmscheid (2016, S. 21), „Projektabwicklungssystem“ in Heidemann (2011, S. 2) oder „Vergabe- und Unternehmereinsatzformen“ in Eitelhuber (2007, S. 11) subsumiert. Bislang gibt es hierzu keine einheitliche Definition (vgl. Gralla 2008, S. 18).

Es gibt unterschiedliche Ansätze, PAF zu kategorisieren. In der Literatur ist die Einteilung in „traditionelle“ PAF und eine weitere Kategorie, wie zum Beispiel „neue“ (Rinas 2012, S. 36) oder „alternative“ (Eitelhuber 2007, S. 14–23) PAF, zu finden. In diesem Beitrag werden PAF ähnlich kategorisiert. Jedoch wird dem Begriff der „traditionellen“ PAF die Bezeichnung „konventionelle“ PAF vorgezogen. Die Eingrenzung von PAF durch „traditionell“ erweckt den Eindruck, dass dies alte und überholte PAF sind.

Alternative PAF grenzen sich von konventionellen PAF insbesondere durch ihre innovative, partnerschaftliche und integrative Grundstruktur ab (Abbildung 2.1).

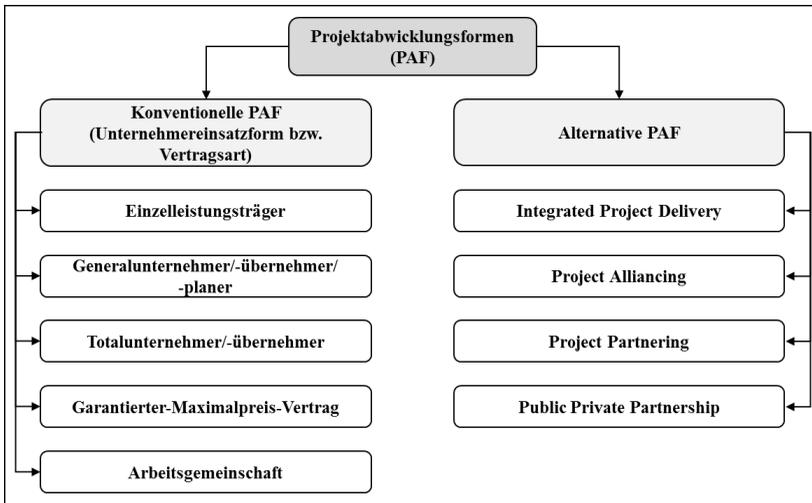


Abbildung 2.1: Kategorisierung von Projektentwicklungsformen (eigene Darstellung, bzgl. PAF siehe auch Budau et al. 2019)

2.2 Prinzipien von IPD

Im Jahr 2007 veröffentlichte das „American Institute of Architects“ (AIA) auf Basis erster Erfahrungen eine Richtlinie für IPD. Gemäß dieser Richtlinie ist IPD eine Projektentwicklungsform, die die Kollaboration zwischen den Projektbeteiligten durch eine Integration der Projektbeteiligten, Prozesse und Strukturen von Beginn an fördert. Dadurch sollen der Wert für den Kunden erhöht, die Verschwendung reduziert und die Projektergebnisse optimiert werden. In der Regel vereinbart der Bauherr dazu mit den wesentlichen Projektbeteiligten, wie Architekt und Generalunternehmer, einen Mehrparteienvertrag. Der Mehrparteienvertrag enthält gemeinsame Regelungen zum Risikomanagement und zur Vergütung in Abhängigkeit vom Projekterfolg. (vgl. Cohen 2010, S. 4) Cohen definiert darüber hinaus die folgenden Charakteristiken als wesentlich für IPD:

- „Early Involvement of Key Participants,
- Shared Risk and Reward,

- Multi-Party Contract,
- Collaborative Decision Making, and Control,
- Liability Waivers Among Key Participants,
- Jointly Developed and Validated Project Goals.” (Cohen 2010, S. 5)

2.3 Organisation und Entscheidungsprozesse

Im vorherigen Kapitel wurde der Mehrparteienvertrag als ein wesentliches Element von IPD vorgestellt. Die Teilnehmer am Mehrparteienvertrag bilden das „Core Team“ des Projektes. Daneben gibt es Projektbeteiligte, die entweder über klassische Verträge und Vergütungsklauseln eingebunden werden oder spezielle Verträge erhalten, um an dem Vergütungsmodell des Mehrparteienvertrages teilnehmen zu können.

Der Mehrparteienvertrag definiert die Organisationsstruktur. Die Organisationsstruktur kann sich von Projekt zu Projekt unterscheiden. Ein Großteil der IPD-Projekte verwendet eine dreigliedrige Organisationsstruktur, die beispielsweise die folgenden Managementebenen vorsieht (Abbildung 2.2):

1. „Senior Management Team“ (SMT): Höchste Entscheidungsebene;
2. „Project Management Team“ (PMT): Entscheidungen im Tagesgeschäft und das Termin- und Kostenmanagement;
3. „Project Implementation Team“ (PIT) (bzw. „Cross-Functional Working Team“: Zuständig für das Tagesgeschäft. (vgl. Cohen 2010, S. 12)

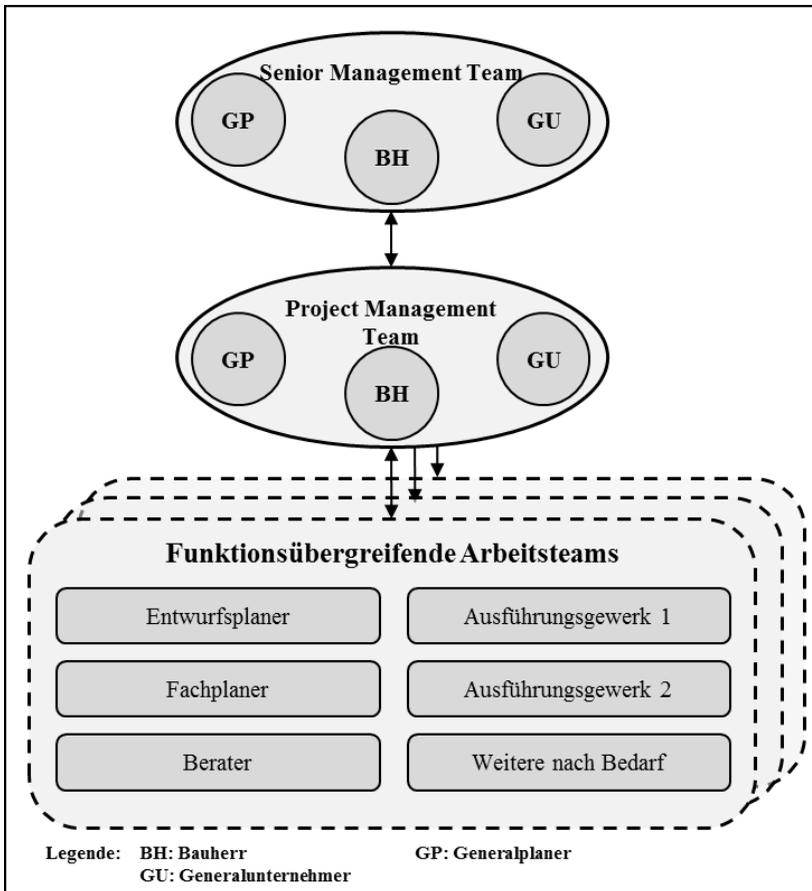


Abbildung 2.2: Prinzipielle Projektorganisation in einem IPD-Projekt (Ashcraft 2011, S. 2 u. 6)

Eng verknüpft mit der Organisationsstruktur von IPD-Projekten ist der Prozess zur Entscheidungsfindung. Es gibt Modelle, die vorsehen, dass Entscheidungen des PMT einstimmig getroffen werden müssen. In der Theorie kann es bei diesen Modellen zu Blockaden innerhalb des PMT kommen. Um dies zu vermeiden, gibt es Modelle, die dem Bauherrn in diesen Fällen das Recht geben, durch Anweisungen Blockaden zu lösen.

(Thomsen et al. 2009, S. 12) In Abbildung 2.3 ist ein beispielhafter Entscheidungsprozess dargestellt.

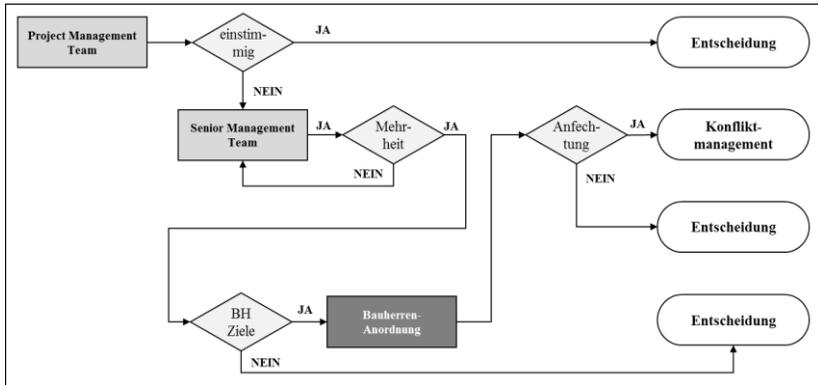


Abbildung 2.3: beispielhafter Entscheidungsprozess in einem IPD-Projekt (Ashcraft 2010, S. 19)

2.4 IPD-Verträge

In den USA gibt es bereits seit über zehn Jahren Standardverträge für IPD-Projekte. Zu den ersten zählten die ConsensusDOCS 300, die im Jahre 2007 veröffentlicht wurden. Sie gehen zurück auf das „Integrated Form of Agreement for Lean Project Delivery“ (IFoA) aus dem Jahr 2005. Das AIA veröffentlichte im Jahre 2009 die Vertragsreihe AIA C191-2009. Neben projektspezifisch verhandelten Verträgen kommen somit im Rahmen von IPD-Projekte die folgenden Musterverträge zum Einsatz:

- AIA C195: Gründung einer „limited liability company“ (LLC),
- AIA C191: Mehrparteienvertrag,
- ConsensusDOCS 300: Dreiparteienvertrag,
- IPD Standard Agreement von der Anwaltskanzlei HansonBridgett,
- Integrated Form of Agreement: Mehrparteienvertrag.

3 Übersicht zu klassischen und alternativen Konfliktlösungsmechanismen

3.1 Charakterisierung von Konfliktlösungsmechanismen

Zur Beilegung von Konflikten stehen den Beteiligten im Bauwesen verschiedene Möglichkeiten zur Auswahl. Im Rahmen dieses Beitrags ist von sogenannten „Konfliktlösungsmechanismen“ die Rede. Unter diesen Begriff fallen die diversen Konfliktlösungsverfahren sowie die Beilegung durch die freie Verhandlung. Zwar gilt nach Entscheidungen des Bundesgerichtshofes zur Kooperationspflicht der Bauvertragspartner, dass freie Verhandlungen ohne Einbindung Dritter als Streitregulierungsverfahren anzusehen sind. Da sie jedoch keiner Regelung unterliegen, werden sie in der Literatur oftmals nicht als Verfahren aufgefasst. (vgl. Duve 2007, S. 108)

Die in der Literatur am häufigsten verwendeten Charakterisierungsmerkmale von Konfliktlösungsmechanismen sind die folgenden:

- konsensuale oder kontradiktorische Verfahren
- Parteien- oder Drittverfahren
- projektbegleitende oder ad hoc Verfahren
- gerichtliche oder außergerichtliche Verfahren

3.2 Klassische Konfliktlösungsmechanismen

Unter dem Begriff „klassische“ Konfliktlösungsmechanismen sind im Rahmen dieses Beitrags all diejenigen Verfahren zu verstehen, die in Deutschland am häufigsten zur Anwendung kommen.

Eine Studie von Haghsheno und Kaben (2005, S. 272) zeigt, dass die Parteien im Bauwesen ihre Konflikte am häufigsten mithilfe freier Verhandlungen lösen. Dies ergibt sich aus der Kooperationspflicht der Bauvertragspartner. Demnach sind die Parteien im Falle eines Konfliktes dem Versuch einer einvernehmlichen (konsensualen) Beilegung verpflichtet. Erst nach gescheiterten Verhandlungen sind weitere Schritte zulässig. (vgl. Duve 2007, S. 108)

Schaffen die Parteien es nicht, ihren Konflikt aus eigener Kraft beizulegen (Parteienverfahren), treten sie meist unmittelbar an staatliche Gerichte heran. Das Gerichtsverfahren ist nach Haghsheno und Kaben (2005, S. 272) das nach den Verhandlungen am häufigsten zur Anwendung kommende Verfahren im Bauwesen. Trotz der Möglichkeit des Prozessvergleiches und auch nach Einführung der Güteverhandlung ist das Gerichtsverfahren als kontradiktorisches Verfahren einzustufen (vgl. Elwert und Flassak 2010, S. 167).

Klassische außergerichtliche Verfahren sind nach dem AHO-Heft Nr. 37 (S. 67) die konsensualen Verfahren Mediation und Schlichtung, sowie die kontradiktorischen Verfahren Adjudikation, Schiedsgutachten und Schiedsgericht, welches als eine Art „privates“ Gerichtsverfahren angesehen werden kann und somit den außergerichtlichen Verfahren zuzuordnen ist.

3.3 Alternative Konfliktlösungsmechanismen

Neben den bereits genannten klassischen Konfliktlösungsmechanismen existieren noch weitere Beilegungsverfahren, die im Rahmen dieses Beitrags als „alternative“ Konfliktlösungsmechanismen zusammengefasst werden.

Das AHO-Heft Nr.37 nennt hier die folgenden Verfahren: Moderation, Partnering, Interessenorientiertes Verhandeln, Mini-Trial, Early Neutral Evaluation (Frühe neutrale Bewertung), Mock Litigation/Arbitration, Collaborative Law sowie Verfahren nach §18 Abs. 2 VOB/B. Weiter sind neben diesen Verfahren auch Abwandlungen oder Kombinationen der Verfahren möglich. Kombinationen sehen dabei oft mehrstufige Verfahren vor, die nach gescheiterten konsensualen Verfahren eine verbindliche kontradiktorische Auseinandersetzung vorsehen. Derartige Regelungen sind insbesondere bei Großprojekten im Ausland üblich (vgl. Duve 2007, S. 135). Ist die Abfolge der mehrstufigen Verfahren im Vorhinein vertraglich nicht fest vorgeschrieben, sondern wird auf den jeweiligen Konfliktfall „zugeschnitten“, spricht man von dynamischen Verfahren (vgl. Duve 2007, S. 136).

4 Konfliktlösungsmechanismen innerhalb von IPD-Projekten

4.1 Methodik der Analyse

Im Rahmen einer internationalen Recherche wurden die folgenden IPD-Musterverträge hinsichtlich ihrer Konfliktlösungsmechanismen untersucht:

- AIA Document C191-2009 vom American Institute of Architects
- IPD Standard Agreement von der Anwaltskanzlei HansonBridgett
- ConsensusDOCS 300 von ConsensusDOCS

Die Auswahl der Verträge erfolgte dabei in Hinblick auf ihre Anwendungshäufigkeit und somit Repräsentanz.

Im Zuge der Untersuchung wurden die Gemeinsamkeiten und Unterschiede der enthaltenen Konfliktlösungsmechanismen analysiert und vereinfacht graphisch dargestellt, um hieraus eine Art „Standard“-Vorgehen identifizieren zu können.

4.2 Ergebnisse der Untersuchung

4.2.1 AIA Document C191-2009

Die Konfliktlösung nach AIA Document C191-2009 sieht ein vierstufiges Verfahren vor. Dabei soll die vorliegende Unstimmigkeit zunächst ohne die Beteiligung von Dritten im Rahmen von Diskussionen intern gelöst werden. Diese Diskussion findet zunächst auf der ersten Managementebene statt. Kommt es hierbei zu keiner Einigung, wird das Problem auf die nächste Managementebene getragen. In der dritten Stufe soll ein neutraler Dritter zur konsensualen Beilegung des Konfliktes hinzugezogen werden. Bleibt auch dies erfolglos, werden kontradiktorische Verfahren herangezogen, bei denen der Konflikt durch die Entscheidung eines neutralen Dritten final beigelegt wird. Dies kann entweder durch eine bindende Arbitration, andere bindende außergerichtliche Konfliktlösungsverfahren oder ein Gerichtsverfahren geschehen.

4.2.2 HansonBridgett Vertrag

Der Konfliktlösungsprozess des HansonBridgett Vertrags entspricht im Wesentlichen dem Prozess des AIA Document C191-2009-Vertrags. Auch hier wird vorerst auf interne Konfliktlösung ohne Dritte mittels Diskussion gesetzt, bevor eine Mediation erfolgt. Lediglich der direkte Übergang von der zweiten Managementebene zur Arbitration und die Arbitration als einzige, finale Konfliktlösungsmethode stellen einen Unterschied dar.

4.2.3 ConsensusDOCS 300

Im ConsensusDOC 300 beruht die Konfliktlösung ebenfalls auf einem vierstufigen Ablauf. Auf die zwei Versuche der internen Klärung durch Diskussion ohne Dritten folgt eine Mediation. Den entscheidenden Unterschied stellt die vierte Stufe dar, die entweder eine Arbitration oder ein Gerichtsverfahren vorsieht. Auch der ausdrückliche Ausschluss eines anschließenden Gerichtsverfahrens nach der Arbitration ist in den o.g. Verträgen nicht enthalten.

4.2.4 Zusammenfassung

Legt man die Abläufe der drei untersuchten Verträge nebeneinander, ergibt sich ein eindeutiges Muster, gemäß dem Konflikte in IPD-Projekten nach Möglichkeit gelöst werden sollen.

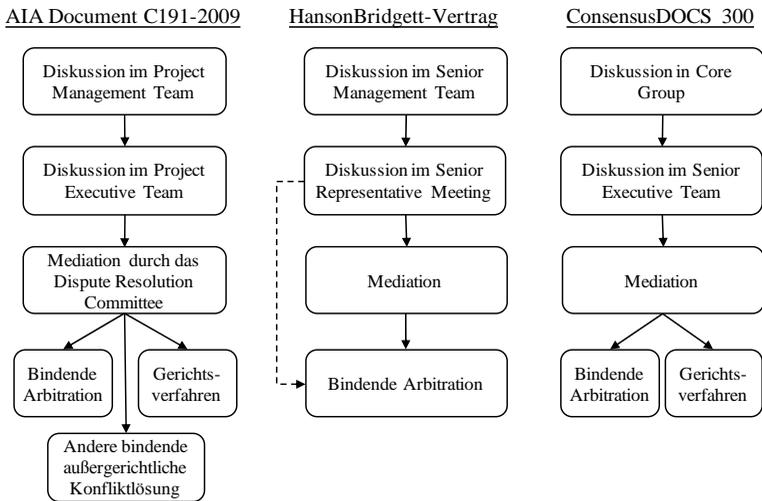


Abbildung 4.1: Gegenüberstellung der Konfliktlösungsprozesse bei IPD-Projekten

Abbildung 4.1 verdeutlicht, dass die Konfliktlösung bei IPD-Projekten i. d. R. vierstufig erfolgt. Kommt es trotz Konfliktvermeidungsmechanismen zu Streitigkeiten, werden diese zunächst zur eigenverantwortlichen Lösung durch Diskussion intern an die erste Managementebene gegeben. Führt die Diskussion auf dieser Managementebene nicht zur Beilegung des Konflikts, wird dieser zur eigenverantwortlichen Diskussion an die zweite Projektmanagementebene weitergereicht. Im Fall einer erfolglosen Diskussion auf beiden Ebenen, schließt sich in der Regel eine Mediation, d. h. ein konsensuales außergerichtliches Konfliktlösungsverfahren mit Hilfe eines neutralen Dritten, an. Erst auf der dritten Stufe der Konfliktlösungsprozesse zeigen sich Unterschiede zwischen den Verträgen. Entscheidend ist jedoch, dass bei allen Verträgen die Möglichkeit der Arbitration oder anderer außergerichtlicher kontradiktorischer Verfahren im Vordergrund steht und Gerichtsverfahren nach Möglichkeit vermieden werden sollen. Bemerkenswert ist zudem, dass die Verfahren der vierten Stufe alle zwingend zu einer Lösung führen müssen, welche final und bindend ist.

Zusammenfassend sieht der „Standard“-Ablauf der Konfliktlösung bei IPD-Projekten folgendermaßen aus:

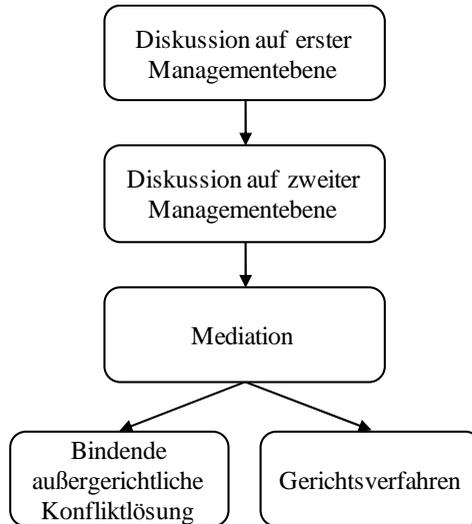


Abbildung 4.2: Üblicher Konfliktlösungsprozess bei IPD-Projekten

Der partnerschaftliche Grundgedanke des Modells zeigt sich somit auch beim Umgang mit Konflikten: Entscheidungen werden im Team und zum Wohle des Projektes getroffen.

5 Zusammenfassung

Es konnte festgestellt werden, dass bei allen Musterverträgen eine ähnliche Strategie bzgl. des Konfliktbewältigungsprozesses vorgesehen ist. Hierbei sollen Konflikte in den ersten Stufen zunächst intern und ohne neutralen Dritten konsensual gelöst werden. Schaffen die Beteiligten es nicht, den Konflikt aus eigener Kraft beizulegen, wird ein Dritter (mit oder ohne Entscheidungsbefugnis) hinzugezogen. Im Ergebnis zeigt die Untersuchung,

dass die Regelungen zum Umgang mit Konflikten stets das Ziel gemein haben, eine gerichtliche Auseinandersetzung zu vermeiden oder gar auszuschließen.

Literatur

- Ausschuss der Verbände und Kammern der Ingenieure und Architekten für die Honorarordnung e.V. (AHO): Heft Nr. 37 - Konfliktmanagement in der Bau- und Immobilienwirtschaft, AHO-Schriftenreihe.
- American Institute of Architects (AIA) (Hrsg.) (2007): *Intergrated Project Delivery: A Guide*.
- Angermeier, G. (2018): *Projektentwicklung..* Hg. v. *Projektmagazin*.
<https://www.projektmagazin.de/glossarterm/projektentwicklung> [Zugriff am: 27.04.2018].
- Ashcraft, H. W. (2010): *Negotiating an Integrated Project Delivery Agreement*. Hg. v. *Hanson Bridgett LLP*. <https://www.hansonbridgett.com/-/media/Files/Publications/NegotiatingIntegratedProjectDeliveryAgreement.pdf> [Zugriff am: 18.03.2019].
- Ashcraft, H. W. (2011): *IPD Teams: Creation, Organization and Management*. Hg. v. *Hanson Bridgett LLP*. <https://www.hansonbridgett.com/-/media/Files/Publications/IPD-Teams.pdf> [Zugriff am: 09.07.2018].
- Cohen, J. (2010): *Intergrated Project Delivery: Case Studies*. Hg. v. *The American Institute of Architects*.
<https://www.ipda.ca/site/assets/files/1111/aia-2010-ipd-case-studies.pdf> [Zugriff am: 02.07.2018].
- ConsensusDocs (2016): *ConsensusDocs 300 - Standard Multi-Party Integrated Project Delivery (IPD) Agreement*. Hg. v. *ConsensusDocs*.
https://www.consensusdocs.org/Resource_/FileManager/300_Guidebook_02_22_16.pdf [Zugriff am: 13.07.2018].
- Duve, H. (2006): *Entscheidungshilfe zur Auswahl eines geeigneten Streitregulierungsverfahrens für das Bauwesen unter besonderer Berücksichtigung baubetrieblicher Aspekte*. Darmstadt, Technische Universität Darmstadt, Dissertation.
- Duve, H. (2007): *Streitregulierung im Bauwesen. Verfahren. Kriterien. Bewertung*. 1.Auflage, Wernerverlag, Neuwied.

- Eitelhuber, A. (2007): Partnerschaftliche Zusammenarbeit in der Bauwirtschaft - Ansätze zu kooperativem Projektmanagement im Industriebau. Kassel, Universität Kassel, Dissertation.
- Elwert, U.; Flassak, K. (2010): Nachtragsmanagement in der Baupraxis. Grundlagen. Beispiele. Anwendung. Springer Fachmedien, Wiesbaden
- Gralla, M. (2008): Der Partnering-Ansatz in den Wettbewerbsmodellen. In: Eschenbruch, K.; Racky, P. (Hrsg.): Partnering in der Bau- und Immobilienwirtschaft. Projektmanagement- und Vertragsstandards in Deutschland. Kohlhammer, Stuttgart, S. 16–38.
- Girmscheid, G. (2016): Projektabwicklung in der Bauwirtschaft-- prozessorientiert. Wege zur Win-Win-Situation für Auftraggeber und Auftragnehmer. 5. Auflage, Springer Vieweg, Berlin.
- Haghsheno, S.; Kaben, T. (2005): Konfliktursachen und Streitgegenstände bei der Abwicklung von Bauprojekten. Eine empirische Untersuchung. In: Kapellmann, K. D.; Vygen, K. (Hrsg.): Jahrbuch Baurecht. Werner Verlag, München.
- Heidemann, A. (2011): Kooperative Projektabwicklung im Bauwesen unter der Berücksichtigung von Lean-Prinzipien - Entwicklung eines Lean-Projektentwicklungssystems - Internationale Untersuchungen im Hinblick auf die Umsetzung und Anwendbarkeit in Deutschland. Karlsruhe, Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Dissertation.
- Lahdenperä, P. (2012): Making sense of the multi-party contractual arrangements of project partnering, project alliancing and integrated project delivery. In: Construction Management and Economics, Jahrgang 30, Heft 1, S. 57–79.
- Macneil, I. R. (1974): The Many Futures of Contracts. In: Southern California Law Review (47).
<http://alliancecontractingelectroniclawjournal.com/wp-content/uploads/2017/04/MacNeil-I.-1973-1974-‘The-Many-Futures-of-Contracts’.pdf> [Zugriff am: 17.05.2018].

- Miles, R.; Ballard, G. (1997): Contracting for lean performance: contracts and the lean construction team. In: 5th Annual Conference of the International Group for Lean Construction. Gold Coast (Australia), S. 103–113.
- Motzel, E.; Möller, T. (2017): Projektmanagement Lexikon. Referenzwerk zu den aktuellen nationalen und internationalen PM-Standards. 3. Auflage, Wiley-VCH, Weinheim.
- Rinas, T. (2012): Kooperationen und innovative Vertriebskonzepte im individuellen Fertigteilbau - Entwicklung eines Geschäftsmodells. Zürich, ETH Zürich, Dissertation.
- Thomsen, C.; Darrington, J.; Dunne, D.; Lichtig, W. (2009): Managing Integrated Project Delivery. Hg. v. Construction Management Association of America. https://www.leanconstruction.org/wp-content/uploads/2016/02/CMAA_Managing_Integrated_Project_Delivery_1.pdf [Zugriff am: 07.07.2018].

Herausforderungen und Ansätze zur integrierten Risiko- und Kostensteuerung bei Bauprojekten

Julian Schütte

*Julian Schütte, Institut für Bauwirtschaft und Baubetrieb, Technische Universität
Braunschweig, Deutschland*

Kurzfassung

Im Rahmen eines umfassenden Risikomanagements sollte immer auch die Kostenentwicklung des gesamten Projekts überwacht werden. In diesem Zusammenhang wird – auch als (Zwischen-)Ergebnis der verschiedenen Stufen der Kostenermittlung – häufig der Begriff der Gesamtkostenprognose verwendet. Sowohl für das Risikomanagement als auch für die Kostenermittlung besteht die Notwendigkeit zur stetigen Aktualisierung der Prognosen (iterativer Charakter der Prozesse). Hinsichtlich des Risikomanagements sollten entsprechende Ergebnisse der Risikoidentifizierung und -bewertung über Risikosteuerungslisten, welche idealerweise auch die Kosten von etwaigen Gegensteuerungsmaßnahmen berücksichtigen, in Gesamtkostenprognosen einfließen. Weitergehende Herausforderungen bilden in diesem Zusammenhang unter anderem die Prognostizierung von Baupreissteigerungen („Baupreisrisiko“) und um projektspezifische Risiken bereinigte Kostenkennwerte aus abgerechneten Projekten. Die Erkenntnisse sind sukzessive bei der Kostenermittlung zu berücksichtigen. Die Zusammenhänge sowie hieraus resultierenden Herausforderungen und Lösungsansätze sind Gegenstand des nachfolgenden Beitrags.

Inhalt

1	Einleitung	268
2	Kontext und Ansätze zur Risikosteuerung	269
2.1	Projektbezogener Risikomanagementprozess	269
2.2	Ansätze zur Risikosteuerung	272
3	Grundlagen und Ansätze zur Kostensteuerung	276
3.1	Theoretische Grundlagen sowie Herausforderungen der Kostenplanung und Kostensteuerung	276
3.2	Ansätze zur Kostensteuerung	279
4	Schlussfolgerungen für die Verknüpfung von Kosten- und Risikosteuerung	282
5	Fazit	285
	Literatur.....	287

1 Einleitung

Bauprojekte unterliegen einer Vielzahl von Risiken, deren jeweilige Entwicklungen sich positiv oder negativ auf die Erreichung der Projektziele und die Einhaltung von Kosten, Terminen sowie Qualität auswirken können. Die Auseinandersetzung mit Risiken über sämtliche Phasen eines Projekts im Rahmen eines systematisierten Managementprozesses ermöglicht es, Risiken frühestmöglich zu erkennen und durch entsprechende Maßnahmen negative Auswirkungen zu reduzieren oder idealerweise zu vermeiden.

Da die Realisierung von Risiken in der Regel mit Veränderungen der Kosten verbunden ist, darf das Management von Risiken nicht ohne die Berücksichtigung von Kostenentwicklungen erfolgen. Ferner führt ein stetiger Erkenntnisgewinn im Zuge der Projektrealisierung zu variierenden Randbedingungen, welche die Entwicklung der Risiken und die damit zusammenhängenden Kosten beeinflussen. Diese systemimmanenten internen und externen Veränderungen erfordern einen kontinuierlich und iterativ durchzuführenden Risiko- und Kostenmanagementprozess.

Im Kontext des Risikomanagements wird in der Literatur insbesondere der Begriff der „Risikosteuerung“ geprägt. Für die Umsetzung der entsprechenden Prozesse werden Werkzeuge wie „Risikosteuerungslisten“ vorgeschlagen. Der vorliegende Beitrag soll den Begriff der Risikosteuerung konkretisieren. Zudem werden ausgewählte Werkzeuge und der Aufbau von Risikosteuerungslisten umrissen. Aufbauend auf der sich daran anschließenden Auseinandersetzung mit theoretischen Grundlagen und Ansätzen zur Kostensteuerung wird im zweiten Teil dieses Beitrags dargelegt, dass zwischen dem Risikomanagement und dem Kostenmanagement diverse Schnittstellen hinsichtlich der Randbedingungen, Anforderungen, Herausforderungen und Ziele bestehen.

2 Kontext und Ansätze zur Risikosteuerung

2.1 Projektbezogener Risikomanagementprozess

Die Norm DIN ISO 31000:2018-10 (im Folgenden kurz „DIN ISO 31000“) beinhaltet gemäß dem Titel der Norm „*Leitlinien*“ für ein Risikomanagement. Es wird ein allgemeiner Ansatz für den Umgang mit „*jegliche[r] Art von Risiko*“, das heißt ohne industrie- oder sektorspezifische Fokussierung gegeben. Die Norm zielt vornehmlich auf Risiken ab, denen Organisationen ausgesetzt sind, und schließt dabei Aktivitäten auf allen Ebenen eines Unternehmens ein. Eine ergänzende Darlegung von Grundsätzen und allgemeinen Leitlinien für das Beherrschen von Risiken und Unsicherheiten in Projekten erfolgt in DIN EN 62198:2014-08 „Risikomanagement für Projekte – Anwendungsleitfaden“, die auf einer älteren Ausgabe der DIN ISO 31000 aufbaut. Aus diesem Grund werden hier die wesentlichen Inhalte der DIN ISO 31000 dargelegt.

Gemäß DIN ISO 31000 werden unter einem Risikomanagement „*koordinierte Aktivitäten zur Lenkung und Steuerung einer Organisation in Bezug auf Risiken*“ (DIN ISO 31000, S. 7) verstanden. Als „(Risiko-)Steuerung“ werden in diesem Zusammenhang in der DIN (sehr allgemein gehalten) Maßnahmen definiert, die zur Beibehaltung und/oder Veränderung eines Risikos beitragen. Die Maßnahmen seien unter Einbeziehung bestimmter Grundsätze, Verfahren und Prozesse in einen systematischen Risikoprozess einzubinden.

Entsprechend Abbildung 2.1 ist der systematische, iterative und kollaborative Risikomanagementprozess in die folgenden Prozesse gegliedert (DIN ISO 31000, S. 19 ff.):

- Risikoidentifikation,
- Risikoanalyse,
- Risikobewertung und
- Risikobehandlung.

Die *Risikoidentifikation* dient der Erkennung und Beschreibung von Risiken, welche einer Organisation hinsichtlich der Erreichung ihrer Ziele helfen oder diese daran hindern könnten. Im Zuge der *Risikoanalyse* soll eine ausführliche Betrachtung von Unsicherheiten, Risikoursachen, Auswirkungen, Wahrscheinlichkeit, Ereignissen, Szenarien, Steuerungen und deren Wirksamkeit erfolgen. Es ist zu beachten, dass ein Ereignis vielfältige Ursachen und Auswirkungen haben kann. Die Risikoanalyse kann qualitativ und/oder quantitativ durchgeführt werden und es soll die Art des Risikos, dessen Eigenschaften und gegebenenfalls die Höhe eines eintretenden Risikos erfasst werden. Die *Risikobewertung* dient der Unterstützung von Entscheidungen und dem Abgleich von den Ergebnissen der Risikoanalyse mit den festgelegten Risikokriterien. In dieser Phase soll herausgearbeitet werden, bei welchen Risiken zusätzliche Maßnahmen erforderlich sind. Die Risikoidentifikation, Risikoanalyse und Risikobewertung können zur *Risikobeurteilung* zusammengefasst werden.

Im Rahmen der *Risikobehandlung* sollen Optionen zur Bewältigung von Risiken abgewogen und umgesetzt werden. Dabei ist wiederholt zu entscheiden, ob das verbleibende Risiko akzeptabel ist.

Eine kontinuierliche Überwachung und Überprüfung beurteilt die Wirksamkeit der angewendeten Maßnahmen, um gegebenenfalls Verbesserungen vornehmen zu können. Des Weiteren ist eine Dokumentation der Prozesse und von deren Ergebnissen mit geeigneten Hilfsmitteln durchzuführen.

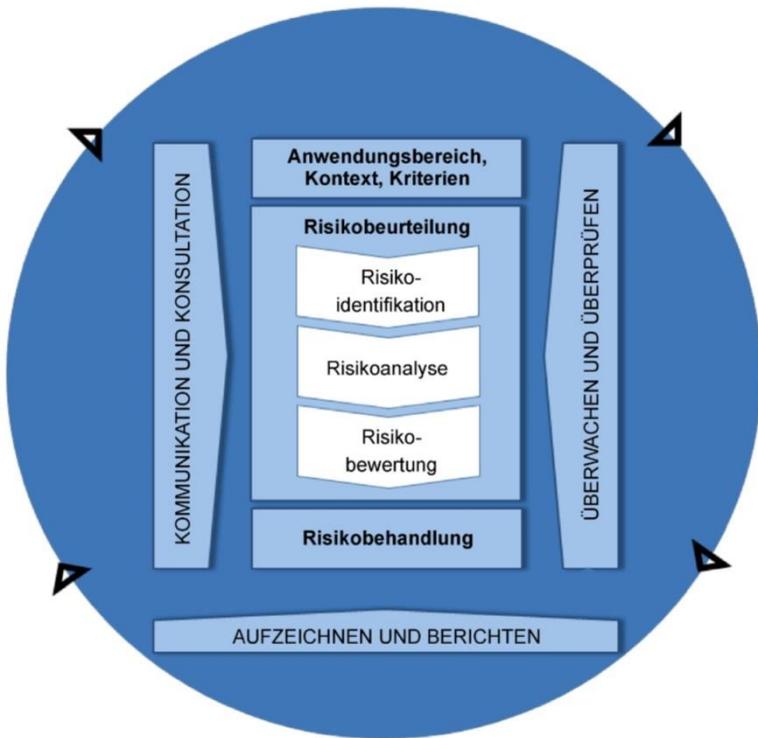


Abbildung 2.1: Risikomanagementprozess (aus DIN ISO 31000, S. 16)

Die DIN EN 62198:2014-08 (im Folgenden kurz „DIN EN 62198“) „Risikomanagement für Projekte – Anwendungsleitfaden“ gibt ergänzende Hinweise für das Risikomanagement auf Projektebene. Der Risikomanagementprozess stellt dabei die „systematische Anwendung von Managementgrundsätzen, -verfahren und -prozessen zur Kommunikation und Konsultation, zum Festlegen des Kontextes sowie zur Identifizierung, Analyse, Bewertung, Steuerung und Bewältigung, Überwachung und Überprüfung von Risiken“ dar (DIN EN 62198, S. 7). *DIN EN 62198 weist explizit darauf hin, dass die projektbezogenen Prozesse des Risikomanagements in die Prozesse des Projektmanagements eingebunden werden sollten (vgl. DIN EN 62198, S. 10 f.). Organisation, Strukturierung und Überwachung*

des Projektmanagements sollten demzufolge gleichermaßen den Rahmen des projektbezogenen Risikomanagements bilden. Im Allgemeinen sind hier in Bezug auf die Charakteristiken von Projekten alle Phasen, Ebenen und beteiligten Organisationen zu integrieren.

2.2 Ansätze zur Risikosteuerung

Die wesentlichen Teilprozesse im Umgang mit Risiken, die im Rahmen der Risikobeurteilung und -behandlung im Risikomanagementprozess umgesetzt werden können, bestehen in der

- Zusammentragung der identifizierten Risiken in einem „Risikoregister“,
- der Einschätzung der Eintrittswahrscheinlichkeit und Schadenshöhe von identifizierten Risiken, die in einer Matrix zur Klassifizierung der Risiken abgebildet werden können,
- der Erarbeitung von Gegensteuerungsmaßnahmen und
- der fortlaufenden Aufnahme/Dokumentation der vorgenannten Aspekte in Risikosteuerungslisten.

Die in Abbildung 2.2 dargestellte Risikomatrix dient der Risikoanalyse und Risikobewertung. Die Einzelrisiken werden dabei hinsichtlich ihrer Schadenshöhe als „gering“, „mittel“ und „hoch“ bewertet. Gleiches gilt für die Eintrittswahrscheinlichkeit. Auf dieser Grundlage ist eine Klassifizierung der Risiken in die Risikoklassen A, B und C möglich. Nach Hoffmann (2017, S. 38) hat sich für Bauprojekte eine dreiteilige Bewertungsskala bewährt. Auch vier oder fünfteilige Skalen sind durchaus gebräuchlich.

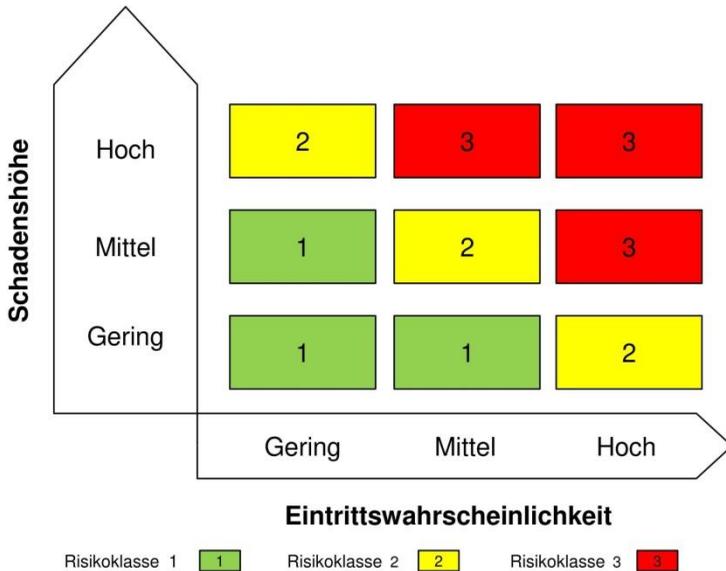


Abbildung 2.2: Beispiel für eine Risikomatrix zur Klassifizierung von Risiken (verändert aus Hoffmann 2017, S. 37 f.)

Im nächsten Schritt können zur Quantifizierung eines Risikos Risikowerte im Zuge der Risikobewertung definiert werden (Hoffmann 2017, S. 40). Im vorliegenden Beispiel (vgl. Abbildung 2.3) erfolgte eine Bezugnahme auf die DIN 276. Dabei sind die identifizierten und im Sinne einer „Risikoqualifikation“ als verfolgungswürdig erachteten Risiken in Risikogruppen gebündelt. Die Spalten 2 und 3 geben die „Herkunft“ des Wertes für die Bezugskosten (hier in Anlehnung an die verschiedenen Phasen der Kostenermittlung) zur Herleitung des Risikowertes an. Die Spalten 4 bis 8 geben die Auswirkungen der jeweiligen Risiken auf Basis einer geschätzten Schadenshöhe an. Positive Werte zeigen ein Risiko bzw. einen Schaden auf, negative Werte stellen eine potentielle Chance dar. Die Spalten 9 bis 13 weisen den jeweiligen Auswirkungen eine geschätzte Eintrittswahrscheinlichkeit zu. Spalte 14 berechnet den Risikowert aus der Summe der jeweiligen Multiplikation von Auswirkung und Eintrittswahrscheinlichkeit für die Szenarien „negativ“, „gering“, „mittel“ und „hoch“.

Risikogruppe	Bezugskosten		Auswirkungen (A) (geschätzte Schadenshöhe)					Eintrittswahrscheinlichkeit (W)					Risikowert gerundet	
	Nr.	Bez.	Herkunft	Wert	negativ	kein	gering	mittel	hoch	neg.	kein	gering		mittel
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
1	Gruppe 1	Kostenschätzung	3.000.000,00€	150.000,00€	- €	40.000,00€	60.000,00€	120.000,00€	5%	30%	35%	20%	10%	31.000,00€
2	Gruppe 2	Kostenberechnung	450.000,00€	- 30.000,00€	- €	15.000,00€	30.000,00€	50.000,00€	10%	30%	40%	15%	5%	10.000,00€
3	Gruppe 3	Vorgabe	2.300.000,00€	- 80.000,00€	- €	8.000,00€	25.000,00€	40.000,00€	0%	20%	30%	35%	15%	18.000,00€
4	Gruppe 4	Kostenschätzung	11.500.000,00€	200.000,00€	- €	850.000,00€	1.200.000,00€	1.500.000,00€	10%	15%	35%	25%	15%	733.000,00€
5	Gruppe 5	Kostenberechnung	120.000,00€	- 10.000,00€	- €	5.000,00€	35.000,00€	45.000,00€	10%	30%	40%	15%	5%	9.000,00€
6	Gruppe 6	Vorgabe	180.000,00€	- 5.000,00€	- €	12.000,00€	15.000,00€	20.000,00€	5%	25%	35%	25%	10%	10.000,00€
7	Gruppe 7	Kostenberechnung	2.800.000,00€	- 130.000,00€	- €	280.000,00€	350.000,00€	450.000,00€	5%	10%	35%	35%	15%	282.000,00€
8	Gruppe 8	Vorgabe	4.300.000,00€	- 90.000,00€	- €	180.000,00€	250.000,00€	300.000,00€	0%	15%	45%	30%	10%	186.000,00€
9	Gruppe 9	Kostenschätzung	950.000,00€	- 30.000,00€	- €	90.000,00€	180.000,00€	250.000,00€	10%	40%	20%	20%	10%	76.000,00€
10	Gruppe 10	Kostenschätzung	60.000,00€	- 2.000,00€	- €	3.000,00€	5.000,00€	15.000,00€	10%	20%	25%	30%	15%	5.000,00€
			25.660.000,00€											1.300.000,00€

Abbildung 2.3: Beispiel zur Ermittlung des Risikowertes (Risikowerte sind gerundet; aus Hoffmann 2017, S. 41)

In Ergänzung zu dem Beispiel aus Abbildung 2.3 ist die Betrachtung von Gegensteuerungsmaßnahmen und die Benennung eines Verantwortlichen im Rahmen der Risikosteuerung aufzunehmen (vgl. Abbildung 2.4). Die Gegensteuerungsmaßnahmen sollten in ihrem Aufwand und Nutzen (u. a. bezüglich der monetären Bewertung der Verringerung der Auswirkungen des jeweiligen Risikos) bewertet werden. Im Detail sollte eine Unterscheidung zwischen einem Brutto- und Nettorisikowert erfolgen, wobei sich das Nettorisiko aus dem Bruttorisiko, den Kosten der Gegensteuerungsmaßnahme und der schadensmindernden Wirkung der Gegensteuerungsmaßnahme zusammensetzt. Somit wird eine Wirtschaftlichkeitsbetrachtung für Maßnahmen der Risikosteuerung, dazu zählen beispielsweise die Vermeidung, Minderung und die Übernahme von Risiken (Schwerdtner 2008, S. 8), ermöglicht. Bei dieser Vorgehensweise ist eine vereinfachende, subjektive Betrachtung notwendig, da sich die komplexen Zusammenhänge von Risiken und Gegensteuerungsmaßnahmen häufig nicht vollumfassend qualitativ und nur äußerst grob quantitativ erfassen lassen. Gleiches gilt für die Risikoanalyse und -bewertung in der Risikomatrix (s.o.).

Risikoidentifikation und Maßnahmenverfolgung					Projekt-kennzeichnung		Bewertung der Priorität									
Lfd. Nr.	Risiko-Beschreibung	Wirkung des Risikos auf das Projekt	Beschreibung Gegensteuerungsmaßnahmen (Vorbegingemaßnahmen/ Korrekturmaßnahmen?)	Zuständig	Erledigt bis	Status	Kategorie	Abschnitt	Ist mit dem Eintreten des Risikos zu rechnen? (ETW)	Terminliche Tragweite des Risikos (Wichtigkeit 1 bis 6; 1 weniger wichtig, 6 sehr wichtig)	Finanzielle Tragweite des Risikos (Wichtigkeit 1 bis 6; 1 weniger wichtig, 6 sehr wichtig)	Tragweite für Kunde, Politik und Öffentlichkeit (Wichtigkeit 1 bis 6; 1 weniger wichtig, 6 sehr wichtig)	Mittelwert der Prioritäten	Prioritätenkennzahl (Wichtigkeit, je höher der Wert, desto wichtiger)	Bau-kosten	Planungs-kosten
2	Verspätete Erteilung des Planfeststellungsbeschluss PFA 2a	Verschiebung des Ausführungszeitraumes (6 Monate)	Verstärkung der Kapazität im PM und zur Begleitung Planrecht und Abwendung der Einwendungen	PL	30.3.2012		Kosten/ Termine	PFA 2a	100%	6	3	6	5	500	0 TE	200 TE
		damit geringere Effizienz Projektteam bis Baubeginn, Umplanung Bautechnologie					Rechtliches Risiko	PFA 2a	100%	6	1	6	4	433		

Abbildung 2.4: Extrakt aus einer Risiko-/Chancenübersicht (aus Alexander et al. 2013, S. 44 von Kaiser Baucontrol Ingenieurgesellschaft mbH 2012)

Abbildung 2.5 fasst die wesentlichen Erkenntnisse zur Ermittlung von Risikokosten im Rahmen des iterativen Risikomanagementprozesses zusammen, um im Kapitel 4 eine Verknüpfung zum Kostenmanagement, insbesondere zur Gesamtkostenprognose, herzustellen.

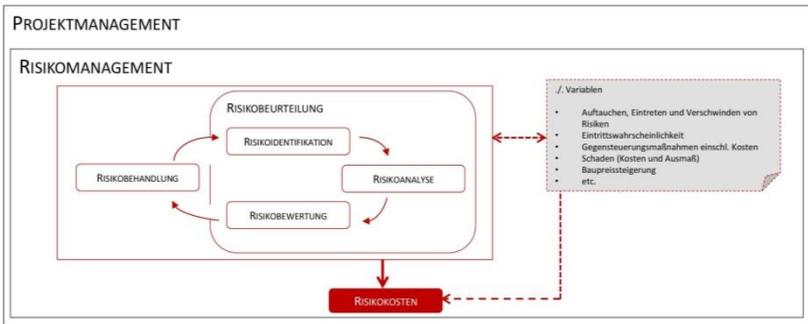


Abbildung 2.5: Ermittlung von Risikokosten im Rahmen des iterativen Risikomanagementprozesses

3 Grundlagen und Ansätze zur Kostensteuerung

3.1 Theoretische Grundlagen sowie Herausforderungen der Kostenplanung und Kostensteuerung

Mathoi (2009, S. 10) versteht unter dem Begriff der Kostenverfolgung die Summe aus Kostenkontrolle und Kostensteuerung. Genauer werden unter

- *Kostenkontrolle* der laufende Soll-/Ist-Vergleich einer aktuellen mit einer früheren Kostenermittlung bzw. dem Kostenbudget sowie die Prognose der zu erwartenden Kosten zum Zeitpunkt der Projektfertigstellung (*Kostenprognose*) und unter
- *Kostensteuerung* das gezielte Eingreifen in die Kostenentwicklung

verstanden. In diesem Kontext wird ebenso auf die Unterschiede von planungsbegleitender und ausführungsbegleitender Kostenverfolgung hingewiesen, die auch beim Risikomanagement zu beachten sind (vgl. Mathoi 2009, S. 10).

Die Beschreibungen von Mathoi (2009) entsprechen den Inhalten der DIN 276-2018-12 (im Folgenden kurz „DIN 276“), in der die Kostensteuerung als das „Ergreifen von Maßnahmen zur Einhaltung von Kostenvorgaben“ (DIN 276-2018-12, S. 4) beschrieben wird. Die DIN 276 gilt für die „Kos-

tenplanung im Bauwesen, insbesondere für die Ermittlung und die Gliederung von Kosten. Sie erstreckt sich auf die Kosten von Hochbauten, Ingenieurbauten, Infrastrukturanlagen und Freiflächen sowie die damit zusammenhängenden projektbezogenen Kosten.“ (DIN 276-2018-12, S. 4)

Mathoi (2009) beschreibt die Gesamtkostenprognose als wesentlichen Bestandteil der Kostenkontrolle und die Kostenkontrolle als Prozess des Überwachungs- und Änderungsmanagements (vgl. Mathoi 2009, S. 10 sowie nach PMBOK 2017, Kap. 7). An dieser Stelle wird auch die Bedeutung der Gesamtkostenprognose für ein umfassendes Risikomanagement sichtbar, da auf diese Weise u. a. Kostenänderungen und -verschiebungen frühzeitig sichtbar werden (vgl. Körtgen 2005, S. 51) Unter dem Begriff Gesamtkostenprognose wird in diesem Beitrag analog zu Lang (2008), der den Begriff „Kostenhochrechnung“ prägt, die „*kontinuierliche Auswertung von Kostendaten der Vergangenheit und Zukunft*“ (Lang 2008, S. 144) verstanden. Die Gesamtkosten entsprechen dabei der voraussichtlichen Endabrechnungssumme.

Für die Kostenkontrolle und Kostensteuerung ergeben sich hohe Anforderungen, da sich bei Bauprojekten in der Praxis häufig verschiedene Leistungen zeitgleich in unterschiedlichen Leistungsphasen nach der Honorarordnung für Architekten und Ingenieure (HOAI) befinden (vgl. Siemon 2016, S. 2). Eine sequentielle Abfolge der fünf, nachfolgend benannten Stufen der Kostenermittlung nach DIN 276 (vgl. Siemon 2016, S. 3) ist demnach in der Regel nicht gegeben:

- Kostenrahmen
- Kostenschätzung
- Kostenberechnung
- Kostenvoranschlag
- Kostenanschlag
- Kostenfeststellung

Zu beachten sind die Unterschiede der verschiedenen Stufen der Kostenermittlung hinsichtlich der Wiederkehr ihrer Durchführung. Beim Kosten-

rahmen, der Kostenschätzung, der Kostenberechnung und der Kostenfeststellung handelt es sich gemäß DIN 276 um Kostenermittlungen, die im Projektablauf bezogen auf den jeweiligen Planungsschritt einmalig und zu einem bestimmten Zeitpunkt durchgeführt werden. Der Kostenvoranschlag wird nach Norm entweder einmalig und zu einem bestimmten Zeitpunkt oder im Projektablauf wiederholt und in mehreren Schritten durchgeführt. Der Kostenanschlag wird im Projektablauf wiederholt und in mehreren Schritten durchgeführt.

Nach Siemon (2016, S. 9) können die Kostenermittlungsstufen zudem nach der Herkunft der als Grundlage herangezogenen Werte in zwei Kategorien eingeteilt werden. Einerseits erfolgt die „vorkalkulatorische“ Kostenermittlung des Planers, das heißt die Kostenermittlungsstufen bis Leistungsphase 3, „zu einem festen Zeitpunkt“ anhand von Kennwerten. Hierbei ist von entscheidender Bedeutung, dass die Angabe eines Stichtags, also des Zeitpunkts der Kostenermittlung („Preisstand“) erfolgt. Die aus abgerechneten Projekten gewonnenen Kostenkennwerte werden mithilfe von Baupreisindizes auf den Zeitpunkt der Kostenermittlung angepasst. Baupreisveränderungen zwischen dem Zeitpunkt der Entstehung der Kosten der abgerechneten Projekte und dem Zeitpunkt der Kostenermittlung werden demzufolge berücksichtigt. Für Gesamtkostenprognosen ist hingegen der Zeitpunkt der Erbringung der Leistung maßgebend, sodass weitere Anpassungen (z. B. hinsichtlich der Baupreisentwicklung) erforderlich sind.

Während die vorkalkulatorischen Kostenermittlungen ohne Kostenangaben von ausführenden Unternehmen „allein durch das Planungsbüro“ erfolgen (vgl. Siemon 2016, S. 9), beruhen der Kosten(vor)anschlag (ggf. nur teilweise) und die Kostenfeststellung (vollständig) auf Kostenangaben ausführender Unternehmen (z. B. Kosten- und Leistungsangebote bzw. Bauverträge mit vereinbarten Leistungen sowie abgerechnete Kosten entsprechend Leistungsverzeichnissen und Leistungsbeschreibungen) (vgl. Siemon 2016, S. 9). Demzufolge basieren die Kostendaten dieser zweiten Kategorie auf einer nach Vergabeeinheiten bzw. Gewerken gegliederten Schätzung und/oder Angabe von Angebotspreisen bzw. auf der Grundlage von Abrechnungen.

Die Voraussetzung für eine ausführungsbegleitende Kostenverfolgung und -fortschreibung stellt die Bezifferung des Kostenbudgets, aufgegliedert nach den einzelnen Vergabeeinheiten, dar. Die Kostenfortschreibung bezeichnet dabei grundsätzlich die Anpassung von ermittelten Kostenwerten an eingetretene Änderungen (vgl. Oberndorfer 2007, S. 391). Diese ausführungsorientierte Aufgliederung ermöglicht die Zuordnung der in der Kostenplanung ermittelten Soll-Werte zu den Gewerken bzw. Vergabepaketen. Letztendlich besteht somit eine Schwierigkeit der Kostensteuerung darin, dass Kostenangaben aus der Planungsvertiefung, Ausschreibung, Vergabe und der stufenweisen Abrechnung nur schrittweise vorliegen (vgl. Siemon 2016, S. 22).

Abbildung 3.1 stellt die Inhalte und Randbedingungen der Kostensteuerung zusammenfassend dar.

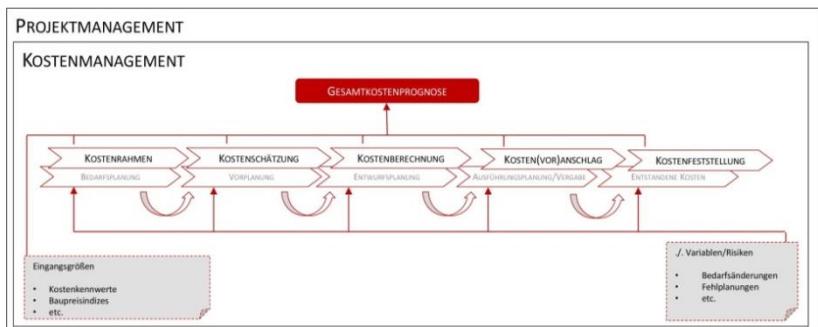


Abbildung 3.1: Inhalte und Randbedingungen der Kostensteuerung

3.2 Ansätze zur Kostensteuerung

Die in Kapitel 3.1 dargelegten Grundlagen präsentieren eine Auswahl der Anforderungen an Kostensteuerungssysteme. So müssen u. a.

- eine ausführungsorientierte Kategorisierung der Kostendaten, beispielsweise nach Vergabeeinheiten bzw. Gewerken,

- eine Fortschreibung der veränderlichen Daten,
- nachvollziehbare Kosten auf Basis von Kennwerten trotz unterschiedlicher Ermittlungstiefe und ggf. Prognoseanteilen und
- eine schrittweise Erlangung der Daten aus der Vergabe- und Ausführungsphase

beachtet werden.

Beispielhaft ist in Abbildung 3.2 ein Auszug aus einem Kostensteuersystem dargestellt. Die tabellarische Systematik stellt eine Übersicht zu den vorhandenen Kostendaten aus einem Bauprojekt zu einem bestimmten Stichtag inmitten des Projektverlaufs dar.

Im Detail zeigt die tabellarische Übersicht in Abbildung 3.2 für die Gründung, die Außenwände und die Einbauten die in verschiedenen Projektphasen erfassten Kostendaten (die Gründung ist bereits ausgeführt und die Schlussrechnung liegt vor). Im Hinblick auf die in der Gesamtkostenprognose berücksichtigten, teilweise prognostizierten Risikokosten wird deutlich, dass eine stetige Aktualisierung der Kostendaten und kontinuierliche Rückgriffe auf identifizierte Risiken erforderlich sind, um aktuelle Gesamtkostenprognosen zu erhalten. Hinsichtlich der Übersicht aus Abbildung 3.2 ist zu beachten, dass bei Gesamtkostenprognosen mit dem Zweck des Abgleichs mit der Kostenberechnung auch der Anstieg von Baunebenkosten (u. a. Planerhonorare) berücksichtigt werden sollte, der ansonsten zu einer „Kontrollücke“ führen würde (vgl. Siemon 2016, S. 24).

LPH Budget		Grundleistung	Besondere Leistung der Kostensteuerung mit Vorausprognose				
Kostenberechnung			Risiko 1	Risiko 2,...	Einsparung 1	Einsparung 2,...	Prognose
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7) = (2)+(4)-(5)-(6)*
GRUNDUNG	2	Kostenschätzung					
	3	Kostenberechnung					
	7	Aufträge/ Nachtr.					
	8	Abrechnung					
Aussenwände	2	Kostenschätzung					
	3	Kostenberechnung					
	7	Aufträge/ Nachtr.					
	8	Abrechnung					
Einbauten	2	Kostenschätzung					
	3	Kostenberechnung					
	7	Aufträge/ Nachtr.					
	8	Abrechnung					
Gesamt		1.319.000 €					1.339.000 €

Abbildung 3.2: Beispiel für eine tabellarische Übersicht zu einem Kostensteuersystem (vgl. Siemon 2016, S. 24)

Ein ähnliches Beispiel, aus dem sich ein grundlegendes Konzept für Kostensteuersysteme mit dem Ziel der Erhaltung realistischer Kostenprognosen zum betrachteten Zeitpunkt ableiten lässt, zeigt Abbildung 3.3. Die Abbildung stammt aus der Drucksache 20/6208 „Kostenstabiles. Bauen – Fortentwicklung des öffentlichen Bauwesens“ (Mitteilung des Senats an die Bürgerschaft). Hier wird zur Kostenermittlung und verwaltungsinternen Kostendarstellung eine Struktur gewählt, die unter anderem Basiskosten, einen Ansatz für Kostensteigerungen sowie für Preissteigerungen und besondere Kostenrisiken beinhalten soll. Ferner sind Baunebenkosten in der Kostengliederung zu erfassen.

Kostendefinition ¹⁴⁾		Kostenbestandteile	Kostenermittlungsstufe (Kosten einschl. MwSt.)				
			Kostenrahmen in Mio. €	Kostenschätzung in Mio. €	Kostenberechnung in Mio. €	Kostenanschlag in Mio. €	Kostenfeststellung in Mio. €
Gesamtkosten	Gesamtbaukosten „Baukosten“	Basiskosten ¹⁵⁾ :					
		Ansatz für Kostenvarianz					
		Preissteigerungen					
		Baunebenkosten (Planungskosten) ¹⁶⁾					
		Gründerwerbskosten ¹⁷⁾					
		Einrichtungskosten ¹⁸⁾					
		Besondere Kostenrisiken ¹⁹⁾					
	Summe						

Abbildung 3.3: Kostenermittlung und verwaltungsinterne Kostendarstellung (Bürgerschaft der Freien und Hansestadt Hamburg 2012, Drucksache 20/6208, S. 23)

4 Schlussfolgerungen für die Verknüpfung von Kosten- und Risikosteuerung

Im Folgenden soll eine Auswahl der zuvor eruierten Herausforderungen und Schwierigkeiten, die sowohl die Risikosteuerung als auch die Kostensteuerung betreffen, diskutiert werden. Ferner werden die Schnittstellen und die Zusammenhänge der jeweiligen Prozesse dargelegt. Auf diese Weise sollen auch Synergien bei einer systematisierten und organisatorischen Verknüpfung der Kosten- und Risikosteuerung offengelegt werden. Als einleitende Übersicht zu den vorgenannten Zwecken dient die Abbildung 4.1, welche die Prozesse, Schnittstellen sowie Herausforderungen der Risiko- und Kostensteuerung veranschaulicht.

Ansätze und einzelne (potentielle) Schritte sind hierzu in Kapitel 2 dieses Beitrags dargelegt.

Umgang mit Planungs- und Bedarfsänderungen

Aktuelle Gesamtkostenprognosen liegen nur dann vor, wenn alle Kostenelemente auf Grundlage des aktuellen Planungs- und Entscheidungsstands berücksichtigt werden (vgl. Siemon 2016, S. 24). Im Idealfall erfolgt auch bei Planungsänderungen ein Vorgehen in zwei Schritten. Vor der Beauftragung sollte in Form der vorkalkulatorischen Kostenermittlung eine Kostenschätzung oder -berechnung durchgeführt werden. Auf diesem Wege wird dem Aspekt der Kostentransparenz gerecht, indem bei Entscheidungen über Änderungen die Auswirkungen auf die Gesamtkosten prognostiziert werden. In Konsequenz führen Änderungen gegenüber der Entwurfsplanung einschließlich der zugehörigen Kostenberechnung zu einer entsprechenden Anpassung bzw. Fortschreibung der Kostenberechnung. In diesem Zusammenhang sind auch der Anstieg sowie die Fortschreibung von Baunebenkosten zu berücksichtigen. Nicht zuletzt ist ebenso die Honorierung etwaiger Wiederholungen von Grundleistungen in Gesamtkostenprognosen zu beachten.

Bezugnahme auf Kostenkennwerte

Ein weiteres Problem des Risiko- und Kostenmanagements besteht darin, dass Kostenkennwerte aus abgeschlossenen, abgerechneten Projekten ermittelt und herangezogen werden, welche mittels Baupreisindizes an die aktuelle Preislage angepasst werden (vgl. Girmscheid 2016, S. 224). Aufgrund dessen ist im Hinblick auf die Bestandteile der Kostenkennwerte abgerechneter Projekte zu berücksichtigen, inwiefern die Kostenkennwerte bereits Kosten von in den abgeschlossenen Projekten eingetretenen Risiken enthalten. Hingegen enthalten Planungsleistungen, die in der Regel aus der HOAI abgeleitet werden, keine Risikokosten (vgl. Hoffmann 2017, S. 42). Daraus ergibt sich die Aufgabe zur nachvollziehbaren Prognostizierung von Risikokosten, die in Summe als Kostenermittlung auf Basis von Kennwerten und Planungsunterlagen unterschiedlicher Ermittlungstiefen zur Ermittlung stetig aktueller Gesamtkostenprognosen dient.

Darüber hinausgehende Bauleistungen, aber auch Baunebenkosten, sind dennoch in Gesamtkostenprognosen zu berücksichtigen.

Baupreissteigerungen („Baupreisrisiko“)

Die Kostenermittlungen erfolgen zu einem bestimmten Stichtag (siehe Kapitel 3.1), welcher der den „Preisstand“ der in der Kostenermittlung verwendeten Kennwerte festlegt. An dieser Stelle ist zu beachten, dass die Erbringung von Bauleistungen in der Regel nicht zum Zeitpunkt der Kostenermittlung erfolgt und sich darüber hinaus über die Ausführungsdauer erstreckt. Somit weichen die Preise für Bauleistungen per se von den tatsächlichen Baukosten ab, wenn die u. a. konjunkturellen und inflationsbedingten Entwicklungen der Baupreise bis zum Zeitpunkt der Leistungserbringung nicht berücksichtigt bzw. prognostiziert werden. Bezüglich der Kostenermittlungen auf Basis der Kostenangaben von Bauunternehmen (Angebote, Abrechnungen etc.) ist im Gegensatz dazu davon auszugehen, dass die Bauunternehmen die Baupreissteigerung in der Regel in ihren Angeboten einpreisen. Lang (2008, S. 74) sieht ein Erfordernis für Rückstellungen für mögliche Baupreisentwicklungen bei Projekten mit langer Genehmigungs- oder Ausführungsphase.

Die vorangehenden Ausführungen zeigen, dass aufgrund von Baupreisveränderungen bzw. -steigerungen ein Kostenrisiko besteht, das insbesondere bei der üblichen Vorgehensweise der öffentlichen Hand bei den Kostenermittlungen nicht eingepreist ist. Die Prognostizierung der Höhe der Baupreissteigerung ist schwierig und nur näherungsweise, beispielsweise über Preisindizes des statistischen Bundesamtes, möglich.

5 Fazit

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass die stetige Zusammentragung der Kosten und Risiken, vor allem in einem Zusammenhang mit Änderungen in der Planung sowie der Ausführung, eine enge Koordination und Abstimmung aller Projektbeteiligten voraussetzt (vgl. Siemon 2016, S. 24). Der Aufwand und der Nutzen von Risiko- und Kostensteuerungen stehen in einer Abhängigkeit zu der Projektgröße und sollten in ihrer Detail-

tiefe zur Gewährleistung der Wirtschaftlichkeit fallweise hinterfragt sowie angepasst werden. Die Ergebnisse der Risikosteuerung sollten jedoch Eingang in Gesamtkostenprognosen finden, die sowohl Bestandteil eines umfassenden Risikomanagements sein sollten als auch ein Element der Kostensteuerung darstellen.

Im Zuge der Aufstellung einer Gesamtkostenprognose sind verschiedene Herausforderungen zu bewältigen. Um bei der Gesamtkostenprognose Abweichungen infolge der Entwicklungen der Baupreise zu vermeiden, sind die auf Grundlage von Kostenkennwerten aufgestellten Kostenermittlungen um eine Prognose der Baupreissteigerungen fortzuschreiben. Hinsichtlich der Verwendung von Kostenkennwerten ist ferner entscheidend, auf welcher Basis diese ursprünglich abgeleitet worden sind. Kostenkennwerte resultieren aus abgewickelten, abgerechneten Projekten und enthalten teilweise die Kosten realisierter Risiken. Werden zur Aufstellung von Gesamtkostenprognosen Kostenermittlungen um Risikokosten erweitert, ist folglich eine doppelte Beaufschlagung von Risikokosten möglich. Neben den üblichen Kostenkennwerten und den Kosten für Baupreissteigerungen sind auch prognostizierte Risikokosten, ebenso wie die gegebenenfalls zur Abminderung verwendeten Eintrittswahrscheinlichkeiten, auf Plausibilität zu überprüfen. Dabei müssen insbesondere die projektspezifischen Rahmenbedingungen beachtet werden.

Die Verknüpfungen von Risiko- und Kostenmanagement sind offensichtlich, da im Rahmen eines umfassenden Risikomanagements immer auch die Gesamtkostenentwicklung überwacht werden sollte. Abschließend bleibt anzumerken, dass auch die Auswirkungen auf Termine im Rahmen eines Risikomanagements kontinuierlich zu überwachen sind, da sich Verzögerungen ebenso unmittelbar auf die monetären Projektziele auswirken.

Literatur

- Alexander, A. (2013): Quantitative Erfassung von Risiken und Simulation ihrer Auswirkungen auf den Verlauf eines Bauprojektes. Weimar, Bauhaus-Universität, Dissertation.
- Girmscheid, G. (2016): Projektentwicklung in der Bauwirtschaft – prozessorientiert. Wege zur Win-Win-Situation für Auftraggeber und Auftragnehmer. 5. Aufl. 2016, Springer (VDI-Buch), Berlin, Heidelberg.
- Hoffmann, W. (2017): Risikomanagement. Kurzanleitung Heft 4. 3. neu bearb. Auflage 2017, Springer (DVP Projektmanagement), Berlin, Heidelberg.
- Kaiser Baucontrol Ingenieurgesellschaft mbH (2012): Arbeitsmaterialien zur Risiko-/Chancenbetrachtung im Projekt. Dresden.
- Körtgen, M. (2005): AG gesteuertes Risikomanagement in der Planungsphase des neuen Flughafens Berlin Brandenburg International. In: Spang, K.; Dayyari, A. (Hg.): Konzepte und Entwicklungen beim Risikomanagement komplexer Bauprojekte. 2. Kasseler Projektmanagement Symposium, Kassel, S. 45-56.
- Lang, C.-D. (2008): Kontinuierliche durchgängige Hochrechnung von Kostenhöhe und Kostenfälligkeit im Bauprojektmanagement. Diederichs (Hg.), Auflage März 2008, DVP-Verlag, Berlin.
- Mathoi, T. (2009): Kostenverfolgung im Hochbau. In: Spang, K. (Hg.): Mit Qualitätsmanagement zum Projekterfolg im Bau und Anlagenbau. Kassel: Univ., Fachgebiet Projektmanagement (Schriftenreihe Projektmanagement, 6), S. 10-16.
- Oberndorfer, W. (2007): Preisdatenbanken und Preisprognosen. In: Oberndorfer, W. (Hg.): Organisation und Kostencontrolling von Bauprojekten. Schriftenreihe Bauwirtschaft und Baubetrieb, Band 4. MANZ'sche Verlags- und Universitätsbuchhandlung, Wien.

PMBOK (2017): A guide to the Project Management Body of Knowledge. Newtown Square, Pennsylvania: Project Management Institute, Inc., sechste Ausgabe.

Schwerdtner, P. (2017): Risikomanagement im Bauwesen - eine kritische Bestandsaufnahme.. In: Schwerdtner, P. (Hg.): Risiken in Planung und Ausführung – Identifikation und Lösungsansätze. Institut für Bauwirtschaft und Baubetrieb der Technischen Universität Braunschweig Schriftenreihe, Heft 61, S. 1-21.

Siemon, K. D. (2016): Baukostenplanung und -steuerung. Bei Neu- und Umbauten. 6., überarbeitete und aktualisierte Auflage, Springer Vieweg, Wiesbaden.

Die qualitative Inhaltsanalyse als Bestandteil ingenieurwissenschaftlicher Forschungsansätze

Natalie Simon

Natalie Simon, Fachgebiet Baubetriebswirtschaft, Universität Kassel, Deutschland

Kurzfassung

Dieser Aufsatz befasst sich mit der qualitativen Inhaltsanalyse als praktikable Methode aus ingenieurtechnischer Sicht zur Auswertung von Experteninterviews. Dazu wird zunächst ein kurzer Einblick in das grundlegende Vorgehen zur Durchführung einer qualitativen Inhaltsanalyse gegeben, um die theoretischen Grundlagen anschließend anhand eines tatsächlich durchgeführten Experteninterviews mit baubetriebswirtschaftlichem Bezug zu verdeutlichen. Insgesamt zielt der Beitrag damit darauf ab, den methodischen Werkzeugkasten ingenieurwissenschaftlicher Forscher in eine qualitative Richtung zu erweitern.

Inhalt

1	Einleitung	292
2	Grundlagen zur Auswertung von Experteninterviews.....	292
2.1	Experteninterviews als Leitfadeninterviews	292
2.2	Methode zur Auswertung von Experteninterviews	293
3	Beispiel zur Auswertung einer Experteninterviewserie	294
3.1	Vorstellung des Forschungsvorhabens	294
3.2	Durchführung der qualitativen Inhaltsanalyse innerhalb des Forschungsvorhabens	296
4	Fazit und Ausblick.....	300
	Literatur.....	302

1 Einleitung

Im Rahmen ingenieurwissenschaftlicher Forschungsarbeiten stellen Experteninterviews eine häufig angewendete Methode zur Erhebung qualitativer Informationen dar. Daraus resultierende Veröffentlichungen sind auf Grund des tendenziell eher normativen Charakters der deutschsprachigen ingenieurwissenschaftlichen Forschungstätigkeit (vgl. Simon 2018) meist eher ergebnisorientiert angelegt und fokussieren dabei das methodische Vorgehen zur Auswertung der geführten Interviews nicht.

Aus diesem Anlass bietet der vorliegende Beitrag einen kurzen Exkurs in die empirische Sozialforschung, um eine aus ingenieurtechnischer Sicht praktikable Methode zur qualitativen Auswertung von Experteninterviews vorzustellen und damit die Anwendung qualitativer Forschungsmethoden für ingenieurwissenschaftliche Fragestellungen zu fördern (zur diesbezüglichen Relevanz vgl. Simon 2018). An einem konkreten baubetriebswirtschaftlichen Beispiel wird das vorgestellte Vorgehen schließlich demonstriert.

2 Grundlagen zur Auswertung von Experteninterviews

2.1 Experteninterviews als Leitfadeninterviews

Grundsätzliches Ziel bei der Durchführung von Experteninterviews ist die Gewinnung von Informationen durch die Befragung von Personen, die im Hinblick auf ein vorhandenes Forschungsinteresse als Experte identifiziert werden. Experteninterviews stellen somit eine Methode zur Erzeugung qualitativer Daten dar, die in Textform der späteren Auswertung zu Grunde liegen.

Üblicherweise werden Experteninterviews basierend auf einem Leitfaden durchgeführt (vgl. Helfferich 2019, S. 682), der die Vergleichbarkeit der einzelnen Interviews innerhalb eines Erhebungsprojekts gewährleistet. Der Leitfaden setzt sich aus offen formulierten Fragen zusammen, die möglichst

konkrete und prägnante Antworten ermöglichen, auf die der Befragte jedoch frei antworten kann (vgl. Mayer 2008, S. 37). Durch die Anwendung des Leitfadens erfolgt sowohl eine Strukturierung des Interviewablaufs als auch der späteren Datenauswertung.

2.2 Methode zur Auswertung von Experteninterviews

Zur Auswertung des mit der Interviewdurchführung generierten Textes stehen grundsätzlich verschiedene analytische Methoden zur Verfügung. Die qualitative Inhaltsanalyse stellt dabei das am häufigsten angewendete Verfahren dar. (vgl. Mayring und Fenzl 2019, S. 633)

Charakteristika der qualitativen Inhaltsanalyse sind ein systematisches, streng regelgeleitetes Vorgehen sowie die daraus resultierende intersubjektive Überprüfbarkeit. Zum Vorgehen schildern Mayring und Fenzl (2019, S. 634) zwei grundsätzliche Schritte:

1. interpretative Kategorisierung einzelner Textpassagen nach inhaltsanalytischen Regeln;
2. Prüfung von Mehrfachzuordnungen der Kategorien zu Textpassagen.

Zentrales Instrument der qualitativen Inhaltsanalyse stellt in Anlehnung an Schritt 1 die Gesamtheit aller Kategorien als Kategoriensystem dar (vgl. Mayring und Fenzl 2019, S. 634). Kategorien können sowohl induktiv am Material entwickelt oder auch vorab deduktiv festgelegt werden.

Zur Durchführung der Kategorisierung sind vorab drei Analyseeinheiten bzgl. des zu betrachtenden Textmaterials zu definieren:

- Kodiereinheit: kleinster auszuwertender Materialbestandteil;
- Kontexteinheit: größter in eine Kategorie fallender Textbestandteil;
- Auswertungseinheit: dem Kategoriensystem insgesamt gegenüberstehendes Material. (vgl. Mayring und Fenzl 2019, S. 636)

Ein methodisches Grundprinzip bei der Durchführung qualitativer Inhaltsanalysen ist auf Grund der interpretativen Züge und dem damit einhergehenden Anspruch an ein regelgeleitetes Vorgehen die Wahl eines geeigneten

ten Ablaufmodells. Der Ablauf variiert dabei je nach gewählter Technik, die wiederum hauptsächlich vom Vorgehen zur Kategorienbildung (induktiv/deduktiv) abhängig ist. Im Fall einer induktiven Kategorienbildung am Textmaterial umfasst das Ablaufmodell nach der Festlegung der Analyseeinheiten und vor dem endgültigen Durcharbeiten des Materials die Formulierung von Kategoriendefinitionen, welche die inhaltlichen Aspekte der zu entwickelnden Kategorien festlegen. (vgl. Mayring und Fenzl 2019, S. 640 f.)

Anhand eines konkreten baubetriebswirtschaftlichen Beispiels wird im nachfolgenden Kapitel der Ablauf einer qualitativen Inhaltsanalyse mit induktiver Kategorienbildung verdeutlicht.

3 Beispiel zur Auswertung einer Experteninterviewserie

3.1 Vorstellung des Forschungsvorhabens

Vorhergehende Veröffentlichungen der Autorin zeigen die Relevanz anreizorientierter Vergütungsmodelle für Bauleistungen der nationalen Praxis auf (vgl. Racky und Schröder 2017; Schröder 2017) und stellen einen geeigneten Forschungsansatz vor, der die Etablierung derartiger Modelle innerhalb der deutschsprachigen Baupraxis fördern soll (vgl. Simon 2018).

Dieser Forschungsansatz basiert u. a. auf einer Serie von rund 25 Experteninterviews mit Praxisvertretern der deutschen Bauwirtschaft und zielt auf die Erhebung von Informationen zu folgenden Forschungsfragen ab:

- Wie lautet der Status quo hinsichtlich des Kenntnisstands und der Erfahrungen der befragten Experten mit anreizorientierten Vergütungsmodellen für Bauleistungen?
- Inwiefern besteht Bedarf aus Sicht der Praxis an (vorformulierten) anreizorientierten Vergütungskomponenten?
- Inwiefern besteht diesbezüglicher Forschungsbedarf aus praktischer Sicht?

Abbildung 3.1 stellt das dazu entwickelte Erhebungs- und Auswertungsverfahren dar (vgl. Simon 2018). Dabei wird deutlich, dass qualitative, analytische Methoden rein statistisch orientierten, quantitativen Methoden vorgezogen werden, da mit der Anwendung des Verfahrens normative Aussagen mit einem praktischen Mehrwert generiert werden sollen.

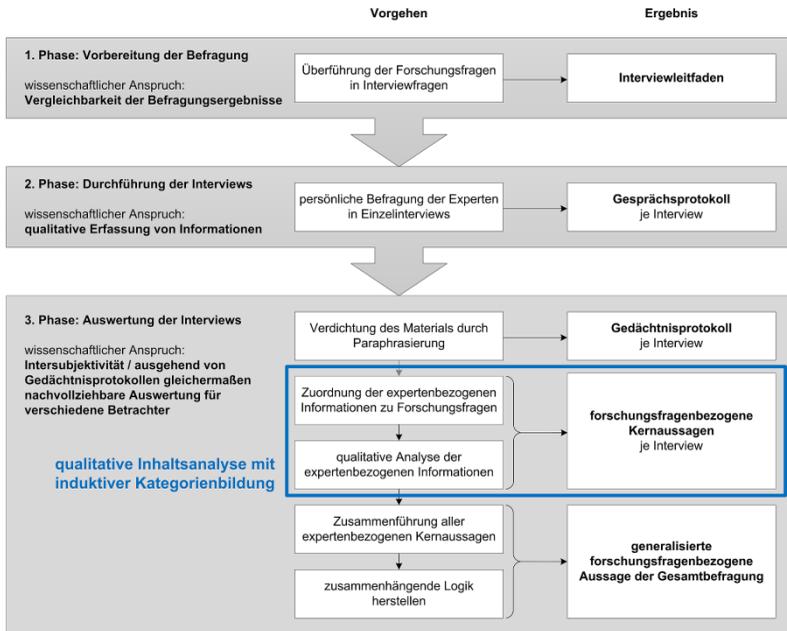


Abbildung 3.1: Erhebungs- und Auswertungsverfahren (Simon 2018, Abbildung 1)

Die qualitative Inhaltsanalyse mit induktiver Kategorienbildung stellt einen Teilbereich des in Abbildung 3.1 dargestellten Verfahrens dar und ist entsprechend gekennzeichnet. Im nachfolgenden Kapitel wird auf die Durchführung der qualitativen Inhaltsanalyse im vorgestellten Forschungsvorhaben näher eingegangen.

3.2 Durchführung der qualitativen Inhaltsanalyse innerhalb des Forschungsvorhabens

Grundlage der qualitativen Inhaltsanalyse im vorgestellten Forschungsvorhaben sind Gedächtnisprotokolle für alle durchgeführten Interviews. Darin erfolgt bereits eine erste Verdichtung des Materials durch die Interviewerin, indem der tatsächliche Wortlaut der Experten in Kombination mit den Inhalten der Gesprächsprotokolle paraphrasiert wird (weiterführend Meuser und Nagel 2009, S. 476).

Die Gedächtnisprotokolle sind gemäß der Struktur des Interviewleitfadens aufgebaut, der vier **Themengebiete** umfasst:

- einleitende Fragestellungen zur Einordnung des befragten Experten;
- Fragestellungen zum Stand der Praxis hinsichtlich anreizorientierter Vergütungsmodelle in der Bauwirtschaft;
- Fragestellungen zum Bedarf der Praxis an (vorformulierten) anreizorientierten Vergütungskomponenten;
- Fragestellungen zum Forschungsbedarf aus Sicht der Praxis zu anreizorientierten Vergütungsmodellen in der Bauwirtschaft.

Aus den beantworteten Fragen innerhalb dieser vier Themengebiete ergeben sich in Anlehnung an die Forschungsfragen aus Kapitel 3.1 insgesamt sechs **Kategoriensysteme** mit folgenden Kategoriendefinitionen:

- A: Erfahrungen der Experten mit klassischen Bauvertragstypen;
- B: Erfahrungen der Experten mit innovativen Ansätzen zur Bauvertragsgestaltung, Bauprojektentwicklung etc.;
- C: Einschätzungen der Experten zu wesentlichen Einflussfaktoren auf den Projekterfolg;
- D: Einschätzungen der Experten zum Thema Bauprozessqualität;
- E: Konkrete Gestaltungsvorschläge für zukünftige (monetäre) Vergütungsmodelle;
- F: Über Kategorien des Kategoriensystems E hinausgehender Forschungsbedarf.

Bezüglich der **Analyseeinheiten** gelten die Gedächtnisprotokolle als Auswertungseinheit und ein vollständiger Antworttext auf eine Fragestellung als Kontexteinheit. Eine einzelne Paraphrase innerhalb eines Antworttextes stellt die Kodiereinheit dar. Die Zuordnung einer Paraphrase zu mehreren Kategorien ist dabei möglich, sofern diese verschiedene inhaltliche Aspekte beinhaltet.

Die **induktive Bildung der Kategorien** erfolgt unter Berücksichtigung der gewählten Analyseeinheiten und Kategoriendefinitionen, indem die Gedächtnisprotokolle sukzessive durchgearbeitet werden. Folgende zwei Beispiele verdeutlichen die induktive Kategorienbildung:

Auf die Frage „*Haben Sie bereits praktische Erfahrungen mit anreizorientierten Vergütungsmodellen gesammelt?*“ liefert ein Gesprächsprotokoll den folgenden paraphrasierten Antworttext eines befragten Experten:

„Ja, mit einem Garantierten-Maximalpreis-Vertrag im Rahmen eines Partneringmodells. Der Einstieg des bauausführenden Unternehmens in dieses Projekt erfolgte bereits während der Planungsphase. Dadurch konnte eine größere Kostensicherheit für alle Beteiligten im Vergleich zu konventionell abgewickelten Projekten erreicht werden.“

Der Antworttext geht damit nicht nur auf den Kern der Fragestellung ein, der auf Informationen zum Kategoriensystem B (Erfahrungen mit innovativen Ansätzen zur Bauvertragsgestaltung, Bauprojektentwicklung etc.) abzielt, sondern gibt gleichzeitig eine Einschätzung des befragten Experten hinsichtlich wesentlicher Einflussfaktoren auf den Projekterfolg (Kategoriensystem C). Tabelle 3.1 zeigt die anhand des Antworttextes entwickelten Kategorien B1, B2 und C1.

Tabelle 3.1: Beispiel 1 zur induktiven Kategorienbildung

Zu kodierende Paraphrase	Induktiv gebildete Kategorie
<i>Ja, mit einem Garantierten-Maximalpreis-Vertrag</i>	B1: Erfahrungen mit GMP-Verträgen
<i>im Rahmen eines Partneringmodells.</i>	B2: Erfahrungen mit Partnering
<i>Der Einstieg des bauausführenden Unternehmens in dieses Projekt erfolgte bereits während der Planungsphase. Dadurch konnte eine größere Kostensicherheit für alle Beteiligten im Vergleich zu konventionell abgewickelten Projekten erreicht werden.</i>	C1: Frühzeitige Beteiligung des Bauausführenden als Projekterfolgswertfaktor

In einem zweiten Beispiel liefert ein anderes Gesprächsprotokoll auf die Frage „Wie beurteilen Sie die Bauprozessqualität bezüglich ihrer Relevanz für den Projekterfolg?“ den folgenden paraphrasierten Antworttext:

„Die Bauprozessqualität ist von elementarer Bedeutung für den Projekterfolg. Die Sicherstellung einer guten Bauprozessqualität liegt im Zuständigkeitsbereich des bauausführenden (Haupt-)Unternehmers und ist aus Sicht des Auftraggebers von einer hohen Transparenz der auftragnehmerseitigen Prozesse abhängig.“

Tabelle 3.3 zeigt, dass dieser Antworttext vollständig dem Kategoriensystem D (Einschätzungen zum Thema Bauprozessqualität) zuzuordnen ist, dabei jedoch drei unterschiedliche Kategorien induziert.

Tabelle 3.2: Beispiel 2 zur induktiven Kategorienbildung

Zu kodierende Paraphrase	Induktiv gebildete Kategorie
<i>Die Bauprozessqualität ist von elementarer Bedeutung für den Projekterfolg.</i>	D1: Relevanz der Bauprozessqualität für den Projekterfolg
<i>Die Sicherstellung einer guten Bauprozessqualität liegt im Zuständigkeitsbereich des bauausführenden (Haupt-)Unternehmers</i>	D2: Zuständigkeit zur Sicherstellung einer gute Bauprozessqualität
<i>und ist aus Sicht des Auftraggebers von einer hohen Transparenz der auftragnehmerseitigen Prozesse abhängig.</i>	D3: Einflussfaktoren auf die Bauprozessqualität

Nach der Kategorisierung aller Paraphrasen in allen Gesprächsprotokollen erfolgt eine **Zusammenfassung inhaltlich ähnlicher Kategorien** und ggf. eine Anpassung der Kategorienbezeichnungen.

Zur Darstellung der Ergebnisse der gesamten Kategorisierung wird eine Matrix gewählt, die für jede entwickelte Kategorie eine Zeile und für jedes ausgewertete Gesprächsprotokoll eine Spalte enthält. Die kodierten Paraphrasen der einzelnen Interviews können (ggf. ergänzt um zusätzliche Angaben zum Sinnzusammenhang) somit nach Kategorien und Experten sortiert werden. Da diese Darstellungsform einen erheblichen Platzbedarf aufweist, wird in Tabelle 3.3 lediglich das gewählte Schema verdeutlicht.

Tabelle 3.3: Schema zur Darstellung der Kategorisierungsergebnisse

	Gesprächsprotokoll mit Experte 1	Gesprächsprotokoll mit Experte 2	...
Kategorie A1	zugeordnete Paraphrase	zugeordnete Paraphrase	...
Kategorie A2	zugeordnete Paraphrase	zugeordnete Paraphrase	...
...

Gemäß dem in Kapitel 2.2 geschilderten Vorgehen, erfolgt nach der interpretativen Kategorisierung aller Textpassagen ein zweiter Schritt, in dem Mehrfachzuordnungen der Kategorien zu Textpassagen zu prüfen sind. Dieser Schritt erfolgt in dem gewählten Vorgehen teilweise durch die Zusammenfassung inhaltlich ähnlicher Kategorien. Denkbar ist in diesem Zusammenhang jedoch auch eine Auszählung der Zuordnungshäufigkeit einzelner Kategorien, um eine quantitative Auswertung durchführen zu können. Darauf wird aus vorgenannten Gründen in dem beschriebenen Verfahren jedoch verzichtet.

Aufbauend auf den Ergebnissen dieser qualitativen Inhaltsanalyse können schließlich die in Abbildung 3.1 dargestellten Interpretationsschritte erfolgen. Dabei werden zunächst forschungsfragenbezogene Kernaussagen der jeweiligen Experten interpretativ entwickelt, die im darauffolgenden Schritt in generalisierte forschungsfragenbezogene Aussagen der Gesamterhebung überführt werden (weiterführend Kaiser 2014, S. 105 ff.).

4 Fazit und Ausblick

In diesem Beitrag wird die qualitative Inhaltsanalyse als Auswertungsmethode für Texte vorgestellt, die aus der Durchführung leitfadengestützter Experteninterviews resultieren. Die dabei im Vordergrund stehende Kategorisierung des Textmaterials wird an zwei konkreten Beispielen aus einem

aktuellen baubetriebswirtschaftlichen Forschungsvorhaben der Autorin exemplarisch demonstriert.

Es wird gezeigt, dass die hauptsächlich innerhalb der empirischen Sozialforschung thematisierte qualitative Inhaltsanalyse auch im Kontext ingenieurwissenschaftlicher Forschungsansätze ein sinnvolles Anwendungsfeld findet.

Insgesamt fokussiert der vorliegende Beitrag einen Teilbereich der Aufgaben, die im Rahmen der Realisierung von Experteninterviews als Erhebungsmethode anfallen. Begonnen bei der zunächst notwendigen Auswahl einer für das Forschungsinteresse geeigneten Erhebungsmethode, stellen im nächsten Schritt die Erarbeitung eines zielführenden Leitfadens und auch die Identifikation und Auswahl zu befragender Experten erfolgskritische Herausforderungen für den Forscher dar. Eine diesbezügliche Erweiterung des eingangs genannten methodischen Werkzeugkastens ingenieurwissenschaftlicher Forscher ist daher für zukünftige Forschungsarbeiten wünschenswert.

Literatur

- Helfferrich, C. (2019): Leitfaden- und Experteninterviews. In: Baur, N. und Blasius, J. (Hrsg.): Handbuch Methoden der empirischen Sozialforschung. Springer Fachmedien, Wiesbaden, S. 669–686.
- Kaiser, R. (2014): Qualitative Experteninterviews. Konzeptionelle Grundlagen und praktische Durchführung. Springer VS (Elemente der Politik), Wiesbaden.
- Mayer, H. O. (2008): Interview und schriftliche Befragung. 4., überarbeitete und erweiterte Auflage. Oldenbourg Wissenschaftsverlag, München [u. a.].
- Mayring, P.; Fenzl, T. (2019): Qualitative Inhaltsanalyse. In: Baur, N. und Blasius, J. (Hrsg.): Handbuch Methoden der empirischen Sozialforschung. Springer Fachmedien, Wiesbaden, S. 633-648.
- Meuser, M.; Nagel, U. (2009): Das Experteninterview - konzeptionelle Grundlagen und methodische Anlage. In: Pickel, S.; Pickel, G.; Lauth, H.-J. und Jahn, D. (Hrsg.): Methoden der vergleichenden Politik- und Sozialwissenschaft. Neue Entwicklungen und Anwendungen. 1. Auflage, VS Verlag für Sozialwissenschaften (Lehrbuch), Wiesbaden, S. 465–479.
- Racky, P.; Schröder, N. (2017): Anreizorientierte Vergütungsmodelle für Bauleistungen - Ergebnisse einer diesbezüglichen empirischen Studie zu Relevanz und Forschungsbedarf. In: Festschrift zum 60. Geburtstag von Univ.-Prof. Dr.-Ing. Christoph Motzko. Schriftenreihe des Instituts für Baubetrieb der Technischen Universität Darmstadt, S. 621 - 635.
- Schröder, N. (2017): Die Relevanz anreizbasierter Vergütungsmodelle für die deutsche Bauwirtschaft - Ergebnisse einer Erhebung zum diesbezüglichen Forschungsbedarf. In: Tagungsband des 28. BBB-Assistententreffens, Fachkongress der wissenschaftlichen Mitarbeiter der Bereiche Bauwirtschaft, Baubetrieb und Bauverfahrenstechnik, 27. bis 29. Juni 2017 an der Technischen Universität Kaiserslautern, Schriftenreihe des Fachgebiets Baubetrieb und Bauwirtschaft I Forschung Band 3, S. 251 - 261.

Simon, N. (2018): Empirisch oder normativ? Eine Betrachtung unterschiedlicher Forschungsansätze in der Baubetriebswirtschaft. In: Tagungsband zum 29. BBB-Assistententreffen, Fachkongress der wissenschaftlichen Mitarbeiter der Bereiche Bauwirtschaft, Baubetrieb und Bauverfahrenstechnik, 06. bis 08. Juni 2018 an der Technischen Universität Braunschweig, herausgegeben von den Lehrstühlen für Bauwirtschaft und Baubetrieb und für Infrastruktur- und Immobilienmanagement der TU Braunschweig, S. 343 - 354.

Wirksamkeit von verhaltensökonomischen Phänomenen in der Bauindustrie

Dominik Waleczko

*Dominik Waleczko, Institut für Technologie und Management im Baubetrieb (TMB),
Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Deutschland*

Kurzfassung

In diesem Beitrag soll die Wirkung von zwei ausgewählten verhaltensökonomischen Phänomenen auf die Bauindustrie genauer untersucht werden. Im Rahmen von zwei empirischen Studien wurden Hypothesen zum Thema Framing und Anchoring genauer überprüft. Zu Beginn des Beitrags wird kurz in die beiden verhaltensökonomischen Phänomene eingeführt, bevor Auszüge der Ergebnisse aus den beiden Studien vorgestellt werden. Die Ergebnisse zeigen, dass die Tendenz zu einer Beeinflussung vorhanden ist. Daher sollte die Wirkung dieser Phänomene bei der Vorbereitung von Entscheidungen berücksichtigt werden.

Inhalt

1 Einführung	306
2 Theoretische Wirkung von Framing und Anchoring	307
2.1 Framing	307
2.2 Anchoring.....	308
3 Verhaltensökonomische Phänomene in der Bauindustrie	308
3.1 Wirkung von Framing in der Bauindustrie.....	308
3.2 Wirkung von Anchoring in der Bauindustrie	314
4 Schlussbetrachtung	316
Literatur.....	318

1 Einführung

Während eines Bauprojekts müssen oft in kürzester Zeit viele unterschiedliche Entscheidungen unter ständiger Beachtung der Interessen verschiedener Akteure getroffen werden. In der präskriptiven Entscheidungstheorie werden Modelle erstellt, die dem Anwender zu einer rationalen Entscheidung verhelfen. Für die präskriptive Entscheidungstheorie wird laut Rommelfanger und Eickemeier (2002, S. 2) der Modellansatz des *homo oeconomicus* vorausgesetzt. Beim *homo oeconomicus* handelt es sich um einen rational handelnden Menschen, der die ihm zur Verfügung stehenden Mittel nutzt, um einen möglichst maximalen Nutzen zu erreichen. Dazu sind vollständige Informationen über den Handlungsraum, Umweltzustände sowie mögliche Konsequenzen erforderlich.

Entscheider, die dem Modellansatz des *homo oeconomicus* folgen, verhalten sich gemäß des Bernoulli Prinzips. Dabei werden Ergebnissen über Nutzenfunktionen reelle Nutzenwerte zugeordnet. Der Entscheider wählt die Alternative mit dem höchsten Erwartungswert aus. Durch hypothetische Entscheidungsprobleme konnte nachgewiesen werden, dass Entscheidungsträger von diesem Prinzip abweichen. Daher wurde von Kahneman und Tversky (1979) die Prospect-Theorie entwickelt, die solche Anomalien berücksichtigt. Damit wurde der Grundstein für die deskriptive Entscheidungstheorie gelegt. Für diese Anomalien werden verhaltensökonomische Phänomene verantwortlich gemacht. Waleczko und Haghsheno (2018) beschreiben fünf dieser Phänomene näher.

Im weiteren Verlauf des Beitrags werden Ergebnisse aus empirischen Untersuchungen vorgestellt, die die Wirksamkeit der Phänomene Framing und Anchoring beurteilen. Im Rahmen von zwei Masterarbeiten wurden dazu zwei schriftliche Umfragen durchgeführt, die ebenfalls beschrieben werden.

2 Theoretische Wirkung von Framing und Anchoring

2.1 Framing

Wie in Kahneman und Tversky (1981) sowie Beck (2014) ausgeführt, handelt es sich bei Framing (Deutungsrahmen) um ein Phänomen, dass inhaltsgleiche aber unterschiedlich formulierte Alternativen einen Einfluss auf die Entscheidungsfindung haben können. Je nach Entscheidungsproblem differenziert Beck (2014) in drei Framingarten:

- Attributives Framing
- Handlungsframing
- Framing bei riskanten Entscheidungen

Attributives Framing kann gemäß Beck (2014, S. 154) dann vorkommen, wenn ein Attribut ausschließlich zwei Ausprägungen annehmen kann, die sich logisch ergänzen. Als Beispiel wird der Fettanteil eines Stück Fleisches angeführt. Dieses kann mit 25 % mager oder 75 % fett beschrieben werden. Beim Handlungsframing wird die Auswirkung einer Handlung entweder positiv oder negativ beschrieben. Hierbei wird nach Beck (2014, S. 155) eine Handlung eher angestrebt, wenn die Auswirkungen des Unterlassens als Verlust dargestellt werden. Bei Framing bei riskanten Entscheidungen wird laut Beck (2014, S. 154) der Umstand beschrieben, dass das Ergebnis einer Alternative als Gewinn oder als Verlust dargestellt werden kann. Die Risikoumkehrung von Gewinn- in den Verlustbereich wird in Laux et al. (2014, S. 168) als Spiegeleffekt bezeichnet. In mehreren empirischen Studien konnte nachgewiesen werden, dass Entscheider tendenziell dazu neigen im Verlustbereich höhere Risiken einzugehen als im Gewinnbereich. Dadurch soll ein Verlust um jeden Preis verhindert werden.

Der Framingeffekt unterscheidet sich von anderen Effekten, wie z. B. dem Besitzumseffekt darin, dass eine dritte Person durch dessen Formulierungen einen direkten Einfluss auf die Entscheidung nehmen kann.

2.2 Anchoring

Slovic und Lichtenstein (1971) erläutern, dass Entscheider dazu neigen, die Attraktivität von Wetten von einem Referenzpunkt aus zu bewerten. Dieses Phänomen wird als Anchoring (Verankerungseffekt) bezeichnet. Dies hat auch einen Einfluss auf die Bewertung von Preisen, Konditionen oder den Wert eines Gegenstandes. Auch bei der Beurteilung von Leistungen und Merkmalen können vergangene Urteilsbewertungen das Ergebnis beeinflussen. Wie von Beck (2014) sowie Gilovich (2008) beschrieben, fokussiert sich der Entscheider auf einen Referenzpunkt, bevor dieser sich dem Ergebnis annähert. Dieses Verhalten konnte über verschiedenste Versuchsaufbauten nachgewiesen werden.

3 Verhaltensökonomische Phänomene in der Bauindustrie

3.1 Wirkung von Framing in der Bauindustrie

Der Wirkungsnachweis erfolgt mithilfe einer dreiteiligen schriftlichen Befragung. Der erste Teil besteht aus einer Titelseite mit Einleitungstext. Der zweite Teil erhebt die Daten zum Nachweis des Framing-Effekts. Der letzte Teil erfasst demografische Daten.

Die Herausforderung bei der Konstruktion bestand darin, möglichst viele potenzielle geeignete Teilnehmer mit zielgerichteten Fragestellungen anzusprechen. Um dies zu erreichen, wurde die Stichprobe auf Personen beschränkt, die in Bauunternehmen und Ingenieurbüros im Bereich der Planung beschäftigt sind. Es wurde die Wirkung aller drei Framingarten untersucht. Hierzu waren mehrere Fragen zu einer Framingart auf drei voneinander getrennten Szenarien verteilt.

Vor der eigentlichen Datenerhebung wurde ein Pretest mit Masterstudenten des KIT durchgeführt. Der Fragebogen wurde in schriftlicher Ausführung von 51 Studierenden ausgefüllt. Die eigentliche Erhebung wurde über www.umfrageonline.com erstellt. Die Szenarien wurden räumlich getrennt

und ein Zurückschalten auf bereits beantwortete Fragen war nicht möglich. Die Studierenden wurden deswegen angewiesen, auf bereits beantwortete Fragen nicht zurückzugreifen. Außerdem wurde die demografische Abfrage durch eine Evaluation ersetzt. Anhand der Ergebnisse wurden einzelne Fragestellungen geringfügig angepasst.

Der Umfragelink wurde via E-Mail an 257 Bauunternehmen und Ingenieurbüros verteilt. Insgesamt wurde der Fragebogen 41 Mal vollständig beantwortet. Daraus ergibt sich eine Rücklaufquote von 16 %. Von den 41 Teilnehmern sind 51 % in Bauunternehmen und 32 % in Ingenieurbüros tätig. Die übrigen 17 % arbeiten u. a. für Totalübernehmer und Bauträger. Die Geschäftsfelder der Probanden sind in Abbildung 3.1 aufgelistet. Die Geschäftsfelder waren bereits angegeben und eine Mehrfachnennung war möglich. Zur Einschätzung der Unternehmensgrößen wurde die Mitarbeiteranzahl abgefragt. In 46 % der Unternehmen sind mehr als 500 Arbeitskräfte und in 27 % weniger als 10 Mitarbeiter tätig.

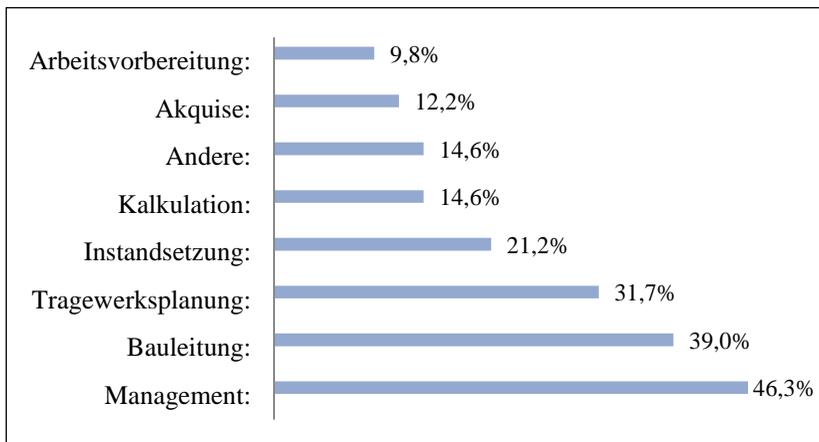


Abbildung 3.1: Geschäftsfelder der Umfrageteilnehmer

Mit den Fragen 4) und 8) wurde eine Hypothese zum Thema Spiegeleffekt überprüft. Die Hypothese lautet, dass sich Planungsentscheider in der

Bauindustrie im Gewinnbereich risikoavers und im Verlustbereich risikofreudig verhalten. Ein Wechsel des Risikoverhaltens wird als irrational angesehen. Frage 4) ist in Szenario 2 eingebettet und behandelt eine Gewinnsituation. Innerhalb von Szenario 2 sind die Befragten in einem laufenden Projekt als Bauüberwacher tätig. Das Projekt ist bereits im Minus und der Befragte hat folgende Aufgabe.

- 4) Sie können einen weiteren Auftrag annehmen, um Verluste auszugleichen. Für welche Alternative entscheiden Sie sich?
- A) Ein Auftrag mit einem sicheren Gewinn von 30.000 €.
 - B) Ein Auftrag mit der Wahrscheinlichkeit von 85 % einen Gewinn von 40.000 € zu erzielen. Mit einer Wahrscheinlichkeit von 15 % wird kein Gewinn erzielt.

Gemäß der Hypothese sollte das Verhalten risikoavers sein und somit A) gewählt werden, obwohl der Erwartungswert von B) mit 34.000 € höher ist. Dies traf auf ca. 56 % der Befragten zu. Um zu überprüfen, ob eine Änderung des Risikoverhaltens auftritt wurde Frage 8) in Szenario 3 eingebunden. Hierbei arbeitet der Befragte in einem neu gegründeten Bauunternehmen und muss erste strategische Entscheidungen treffen.

- 8) Bei einem Ihrer ersten Projekte zeichnet sich ein Verlust ab. Sie haben zwei Strategien für die weitere Bearbeitung des Projekts zur Verfügung. Welche Strategie wählen Sie?
- A) Ein sicherer Verlust von 30.000 € tritt ein.
 - B) Zu 80 % stellt sich ein Verlust von 40.000 € ein. Es besteht eine Wahrscheinlichkeit von 20 %, dass kein Verlust eintritt.

Gemäß der Hypothese verhalten sich die Entscheider hier mehrheitlich risikofreudig weshalb diese B) bevorzugen sollten, obwohl der Erwartungswert bei einem Verlust von 32.000 € liegt. Trotz eines statistisch höheren Verlusts entschieden sich ca. 68 % für B). Insgesamt haben 39 % der Probanden in Frage 4) A) und in Frage 8) B) ausgewählt. Weitere 15 %

haben sich genau umgekehrt entschieden. 46 % haben ihr Risikoverhalten nicht verändert und sich gemäß der Theorie rational entschieden.

Gemäß der Hypothese zum Handlungsframing wird das Handeln von Planungsentscheidern bei Risikoentscheidungen durch die Formulierung des Entscheidungsproblems beeinflusst. Es war schwierig, geeignete Beispiele für den Fragebogen zu entwickeln. In Frage 3) wurden die Folgen des Unterlassens positiv dargestellt.

3) Aus ungeklärten Gründen ist das Erdreich um die Baustelle um wenige Zentimeter abgesunken. Sollten Sie sich dazu entscheiden nicht zu reagieren, können Sie Geld einsparen. Wählen Sie eine Handlungsalternative aus.

A) Der Baugrund sollte dringend untersucht werden.

B) Der Vorfall hat vorerst keinen Einfluss auf den Bauablauf.

92 % der Probanden entschieden sich für A) und somit entgegen der aufgestellten Hypothese. In Frage 9) haben sich 97 % für A) und damit für die Bauwerksbegutachtung und damit die Handlung entschieden.

9) Von einem Ihrer Bauleiter wird Ihnen berichtet, dass ungewöhnliche Risse in einer Betonwand aufgetreten sind. Derzeit ist der Zustand stabil, sollte sich die Rissbildung allerdings fortsetzen sind aufwendige Instandsetzungsmaßnahmen erforderlich, die zusätzliche Kosten verursachen.

A) Eine Bauwerksbegutachtung soll veranlasst werden, um ggf. geeignete Präventivmaßnahmen ergreifen zu können. Dies würde die Folgekosten um 50 % reduzieren.

B) Der Vorfall hat vorerst keinen Einfluss auf das Projekt und soll weiter beobachtet werden.

Zwar verhalten sich fast alle Probanden in Frage 9) wie erwartet, dennoch lässt das Ergebnis aus Frage 3) nur den Rückschluss zu, dass die Hypothese

nicht zutrifft. Das Ergebnis ist kritisch zu hinterfragen. Grundsätzlich muss analysiert werden, ob die Fragen 3) und 9) für einen Nachweis der Hypothese geeignet waren. Bisher wurde Handlungsframing wie in Beck (2014) z. B. durch Beispiele im Versicherungswesen nachgewiesen. Hier spielten Sicherheitsaspekte eine Rolle, was die Probanden dazu verleitet haben könnte sich für die aktive Handlung zu entscheiden.

Ob die Qualität bei einer positiven Darstellung besser bewertet wird als bei einer negativen Gegendarstellung, sollte durch zwei Frageblöcke, die in den Tabellen 3.1 und 3.2 dargestellt sind, überprüft werden. Die Prozentzahlen sind gegensätzlich und die betroffenen Produkte wurden variiert. Um die Ergebnisse nicht zu verfälschen, waren die Intervalle im eigentlichen Fragebogen optisch gleich groß. Hier wurde die Optik an das Format angepasst. Folgende Elemente sind direkt vergleichbar:

- 2.A) und 6.C)
- 2.B) und 6.B)
- 2.C) und 6.A)
- 2.D) und 6.D)

Tabelle 3.1: Frage 2)

Aufgrund eines engen Zeitplans wollen Sie besonders zuverlässige Baumaschinen, Materialien und Verfahren einsetzen. Wie schätzen Sie deren Qualität ein? Markieren Sie die entsprechenden Felder.					
	sehr schlecht (1)	schlecht (2)	weder schlecht noch gut (3)	gut (4)	sehr gut (5)
2.A)					
2.B)					
2.C)					
2.D)					
A) Eine PVC Folie soll als Dichtung eingesetzt werden und ist bei 14 % aller Unwetterwasser durchlässig. B) Sie haben ein Qualitätskontrollsystem, welches 99 % der Baumängel rechtzeitig erfasst. C) Ein Hydraulikbagger, der in 89 % der Arbeitszeit einsatzfähig ist. D) Ein Radlader, welcher in 21 % der Arbeitszeit nicht arbeitsfähig ist.					

Tabelle 3.2: Frage 6)

In der Nachbetrachtung soll das Projekt analysiert werden. Wie schätzen Sie die Qualität der Baumaschinen, Materialien und Verfahren ein? Markieren Sie die entsprechenden Felder.					
	sehr schlecht (1)	schlecht (2)	weder schlecht noch gut (3)	gut (4)	sehr gut (5)
6.A)					
6.B)					
6.C)					
6.D)					
A) Ihr Radlader war zu 11 % der Arbeitszeit nicht einsatzfähig. B) Ihr Qualitätskontrollsystem hat 1 % der Baumängel nicht rechtzeitig erkannt. C) Die eingesetzte Dichtungsbahn war bei 86 % aller Unwetter dicht. D) Ihr Hydraulikbagger war zu 79 % der Arbeitszeit einsatzfähig.					

Abbildung 3.2 zeigt, dass die durchschnittliche Bewertung der Qualität in allen vier Vergleichen bei einer positiven Darstellung leicht höher ist. Beispielsweise müsste im Vergleich zwischen 2.B) und 6.B) die Qualität des Qualitätskontrollsystems gleich bewertet werden. Dies taten 68 % der Probanden. 27 % beurteilten die positiv formulierte Variante besser als die negativ formulierte Variante. Nur 5 % bewerteten die negativ formulierte Variante besser. Bei der Bewertung der Wasserdurchlässigkeit wurden die beiden Varianten i.d.R. gleich bewertet. Lediglich 15 % bewerteten die positiv formulierte Variante besser. Bei der Beurteilung der Baumaschinen war eine Abweichung in beide Richtungen vorhanden. Hier schnitten die positiv formulierten Alternativen ebenfalls besser ab.

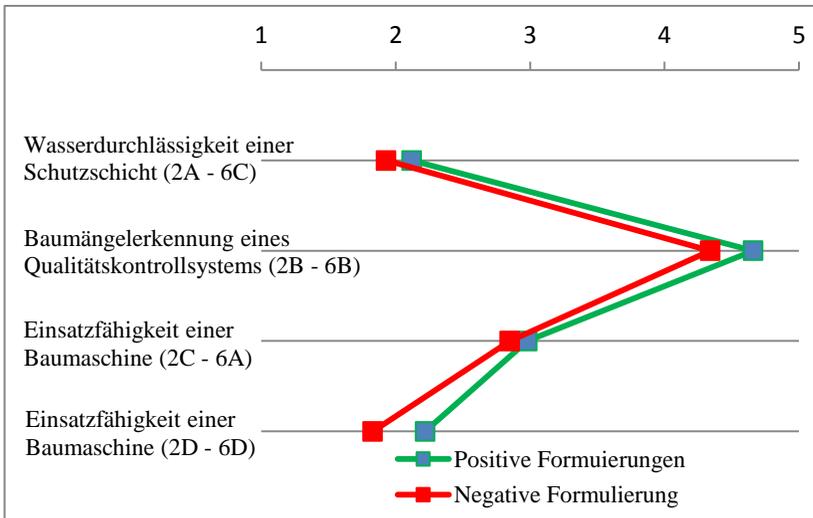


Abbildung 3.2: Einfluss des attributiven Framings auf die Bewertung der Qualität

3.2 Wirkung von Anchoring in der Bauindustrie

Um die Wirkung von Anchoring nachzuweisen, wurde eine zweite Erhebung durchgeführt, die neben Framing auch Anchoring betrachtete. Es wurde überprüft, ob bewusst gesetzte Anker die Bewertung von Kriterien verändert. Es wurden zwei thematisch gleiche Fragebögen mithilfe von *www.umfrageonline.com* erstellt. Die Links zu den Umfragen wurden via E-Mail und über Foren an potenzielle Teilnehmer verteilt. Anhand des Anfangsbuchstabens des Nachnamens wurde ermittelt, welcher Fragebogen auszufüllen ist. Fragebogen A wurde von insgesamt 51 Teilnehmern ausgefüllt. Der Kontrollfragebogen B wurde von 29 Probanden ausgefüllt. Es nahmen hauptsächlich Studierende des Bauingenieurwesens, Mitarbeiter von Bauunternehmen und Mitarbeiter von Ingenieurbüros teil.

In der Frage zum attributiven Framing sollten fünf Kriterien nach ihrer Wichtigkeit beurteilt und in eine Rangfolge gebracht werden. Hierzu wurde das Szenario vorgegeben, dass die Probanden verfahrenstechnische Ent-

scheidungen für den Bau von mehreren Mehrfamilienhäusern treffen müssen. In Fragebogen A wurden die Kriterien möglichst spezifisch und mit einer verbalen Wertung dargestellt. Folgende Kriterien mussten in eine Rangfolge gebracht werden, wobei diese von 1 bis 5 geordnet werden sollten und 5 als am wenigsten wichtig zu werten ist:

- architektonisch aufwendige Optik (Ø 3,84)
- ausgeglichenes Kosten- Nutzen- Verhältnis (Ø 1,75)
- nachhaltiger Materialeinsatz zur Schonung natürlicher Ressourcen (Ø 2,8)
- Sicherheitsvorkehrungen zum Schutz der am Bau Beteiligten (Ø 2,14)
- statisch anspruchsvolle Konstruktion (Ø 4,47)

In der Kontrollgruppe wurde von einer Spezifizierung und einer verbalen Bewertung abgesehen. Hierzu wurde z. B. das Kriterium statisch anspruchsvolle Konstruktion in das Kriterium statische Konstruktion geändert:

- ansprechende Optik (Ø 3,83)
- Wirtschaftlichkeit (Ø 2,45)
- nachhaltiger Einsatz von Materialien (Ø 3,52)
- Sicherheitsvorkehrungen zur Erfüllung der normativen Anforderungen (Ø 2,83)
- statische Konstruktion (Ø 2,38)

In der anschließenden Frage sollte nun ausgehend vom wichtigsten Kriterium die Wichtigkeit der anderen Kriterien prozentual abgeschätzt werden. Den Probanden von Fragebogen A wurde mitgeteilt, dass diese ein Gebäude nach Passivhausstandard zu errichten haben und deshalb das Kriterium nachhaltiger Materialeinsatz als wichtigstes Kriterium festgelegt ist. Zum Verständnis wurde folgendes Beispiel vorgegeben:

Das Kriterium nachhaltiger Materialeinsatz wird zum wichtigsten Kriterium. Ihm wird ein Wert von 100 zugeordnet. Ist Ihnen eine statisch aufwendige Konstruktion nahezu genauso wichtig, dann erhält sie einen Wert von 97.

In Fragebogen B wurde kein wichtigstes Kriterium festgelegt und kein konkretes Projekt angegeben. Hier sollte das wichtigste Kriterium mit 100 bewertet werden, um die Wichtigkeit der anderen Kriterien anhand dieses Richtwertes prozentual zu beurteilen. In Tabelle 3.3 sind die Ergebnisse der beiden Fragebögen einander gegenübergestellt.

Tabelle 3.3: Gegenüberstellung der Ergebnisse aus der Frage zum Thema Anchoring

Fragebogen A	Ø	Fragebogen B	Ø
architektonisch aufwendige Optik	40,59	ansprechende Optik	73,83
ausg. Kosten-Nutzen-Verhältnis	82,20	Wirtschaftlichkeit	87,45
nachhaltiger Materialeinsatz zur Schonung nat. Ressourcen	100	nachhaltiger Einsatz von Materialien	79,41
Sicherheitsvorkehrungen zum Schutz der am Bau Beteiligten	78,37	Sicherheitsvorkehrungen zur Erfüllung der n. Anforderungen	87,31
stat. anspruchsvolle Konstruktion	36,53	statische Konstruktion	89,28

Es ist erkennbar, dass die Probanden in Fragebogen A eine klarere Trennung der einzelnen Kriterien vorgenommen haben. In Fragebogen B war es nicht selten, dass alle Kriterien im Bereich zwischen 80 und 100 Punkten angeordnet oder mehrere Kriterien die gleiche Wertung erhielten. Die Ergebnisse zeigen, dass ein gezielt gesetzter Anker sowie eine spezifischere Aufgabenstellung dabei helfen, eine klarere Abstufung zwischen einzelnen Kriterien vorzunehmen. Damit wird die Vorgabe von Suhr (1999), Entscheidungen nur auf Basis von möglichst spezifischen Informationen zu treffen, bestätigt.

4 Schlussbetrachtung

Durch die beiden empirischen Studien konnte gezeigt werden, dass in der Bauindustrie eine Wirkung von verhaltensökonomischen Phänomenen tendenziell vorhanden ist. Die Hypothesen zum Thema Framing konnten teilweise bestätigt werden. Vor allem zum Thema Spiegeleffekt und attributivem Framing ist eine Tendenz hin zu einer Beeinflussung der Ergebnisse

zu erkennen. Daraus lässt sich ableiten, dass bei der Vorbereitung von Entscheidungen gezielt auf die Formulierung von Alternativen und Kriterien geachtet werden muss. Auch im Bezug auf das Thema Anchoring konnte eine Beeinflussung der Ergebnisse festgestellt werden. Daher ist bei der Vorbereitung einer Entscheidung auch auf die Spezifikation und eine mögliche Verankerung der verwendeten Informationen zu achten.

In Zukunft sollte untersucht werden, wie stark die Ausprägung dieser Wirkungen auf Realentscheidungen ist. Außerdem wäre eine Untersuchung der Wirkung von anderen verhaltensökonomischen Phänomenen auf die Bauindustrie interessant.

Literatur

- Beck, H. (2014): Behavioral Economics: Eine Einführung. Springer Gabler, Wiesbaden.
- Gilovich, T. (2008): Heuristics and biases: The psychology of intuitive judgment. 7. Auflage, Cambridge Univ. Press, Cambridge.
- Kahneman, D.; Tversky, A. (1979): Prospect Theory: An Analysis of Decision under Risk. In: *Econometrica*, Vol. 47, No. 2, S. 263–292.
- Kahneman, D.; Tversky, A. (1981): The Framing of Decisions and the Psychology of Choice. In: *Science, New Series*, Vol. 211, No. 4481, S. 453–458.
- Laux, H.; Gillenkirch, R.M.; Schenk-Mathes, H.Y. (2014): Entscheidungstheorie. 9. vollst. überarb. Aufl., Springer Gabler, Berlin.
- Rommelfanger, H.J.; Eickemeier, S.H. (2002): Entscheidungstheorie: Klassische Konzepte und Fuzzy-Erweiterungen. Springer, Berlin, Heidelberg.
- Slovic, P; Lichtenstein, S. (1971): Comparison of Bayesian and regression approaches to the study of of information processing in judgment. In: *Organizational behavior and human performance*, Vol. 6, S. 649–744.
- Suhr, J. (1999): The choosing by advantages: Decisionmaking system. Quorum Books, Westport.
- Waleczko, D; Haghsheno, S. (2018): Einflussfaktoren auf die Gestaltung von Entscheidungsunterstützungssystemen für die Bauwirtschaft. In: 29. BBB-Assistententreffen: Fachkongress der wissenschaftlichen Mitarbeiter der Bereiche Baubetrieb, Bauwirtschaft und Bauverfahrenstechnik, S. 367-376.

Ein Modell zur automatisierten Datenerfassung und Abbildung der Leistung im Infrastrukturbau

Tino Walther

*Tino Walther, Professur Baubetrieb und Bauverfahren, Bauhaus-Universität Weimar,
Deutschland*

Kurzfassung

In Zeiten der Digitalisierung und Dynamisierung von Arbeitsplätzen ist Building Information Modeling (BIM) in der Baubranche aufgrund des Potenzials einer konsistenten Datenverfolgung und -nutzung unverzichtbar.

Aufgrund spezifischer internen Anforderungen der Unternehmen erfordert die Anwendung der objektorientierten Planung und Verarbeitung mit BIM einen erheblichen Anpassungsaufwand. Die Abbildung der Ist-Daten für ein erfolgreiches Projektcontrolling auf herkömmliche Weise ist die Achillesferse erfolgreicher Projektsteuerung.

Dieses Dokument präsentiert verschiedene Daten, welche in einer komplexen Infrastrukturbauaufgabe erfasst werden sollen. Wie diese durch digitale Innovationen, schnell und präzise erfasst werden können und subjektive Fehlinterpretationen vermieden werden, was zur Risikominimierung des Projekts beiträgt.

Untersucht wurden insbesondere die Prozesse des Straßenbaus und der Erdarbeiten sowie die daraus resultierenden Anforderungen.

Inhalt

1	Einleitung	322
2	Hintergrund – Projektcontrolling als Erfolgskriterium	322
3	Die Basis der Leistungserfassung	323
3.1	Zu erfassende Daten für die Leistungsbetrachtung	323
3.2	Instrumente zur Datenerfassung	327
4	Modell zur automatisierten Datenerfassung	330
4.1	Konzept zur Darstellung des Bau-Ist Zustandes	330
4.2	Erfassungskonzept für den Straßen- und Tiefbau	332
5	Diskussion	335
6	Schlussfolgerung und zukünftige Arbeit	336
	Literatur.....	338

1 Einleitung

Bauunternehmen zeichnen sich in der Regel durch das Herstellen von Bauwerken mit Unikatcharakter aus. Wie jedes Unternehmen, sollte dies nicht nur wirtschaftlich geführt, sondern jederzeit auch Liquidität sichergestellt werden. Um dies zu gewährleisten bedarf es einer ausführlichen Leistungsüberwachung im Rahmen des Projektcontrollings. Hierbei stehen in enger Beziehung die Faktoren, Leistung, Termine und Kosten. Für eine Abgrenzung jeder einzelnen Baumaßnahme des Unternehmens, wird in einem regelmäßigen Turnus, meist monatlich, eine Leistungserfassung zum Stichtag sowie zum Bauende erstellt. Diese Leistungserfassung spiegelt in der Regel die wirtschaftliche Betrachtung der Baustelle und ihrem monetären Ergebnis wieder. In der Praxis gestaltet sich die Leistungserfassung jedoch meist schwierig. Gründe dessen sind, die Größe, die Komplexität von Baumaßnahmen, deren spezifischen Anforderungen an Material, Personal sowie ortsabhängige Belange.

2 Hintergrund – Projektcontrolling als Erfolgskriterium

Die Erfassung der Leistung und Ist-Daten obliegt in der Regel den Projekt- und Bauleitern durch manuelles niederschreiben, oder der manuellen Eingabe in einem computerbasierten System. Um eine Projektsteuerung erfolgreich gestalten zu können bedarf es einer frühzeitigen Erkennung möglicher Fehlentwicklung der Baumaßnahme um diesen eventuell, rechtzeitig entgegen zu wirken (Abbildung 2.1).

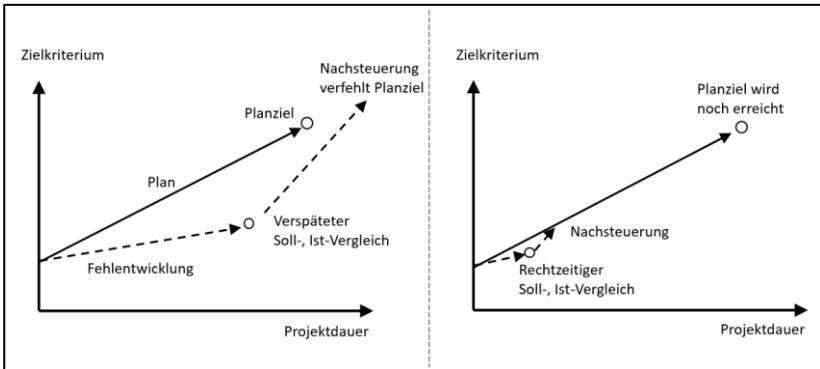


Abbildung 2.1: Auswirkungen von Controllingmaßnahmen (Berner et al. 2015, S. 60)

BIM ist in der Bauindustrie aufgrund einer durchgängigen Datenverfolgung und -nutzung unabdingbar. Basierend auf diesen Datenmodellen lassen sich verschiedene Unterstützungsprozesse abbilden. In den letzten Jahren sind durch diverse Forschungsberichte und Arbeitsgruppen viele Anwendungsbereiche des BIM erarbeitet, hinterfragt und verbessert worden. Mit zunehmendem Einsatz der BIM-Methode und der fortschreitenden Digitalisierung des Bauwesens, kann der Prozess der Leistungserfassung sowie Leistungsbewertung neu und messbarer als zuvor generiert werden.

Die nachfolgenden Kapitel präsentieren eine Aufbereitung der Prozesse komplexer Straßen- und Tiefbaumaßnahmen sowie der Zuweisung des automatisierten Datenerfassungssystems. Auf Grundlagen dessen basiert die Konzepterarbeitung zur Abbildung des tatsächlichen Ist-Zustandes eines Infrastrukturbauvorhabens.

3 Die Basis der Leistungserfassung

3.1 Zu erfassende Daten für die Leistungsbetrachtung

Die Grundlage zum Abbild eines Leistungsstandes einer Baustelle sind Soll-, Ist-Vergleiche. Soll-, Ist-Vergleichsrechnungen werden als zwingende

Voraussetzung für die Steuerung von Bauprojekten bezeichnet und basieren auf folgenden Zielgrößen:

- Mengen
- Kosten und Ergebnis, ausgedrückt in monetären Werten
- Termine und Dauern
- Zusätzliche Werte z.B. Qualitäten

Die Abbildung 3.1 spiegelt den Basisablauf eines Soll-, Ist-Vergleiches wieder. Auf Grundlage dessen wird ermittelt, ob zwischen geplanten und tatsächlich vorhandenen Werten, Abweichungen der betrachteten Größen auftreten. Folgend, können bei auftretenden Abweichungen, Analysen durchgeführt werden. Darauf aufbauend lassen sich Maßnahmen zur Steuerung respektive Verbesserung der Prozesse ableiten. Mit der integralen Verknüpfung zwischen Zahlenwerten und deren Zeitbezügen, lassen sich Prognosen über die künftige Entwicklung der betrachteten Größen erstellen. (Motzko et al. 2013, S. 17)

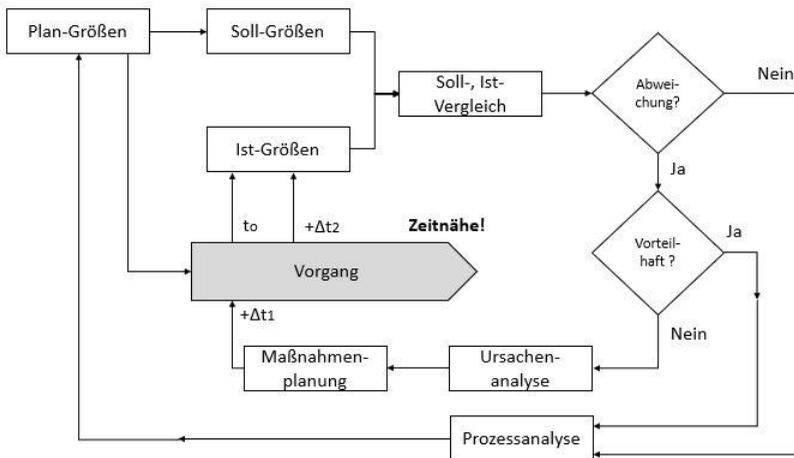


Abbildung 3.1: Ablauf zur Bauprozesssteuerung (Pflug 2008, S. 20)

Soll-, Ist-Vergleichsrechnungen werden in regelmäßigen periodischen Abständen durchgeführt um sicher zu stellen, dass vorgegebene Soll-Werte erfüllt werden.

Betrachtet man die Soll-Werte einer Baumaßnahme, aus monetärer Sicht, liegen dieser, Angebots- und darauf aufbauenden Arbeitskalkulation, zu Grunde. Einzelkosten der Teilleistungen (EKT) sind dessen Ursprung und bilden mit den Gemeinkosten der Baustelle, als Herstellkosten, die zu betrachtenden Werte. Zur Ausführung und Herstellung eines Produktes bedarf es unterschiedlichen Teilleistungen, welche in diverse Kostenarten nach Kosten-, Leistungs- und Ergebnisrechnung der Bauunternehmen (KLR-Bau) unterschieden werden.

- Lohn- und Gehaltskosten für Arbeiter und Poliere
- Kosten der Baustoffe und Fertigungsstoffe
- Kosten der Rüst-, Schal- und Verbaustoffe einschl. der Hilfsstoffe
- Kosten der Geräte und Betriebsstoffe
- Kosten der Geschäfts-, Betriebs- und Baustellenausstattung
- Allgemeine Kosten
- Fremdarbeitskosten
- Kosten der Nachunternehmerleistungen

(Hauptverband der Deutschen Bauindustrie e.V. 2016, S. 28)

Kostenarten sind für die einzelnen Teilleistungen und Bauprozesse zu erfassen. In Korrelation sind für die zu Grunde liegenden Teilleistungen und Bauprozesse, aufgebrauchte Zeiten sowie das hergestellte Produkt zu betrachten.

Ziel der Soll-, Ist-Vergleiche ist die Aufdeckung systematischer Schwachstellen und die Erschließung von Optimierungspotentialen. Messungen der Zielerreichung sind nur von Nutzen, wenn sie früh genug erfolgen, um proaktiv in den Prozess eingreifen zu können. (Girmscheid und Motzko 2007, S. 46) Je länger die Zykluszeit des Informationsflusses ist, desto wahrscheinlicher wird eine Divergenz zwischen Planung und Realität.

Aufgrund der hohen inhärenten Variabilität der Erd-, Straßen- und Tiefbauprozesse ist eine kurze Zykluszeit des Informationsaustauschs erforderlich. (Kirchbach et al. 2012, S. 1163)

Die Messung von Zielereichungsgraden auf Basis der erfassten Ereignisse, spiegelt das Vorgehen der ereignisbasierten Bauprozesssteuerung wieder (Abbildung 3.2).

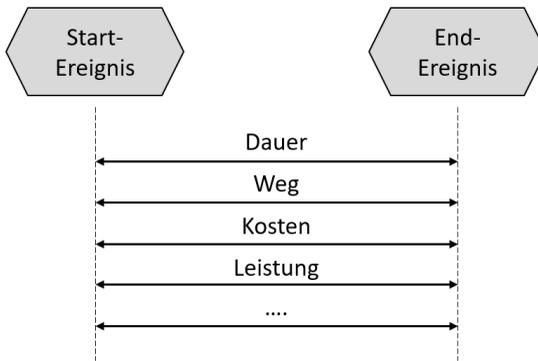


Abbildung 3.2: Messung von Zielereichungsgraden auf Basis von Ereignissen (Motzko et al. 2013, S. 24)

Es werden in Relation zu den Prozessstrukturen die für die Steuerung relevanten Ist-, und Soll-Größen bzw. die Abweichung dargestellt. Bei der ereignisbasierten Bauprozessidentifikation konzentrieren sich die Anwendungsfelder somit auf Echtzeit- bzw. zeitnahe Steuerung von Bauprozessen. Die zu gewährleisten, bedarf eine operative Steuerung und beruht auf automatisiert erfassten Daten. (Motzko et al. 2013, S. 24)

Ein Überblick zu anwendbareren Technologien der automatisierten Datenerfassung im Straßen- und Tiefbau zeigen die folgenden Kapitel.

3.2 Instrumente zur Datenerfassung

Mit fortschreitenden technischen Anwendungen sind vielseitige Möglichkeiten, zum automatisierten Erfassen von Daten gegeben. Entsprechende Instrumente zur Datenerfassung reduzieren Verschwendungen bei informationsverarbeitenden Prozessen in erheblichen Umfang. So kann die Kommunikation, Analyse und Speicherung der Daten vereinfacht und beschleunigt werden. Das Controlling von Baumaßnahmen mit innovativen Methoden gewinnt durch schnelle Datenverarbeitung immer mehr an Bedeutung. In den letzten Jahren wurden diverse Herangehensweisen zur Abbildung des Ist-Zustandes einer Baumaßnahme untersucht. Die Mehrzahl dieser Forschungsthemen haben die Entwicklung eines einzelnen Erfassungssystems in den Mittelpunkt der Forschung gestellt. Aufgrund einer Vielzahl diverser Prozesse während der Abwicklung einer Baumaßnahme ist eine Kombination mehrerer, für die Baumaßnahme geeigneter, Erfassungsmethoden anzustreben.

Eine umfangreiche Untersuchung möglicher Erfassungssysteme zum Abbild eines Bauzustands zeigt Abbildung 3.3.

Technologien zur automatisierten Datenerfassung im Infrastrukturbau					
Identifikation				Ortung	
Objekt ID		Bauteilgeometrie		Koordination / Position	
Barcode (1) QR-Code (2)	RFID (3)	Laserscan (4)	Photogrammetrie (5)	Lokale Ortungs- systeme (6)	Globale Ortungs- systeme (7)

Abbildung 3.3: Erfassungssysteme zur automatisierten Abbildung des Bauzustands

Die Abbildung 3.3 unterteilt und strukturiert mögliche Erfassungssysteme nach Art der Information, welche durch Objekt-ID, Bauteilgeometrie und Koordination bzw. Position beschrieben werden kann sowie nach Identifikation und Ortung in Anlehnung an Binder. (Binder 2014, S. 61)

Die Widergabe über Objekt-ID lässt sich den Auto-Ident-Verfahren zuordnen und ist in die Kategorien Barcode (1), QR-Code (2) sowie RFID (3) unterteilt. Die nachfolgende Tabelle 3.1 zeigt unter Angabe der Kategorien, themenrelevante Forschungsschriften. Die Erfassung nach Bauteilgeometrie und Beschreibung des Baufortschrittes aus der Aufnahme der Bauteilgeometrie wird durch die Kategorien Laserscan (4), Photogrammetrie (5) und den aufgeführten Forschungsschriften wissenschaftlich belegt. In den Kategorien (7) und (8) ist der Baufortschritt und die Erfassung des Ist-Zustandes mit Systemen zur Erkennung der Position und Koordination abzubilden. Augenmerk liegt auf der Untersuchung der Position der Resource und welche Informationen zur Erfassung des Bauprozesses notwendig sind. Diese dienen als Indikator zur Feststellung des Baufortschrittes.

Tabelle 3.1: Überblick zu themenrelevanten Forschungsschriften

Nr.	Bezeichnung	Jahr	Autoren	Forschungsschwerpunkt
1 (1, 2)	Unsynchronized 4D Barcodes. Coding and Decoding Time-Multiplexed 2D Colorcodes	2013	Langlotz, T. Bimber, O.	Maximierung des Datensatzes durch Barcode-Erkennung
2 (1, 2)	Managing construction logistics	2010	Sullivan, G. Barthorpe, S. Robbins, S.	Untersuchung zu Vorteilen des Bar-Codes in der Logistik beim Bau des Terminal 5 am Airport Heathrow
3 (1, 2)	Bar Coding In Construction Engineering	1990	Rasdorf, W. J. Herbert; M. J.	Entwicklung eines integrierten Softwaresystems zur Steuerung des Informationsflusses auf der Baustelle
4 (3)	Controlling und RFID - konzeptionelle Grundlagen	2013	Beyer, H.	Einsatz drahtloser Funkchips im Rahmen der Managementunterstützung
5 (3)	Entwicklung eines RFID-basierten Informations- und Kommunikationssystems für die Baulogistik	2011	Klaubert, C.	RFID-basierte Konzepte für unterschiedlichste Baubetriebsmittel, Informationen über den Baufortschritt und den Zustand von Materialien
6 (3)	RFID-Baulogistikleitstand	2011	Helmus, M. Kelm, A. Laußat, L. Meins-Becker, A.	RFID-unterstütztes Steuerungs- und Dokumentationssystem für die erweiterte Baulogistik
7 (4)	Automated progress control using laser scanning technology	2013	Zhang, C. Arditi, D.	Konzept zur automatisierten Baufortschrittskontrolle anhand Laserscantechnologie
8 (4)	Automated progress tracking using 4D schedule and 3D sensing technologies	2012	Turkan, Y. Bosche, F. Haas, C. T. Haas, R.	Laserscanning zur 3D-Objekterkennung in Korrelation des Bauablaufes zur 4D-Fortschrittskontrolle
9 (4)	Laserscanning als Mittel zur großflächigen Aufnahme von Infrastrukturbaumaßnahmen	2011	Geiß, M.	Laserscan zur Dokumentation des Baufortschrittes mit Hilfe einer Totalstation
10 (5)	Interior construction state recognition with 4D BIM registered image sequences	2018	Kropp, C. Koch, C. König, M.	Fortschrittsüberwachung anhand von Videodaten basierend auf einem 4D-Modell unter Verwendung von Computer-Vision-Algorithmen
11 (5)	Von der Bauwerksbefliegung mit UAS zu hochauflösenden Geometriemodellen	2017	Hallermann, N. Morgenhai, G. Kersten, J. Rodehorst, V.	automatisiertes Deformationsmonitoring auf Basis hochauflösender Luftbilddaten und daraus rekonstruierter 3D-Geometrien
12 (5)	A concept for automated construction progress monitoring using BIM-based geometric constraints and photogrammetric point clouds	2015	Braun, A. Tuttas, S. Bornmann, A. Stilla, U.	photogrammetrische Früherkennung des IST-Zustandes einer Baustelle im Vergleich zum Zielwert des 4D-Modells
13 (5)	Mobile 3D mapping for surveying earthwork projects using an Unmanned Aerial Vehicle (UAV) system	2014	Siebert, S. Teizer, J.	Unbemannte Luftfahrzeuge (UAV) als Datenerfassungsplattform und Messinstrument für vermessungsanwendungen im Tiefbau
14 (6, 7)	Indoor Location Technologies	2013	Goswami, S.	Überblick diverser Ortungsmöglichkeiten für Standortbestimmungen
15 (6, 7)	Polysensorale Bauprozessidentifikation durch kognitive Systeme	2012	Mehr, O.	polysensorale Datenerhebung zur Abbildung des Bauprozesses
16 (6, 7)	Real time locating system for construction site Management	2006	Sadeghpour F.	automatisierte Tracking-Techniken für Echtzeitinformationen zum Objektstatus und zu Materiallieferdaten zur Steigerung der Betriebseffizienz

Durch den hohen Grad an Arbeitsteilung in der Bauabwicklung werden Daten einer Vielzahl von Beteiligten mit unterschiedlichen Formaten innerhalb einer heterogenen, dynamischen Systemlandschaft ausgetauscht. Diverse Untersuchungen zeigen, dass eine Erhebung für die Steuerung relevanter Informationen innerhalb bauspezifischer Prozesse und deren Abbildung, sehr komplex sind und speziell abgestimmter Instrumente bedarf. (Forbes und Ahmed 2011, S. 89; Soibelman und Kim 2002, S. 39)

Neben den in Abbildung 3.3 genannten Technologien zur automatisierten Datenerfassung sind weitere Systeme zu integrieren um ein vollständiges Abbild einer Baumaßnahme zu erreichen. Es ist auf diverse bestehende Datenquellen (Abbildung 3.4) zurückzugreifen.

Bestehende Datenquellen				
Maschinen-/ Sensordaten (8)	Lieferantendaten (9)	ERP – Systeme (10)	Dokumente -OCR (11)	BIM (12)

Abbildung 3.4: Bestehende Datenquellen zur automatisierten Abbildung des Bauzustands

Durch eine digitale und automatisierte Datenerfassung können große Datenmengen zur Gesamtheit eine Baumaßnahme erfolgen. Um diese Datenquellen umfassend abbilden und nutzen zu können, müssen die entsprechenden Daten durch eine Informationsfusion zueinander in Beziehung gesetzt werden. (Mehr 2012, S. 26)

Aus diesen Beziehungen und den notwendigen Informationen lassen sich diverse Zustände ableiten und darstellen.

4 Modell zur automatisierten Datenerfassung

4.1 Konzept zur Darstellung des Bau-Ist Zustandes

Das Kapitel 3.1 zeigt, dass für eine effektive Steuerung von Bauprojekten eine regelmäßige periodische Analyse von Soll-, Ist-Vergleichen notwendig

ist. Die Grundlage aller Untersuchungen für die Abbildung des Ist-Standes einer Baustelle ist ein Soll-Modell welches in Korrelation, Information zur Geometrie, zeitlicher Herstellung sowie Kostenintegration für ein einzelnes Objekt beinhaltet. Kessoudis (2018, S. 555 ff.), bezeichnet dies als 5D-Bauwerksmodell.

Zur Anwendung eines 5D-Modells im Sinne eines Soll-, Ist-Vergleiches muss dies alle Objekte in Ausführungsqualität enthalten. Des Weiteren sind alle Objekte, unter Berücksichtigung der Ressourcen, in Korrelation des realen Bauablaufplanes darzustellen. Daraufhin ist eine vollständige Kalkulation der Objekte zu Grunde zu legen. Diese beinhaltet alle EKT's für jedes Objekt und sollte nach Kostenarten der KLR-Bau strukturiert sein. Wurden all diese Eigenschaften berücksichtigt und stehen in Korrelation, kann von einem digitalen Zwilling, einem realen Soll-Modell vor Beginn der tatsächlichen Bauphase ausgegangen werden. Sind diese Grundlagen geschaffen, kann eine reale objektive Aussage zur Baumaßnahme getroffen werden. Die nachfolgende Abbildung verdeutlicht dieses Grundprinzip.

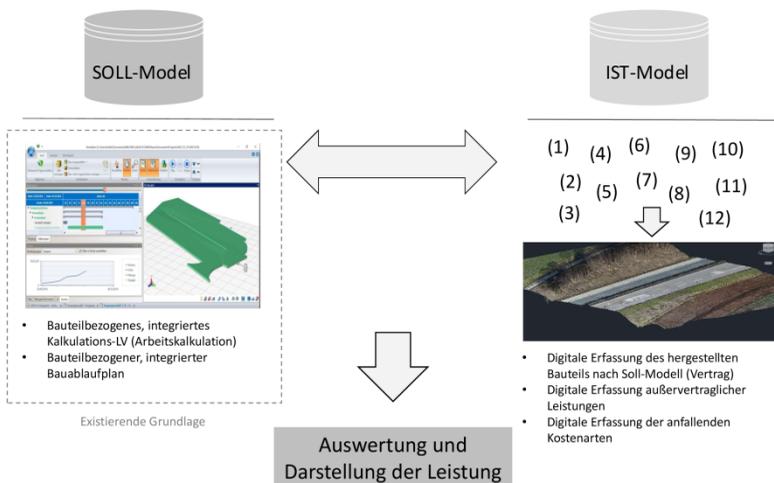


Abbildung 4.1: Prinzip des modellbasierten Soll-, Ist-Vergleiches

4.2 Erfassungskonzept für den Straßen- und Tiefbau

Der Straßen- und Tiefbau zeichnet sich durch eine durchdachte Konstruktion und geeigneten Baustoffen aus. Typische Merkmale dieser Bauwerke sind die Lage im Gelände, die horizontale Ausdehnung, Unsicherheiten hinsichtlich Baugrund und ständige Wetterabhängigkeiten. Nach Velske, bestehen diese Bauwerke aus dem Erdkörper und dem Straßenoberbau. Als Planum bezeichnet man die Trennfläche dieser Schichten und ist definiert als Oberfläche des Untergrundes. Der Aufbau eines Straßenkörpers besteht aus mehreren Schichten. Abbildung 4.2 zeigt den maximal möglichen Aufbau aller denkbaren Schichten. (Velske et al. 2009, S. 1)

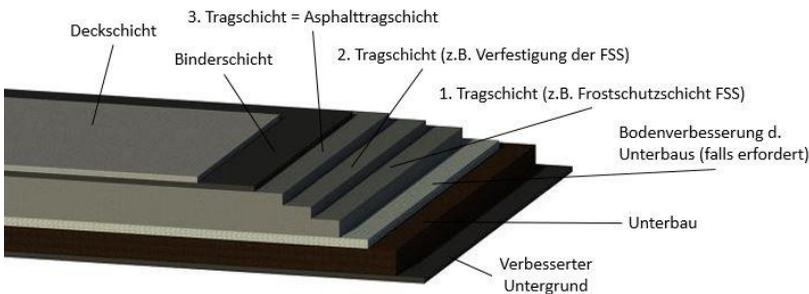


Abbildung 4.2: Schichtenaufbau eines Straßenkörpers (Velske et al. 2009, S. 1)

Die Zählung und horizontale Ausdehnung der einzelnen Schichten entspricht dem Baufortschritt. Die Mehrzahl von Forschungsarbeiten legt ihren Untersuchungen eine Erkennung des Bauteils und Erfassung geometrischer Daten zugrunde. Entgegen dessen stehen für die vorliegende Arbeit die fortwährende Untersuchung und das Konzept eines Vergleiches einzelner georeferenzierter Punkte der Punktwolke mit dem bestehenden georeferenzierten Soll-Modell. Überlegungen implizieren hierbei die traditionelle Kollisionsprüfung von Bauteilen. Führt man diese mit einem Bauteil und einer georeferenzierten Punktwolke durch lässt sich ein genaues Abbild zum geometrischen Baufortschritt prognostizieren. Über diese Darstellung

erhält man Rückschluss auf Bauteil und aller zugehörigen Informationen. Anhand des erkennbaren Baufortschrittes durch direkten Vergleich des geometrischen Soll-Modells lässt sich in Korrelation der anfallenden Kosten und zeitliche Abhängigkeiten eine Aussage zur tatsächlichen Leistungserbringung geben. Bereits Ailland (2013, S. 16) gab wieder, dass nicht allein durch die geometrische Erfassung der Baumaßnahme auf alle relevanten Ereignisse rückgeschlossen werden kann. Ebenso beschreibt Binder (2014, S. 160) das für die Abbildung von Kosten, Leistung und Abweichungsursachen einer Baumaßnahme noch längerfristig erheblicher Forschungsbedarf besteht.

Für die Darstellung eines Ist-Abbildes einer Infrastrukturmaßnahme bedarf es einer genauen Analyse der stattfindenden Prozesse und deren Möglichkeit einer automatisierten Ist-Aufnahme. Einen Überblick möglicher Systeme und Anwendungen für die Ist-Darstellung gibt Abbildung 4.3. In dieser ist die Nummerierung aus den Abbildungen 3.3 und 3.4, welche die jeweilige Kategorie wiedergibt, aufgegriffen. Diese ist den jeweils zu erfassenden Daten und Prozessen zur Abbildung eines Ist-Modells zugewiesen.

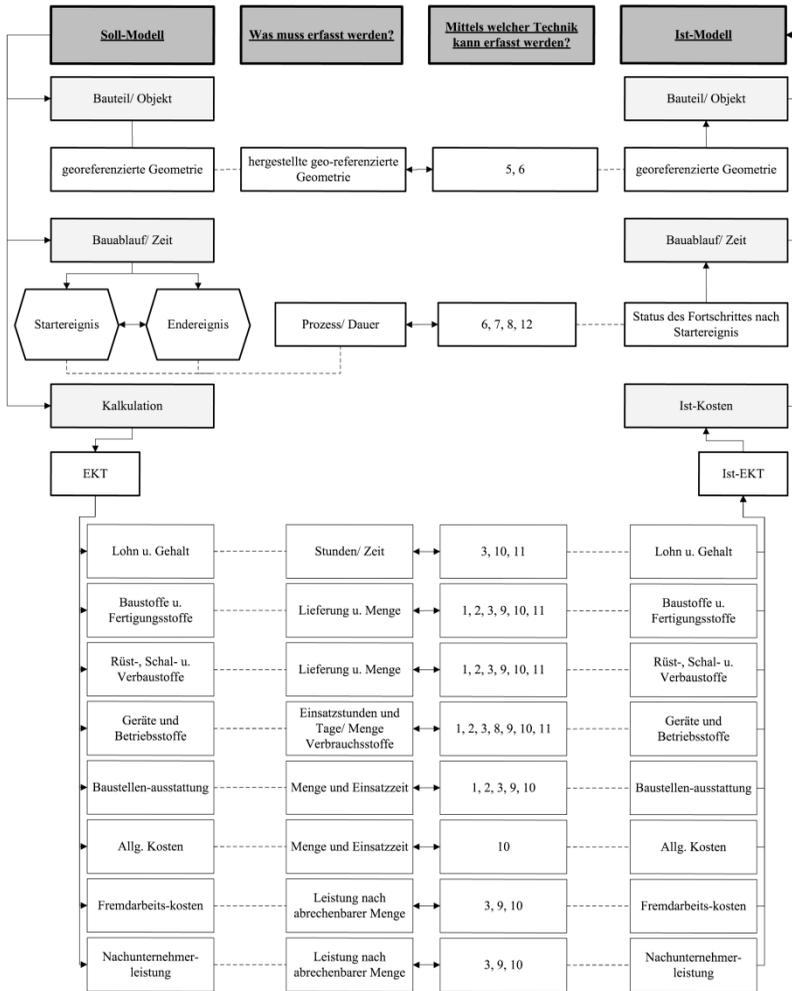


Abbildung 4.3: Zuordnung des möglichen Erfassungssystems der zu erfassenden Daten

5 Diskussion

Für eine automatisierte Abbildung des Leistungsstandes eine Baustelle bedarf es einer Reihe an Informationen, welche basierend auf dem tatsächlichen Prozess und einsetzbaren System abgebildet werden müssen. Die Basis bildet das Soll-Modell. Die Herausforderung ist die automatisierte Abbildung des Ist-Modells. So besteht vor allem im Infrastrukturbau die Möglichkeit, durch Sensorik und Maschinendaten, gewisse Prozesse zu erfassen und abzubilden. Ein weiterer Forschungsansatz diesbezüglich ist die Einbindung von Qualitäts- und Prüfprozessen. Der dynamische Plattendruckversuch nach DIN 18134 im Straßen- und Tiefbau kann als Beispiel herangezogen werden. (DIN 18134:2012-04) Vorteil des dynamischen Plattendruckversuchs ist die schichtweise Kontrolle jeder Einbaulage. Es kann somit von Beginn an eine gleichbleibende Qualität sichergestellt werden. Durch Digitalisierung dieses Verfahrens und Standortbestimmung per GPS, kann bei regelmäßiger bspw. tagesaktueller Kontrolle, nicht nur die Qualität, auch der tatsächliche Baufortschritt festgehalten werden. Hierfür wird die durchgeführte Prüfung direkt an das bestehende Soll-Modell übermittelt und visualisiert, womit der aktuelle Baufortschritt abrufbar ist (Abbildung 5.1).

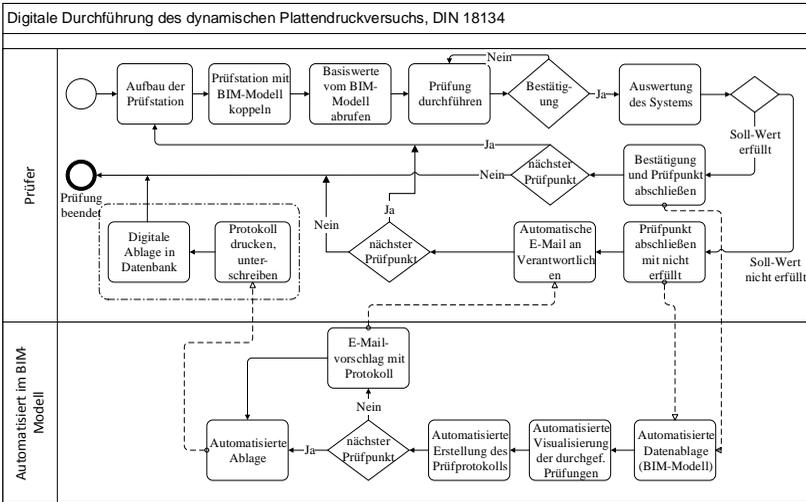


Abbildung 5.1: Prozess des digitalen dynamischen Plattendruckversuchs nach DIN 18134

Nachteil dieses Vorgehens ist, dass über diesen Prozess nicht der tatsächliche Straßenaufbau nachgewiesen werden kann und es weiteren Hilfsmitteln bedarf um diesen zu erfassen. Auch beim Verwenden von direkten Maschinendaten, ist der spezifische Einsatz des Gerätes und dessen Sensorik meist nicht geeignet um alle relevanten Daten für die Leistungsfeststellung zu erfassen.

6 Schlussfolgerung und zukünftige Arbeit

Für eine effiziente und effektive Steuerung des Bauprozesses und Abbildung der tatsächlichen Leistung bedarf es einer Kombination aus diversen Systemen zur Datenerfassung. Diese sind entsprechend anzuordnen, dass die jeweilige Grundlage das BIM Soll-Modell ist und auf Basis dessen ein Ausblick des fortwährenden Baufortschrittes und dessen Kosten gegeben werden kann.

Diese Anordnung und ersten benannten Forschungsansätze werden auf einer realen Baustelle überprüft. Die Machbarkeit und Umsetzung bis zur Abbil-

dung eines Ist-Modells für die Darstellung des Leistungsstandes der Baustelle, nach Kosten und Baufortschritt, bedarf ebenso der Validierung an einem realen Projekt und wird aufbauend untersucht.

Literatur

- Ailland, K. (2013): Ereignisbasierte Abbildung von Bau-Ist-Zuständen. Weimar, Bauhaus-Universität, Dissertation.
- Berner, F., Kochendörfer, B.; Schach, R. (2015): Grundlagen der Baubetriebslehre 3. Springer Fachmedien, Wiesbaden.
- Binder, F. (2014): Ereignisbasierte Steuerung bauleistungsprozesse mit Echtzeit-Ortungssystemen. Darmstadt, Technische Universität, Dissertation.
- DIN 18134:2012-04: Baugrund - Versuche und Versuchsgeräte - Plattendruckversuch. DIN Deutsches Institut für Normung e.V., Beuth Verlag, Berlin.
- Forbes, L. H.; Ahmed, S. M. (2011): Modern construction: Lean project delivery and integrated practices. CRC Press Verlag, Boca Raton.
- Girmscheid, G.; Motzko, C. (2007): Kalkulation und Preisbildung in Bauunternehmen: Grundlagen, Methodik und Organisation. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg.
- Hauptverband der Deutschen Bauindustrie e.V., Zentralverband Deutsches Baugewerbe e.V. (2016): KLR Bau - Kosten-, Leistungs- und Ergebnisrechnung der Bauunternehmen. 8. Auflage, Rudolf Müller Verlag, Köln.
- Kessoudis, K., Teizer, J., Schley, F., Blixkle, A., Hiel, L., Früh, N., Biesinger, M., Wachinger, M., Marx, A., Paulitsch, A., Hahn, B.; Lodewijks, J. (2018): BIM at STRABAG. In: Borrmann, A., König, M., Koch, C.; Beetz, J. (Hrsg.): Building Information Modeling: Technology Foundations and Industry Practice. Springer Verlag, Cham, S. 555 – S. 568.
- Kirchbach, K., Bregenhorn, T.; Gehbauer, F. (2012): Digital allocation of production factors in earthwork construction. In: Proceedings of the 20th Annual Conference of the International Group of Lean Construction. San Diego, S. 1161 – S. 1170.
- Mehr, O. (2012): Polysensorale Bauprozessidentifikation durch kognitive Systeme. Darmstadt, Technische Universität, Dissertation.

- Motzko, C., Mehr, O., Klingenberger, J.; Binder, F. (2013): Grundlagen des Bauprozessmanagements. In: Motzko, C. (Hrsg.): Praxis des Bauprozessmanagements: Termine, Kosten und Qualität zuverlässig steuern. Wilhelm Ernst & Sohn Verlag, Berlin, S. 1 – S. 35.
- Pflug, C. (2008): Ein Bildinformationssystem zur Unterstützung der Bauprozesssteuerung. Darmstadt, Technische Universität, Dissertation.
- Soibelman, L.; Kim, H. (2002): Data Preparation Process for Construction Knowledge Generation through Knowledge Discovery in Databases. In: Journal of Computing in Civil Engineering, Jahrgang 16, Heft 1, S. 39 - 48.
- Velske, S., Mentlein, H.; Eymann, P. (2009): Strassenbau, Strassenbau-technik. 6. Auflage, Wolters Kluwer Verlag, Köln.

Erhöhung der Kooperation bei Bauprojekten auf Grundlage der Informations- und Mitwirkungspflicht gemäß VOB/B

Arthur Weigl, Georg Bernat

Arthur Weigl, Institut für Baubetriebslehre, Universität Stuttgart, Deutschland

Georg Bernat, Institut für Baubetriebslehre, Universität Stuttgart, Deutschland

Kurzfassung

Kooperation kann einen wesentlichen Beitrag zur Erreichung der festgelegten Ziele im Rahmen von Bauprojekten leisten, wohingegen unkooperatives Verhalten einzelner Projektbeteiligter die definierten Ziele gefährdet. Besonders in Deutschland besteht jedoch das Problem, dass sich bis dato noch keine relationale Vertragsformen etablieren konnten. Es stellt sich daher die Frage, wie kooperative Elemente in bereits initiierte oder laufende Bauprojekte implementiert werden können, ohne im Widerspruch zu den rechtlichen Rahmenbedingungen zu stehen.

Dieser Beitrag zeigt auf, dass es am Beispiel der VOB/B möglich ist, bereits heute kooperative Elemente bei laufenden Bauprojekten zu implementieren. Dabei werden als Ausgangspunkt die in der VOB/B enthaltenen Informations- und Mitwirkungspflichten genutzt, um die Kooperation zwischen den Projektbeteiligten zu erhöhen. Hierfür wird ein fünfstufiges Ablaufmodell beschrieben, welches zum Ziel hat, eine eingetretene Fehlentwicklung durch Informationsangleichung und eine transparente Festlegung der erforderlichen Mitwirkungen zu eliminieren. Der wesentliche Grundsatz dabei ist, dass die notwendigen Mitwirkungen, unter Berücksichtigung der definierten Projektziele, gemeinschaftlich festgelegt werden. So kann das Schadensausmaß der eingetretenen Fehlentwicklungen reduziert werden.

Inhalt

1	Ausgangssituation.....	342
2	Voraussetzungen und Ziele einer kooperativen Projekt- abwicklung	343
3	Regelungen der VOB/B bzgl. der Informations- und Mitwirkungspflicht.....	344
4	Kooperative Steuerungsansätze	346
4.1	Stufe I: Erkennung und Anzeigen der Fehlentwicklung	349
4.2	Stufe II: Analyse der Fehlentwicklung.....	349
4.3	Stufe III: Einstufung der Fehlentwicklung	349
4.4	Stufe IV: Festlegung der Mitwirkung	350
4.5	Stufe V: Controlling der Nachsteuerung	351
5	Fazit und Ausblick.....	352
	Literatur.....	354

1 Ausgangssituation

Ein Bauprojekt zeichnet sich oftmals durch Einmaligkeit, Neuartigkeit, lange Projektdauer sowie viele Schnittstellen aus. Dies führt dazu, dass eine frühzeitige und verbindliche Festlegung der Bauzeit sowie der zu erwartenden Baukosten erschwert wird. Infolgedessen muss im Rahmen der Bauausführung fortwährend überprüft werden, ob das Bau-Soll noch mit den vorgegebenen Projektzielen im Einklang steht. Ist dies nicht der Fall, muss eine Anpassung des Bau-Solls erfolgen, was sich wiederum in Nachträgen widerspiegelt.

Das Nachtragsvolumen eines Bauprojektes wird oftmals als ein Indikator für die Qualität einer Projektabwicklung verstanden. Dies trifft insofern auch zu, wenn das Nachtragsvolumen einen wesentlichen Anteil am gesamten Bauvolumen einnimmt. Denn hier ist davon auszugehen, dass Missstände in der Projektvorbereitung oder Projektausführung zu einer Abweichung des Bau-Solls geführt und somit einen Mehrvergütungsanspruch für den Auftragnehmer erzeugt haben. Jedoch wird laut Racky (1997, S. 95) selbst bei im Wesentlichen ungestörten Bauabläufen immer noch ein durchschnittliches Nachtragsvolumen von fünf Prozent erreicht, weshalb sich daraus schlussfolgern lässt, dass die Entstehung eines gewissen Nachtragsvolumens im Rahmen einer Projektabwicklung unvermeidbar ist. Zur Optimierung von Bauprojekten sollte daher der Fokus darauf liegen, das vermeidbare Nachtragsvolumen zu reduzieren (vgl. Schwerdtner 2007, S. 1).

Zur Verringerung des Nachtragsvolumens müssen zunächst dessen Ursachen betrachtet werden. Als wesentliche Ursachen können eine Informations- sowie eine Interessensasymmetrie zwischen den Projektbeteiligten benannt werden. Dies führt dazu, dass nicht die Projektziele im Vordergrund stehen, sondern die jeweils eigenen Ziele der einzelnen Projektbeteiligten. So beschränken sich die Handlungen der Projektbeteiligten oftmals darauf, die vertraglich vereinbarten Leistungen zu erbringen und die eigenen Anspruchsgrundlagen zu sichern (Haftungsbefreiung). Die Erreichung der gemeinsamen Projektziele setzt jedoch ein transparentes und kooperatives Miteinander voraus.

Dies findet seinen Ausdruck bereits in den aktuell vielfach diskutierten und international implementierten Vertragsformen für kooperative Projektentwicklungsformen, wie beispielsweise PPC 2000, NEC, Integrated Form of Agreement (IFOA) sowie Alliancing, bei denen es sich um relationale Verträge handelt (vgl. Heidemann 2011, S. 38 ff.). Diese werden den Anforderungen komplexer Bauvorhaben eher gerecht als Vertragsformen mit bidirektionalem Charakter, die nach wie vor in Deutschland weit verbreitet sind. In diesem Zusammenhang stellt sich die Frage, wie kooperative Elemente in bereits laufenden und initiierten Projekten in Deutschland, die auf konventionellen Vertragsabwicklungsformen beruhen, implementiert werden können. Diese dürfen in keinem Widerspruch zu den rechtlichen Grundlagen stehen und müssen praktikabel sein.

Aus diesem Grund soll im Zuge dieses Beitrags aufgezeigt werden, welche konkreten Maßnahmen zur Förderung der Kooperation bei konventionellen Projekten in Deutschland ergriffen werden können. Hierbei liegt der Fokus der Betrachtung auf Bauprojekten, die auf Grundlage der VOB abgewickelt werden. Die Kooperationsmaßnahmen müssen demnach mit der VOB im Einklang stehen und auf den Grundsätzen dieser aufbauen.

2 Voraussetzungen und Ziele einer kooperativen Projektentwicklung

Wie bereits im ersten Kapitel erwähnt, sind die wesentlichen Hindernisse einer erfolgreichen Projektentwicklung die Informations- sowie Interessensasymmetrie. Demnach muss geprüft werden, wie diese Hindernisse bei Projekten mit bidirektionalen Vertragsformen abgebaut werden können. Folglich muss das primäre Ziel in der Erreichung einer Informations- und Interessensangleichung liegen. Diese Angleichung lässt sich jedoch nur erreichen, wenn die Beteiligten sich im Rahmen eines Projektgefüges auf eine beidseitige Verpflichtung zur Informationsgebung und Mitwirkung einigen. Dieser Standpunkt wurde bereits durch internationale Studien belegt, die gezeigt haben, dass eine derartige Verpflichtung zur Kooperation zwischen den Beteiligten eine wesentliche Grundvoraussetzung für die

erfolgreiche Umsetzung von Bauprojekten ist (vgl. Latham 1994; Egan 1998).

Um diesen Anforderungen zu entsprechen, stellt sich unter anderem die Frage, welche kooperativen Elemente die rechtlichen Grundlagen bereits zum Inhalt haben. So sind beispielsweise in den allgemeinen Vertragsbedingungen für die Ausführung von Bauleistungen (VOB/B) bereits kooperative Elemente enthalten, die oftmals nicht zwingend oder bewusst als solche von den Projektbeteiligten wahrgenommen werden. Beim Auftraggeber sind es vorrangig die Informationspflichten, die eine kooperative Projektabwicklung fördern. Beim Auftragnehmer hingegen sind es in erster Linie die Mitwirkungspflichten, welche die gemeinschaftliche Verfolgung der Projektziele begünstigen. Die hier zugehörigen Regelungen bzgl. der Informations- und Mitwirkungspflicht in der VOB/B werden im nächsten Kapitel genauer betrachtet.

3 Regelungen der VOB/B bzgl. der Informations- und Mitwirkungspflicht

Die Aufgabe der VOB/B ist es eine rechtliche Grundlage für die Ausführungsphase eines Bauvorhabens zu schaffen und die Zusammenarbeit zwischen dem Auftraggeber und Auftragnehmer zu regeln. Die aus diesem Grund innerhalb der VOB/B gewählten Formulierungen zielen eher darauf ab, die jeweiligen Pflichten und Rechte der Parteien zu definieren, aus denen wiederum entsprechende Ansprüche erwachsen. Auf den ersten Blick enthalten solche Formulierungen scheinbar keine kooperativen Elemente. Jedoch bieten Sie bei genauerer Betrachtung eine gute Gelegenheit, um entsprechende Ansätze zu initiieren. Am Beispiel des § 6 Abs. 1 VOB/B lässt sich dies sehr gut veranschaulichen. So heißt es wörtlich:

„¹Glaubt sich der Auftragnehmer in der ordnungsgemäßen Ausführung der Leistung behindert, so hat er es dem Auftraggeber unverzüglich schriftlich anzuzeigen. ²Unterlässt er die Anzeige, so hat er nur dann Anspruch auf Berücksichtigung der hindernden Umstände, wenn dem Auftraggeber offenkundig die Tatsache und deren hindernde Wirkung bekannt waren.“

Im ersten Satz des oben zitierten Paragraphs, wird die bereits erwähnte Informationspflicht des Auftragnehmers beschrieben. Sofern man dieser Verpflichtung nachkommt, lässt sich daraus die entsprechende Anspruchsgrundlage ableiten. Eine solche Anspruchsgrundlage ist jedoch nicht erforderlich, wenn der Tatbestand sowie dessen hindernde Wirkung dem Auftraggeber offenkundig bekannt waren. Aus Sicht des Auftragnehmers dient diese Regelung lediglich der Sicherung der Anspruchsgrundlagen. Aus Projektsicht ist dieser Paragraph ein idealer Ansatz, um eine Informationsangleichung zu erreichen, mit der dann das definierte Projektziel verfolgt werden kann. Ist eine Behinderungsanzeige des Auftragnehmers auf eine fehlende Mitwirkung des Auftraggebers zurückzuführen, so ergibt sich gemäß § 4 Abs. 1 VOB/B eine sogenannte Mitwirkungspflicht des Auftraggebers. Wörtlich heißt es:

„1Der Auftraggeber hat für die Aufrechterhaltung der allgemeinen Ordnung auf der Baustelle zu sorgen und das Zusammenwirken der verschiedenen Unternehmer zu regeln. 2Er hat die erforderlichen öffentlich-rechtlichen Genehmigungen und Erlaubnisse – z.B. nach dem Baurecht, dem Straßenverkehrsrecht, dem Wasserrecht, dem Gewerberecht – herbeizuführen.“

Welche weiteren Informations- und Mitwirkungspflichten in der VOB/B enthalten sind, ist Abbildung 3.1 zu entnehmen.

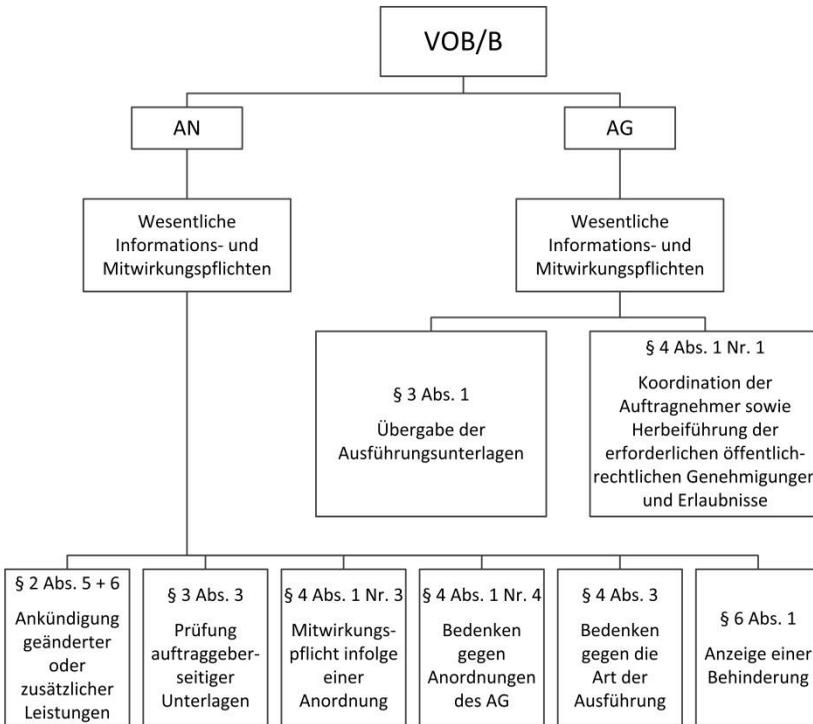


Abbildung 3.1: Informations- und Mitwirkungspflichten gemäß VOB/B

Unter Zuhilfenahme der oben aufgeführten Paragraphen wird zwar eine Möglichkeit geboten, Informationsasymmetrien innerhalb des Projektes abzubauen, jedoch stellt sich nun die Frage, welche konkreten Steuerungsmaßnahmen hiervon abgeleitet werden können, um den Herausforderungen innerhalb des Projektes kooperativ zu begegnen.

4 Kooperative Steuerungsansätze

Aus dem zuvor beschriebenen Kapitel wird deutlich, dass die VOB/B Möglichkeiten zur Informationsangleichung bietet. Diese sind jedoch in der Praxis oftmals unstrukturiert und beschränken sich überwiegend auf die

Betrachtung von Einzelfällen. Die Folgen daraus sind, dass Fehlentwicklungen entweder zu spät erkannt werden oder deren Auswirkungen auf das Projekt falsch gewertet werden. Dies führt wiederum dazu, dass das Projektziel unter Umständen nicht mehr zu den geplanten Zielkriterien erreicht werden kann. Der entsprechende Verlauf ist in Abbildung 4.1 aufgezeigt.

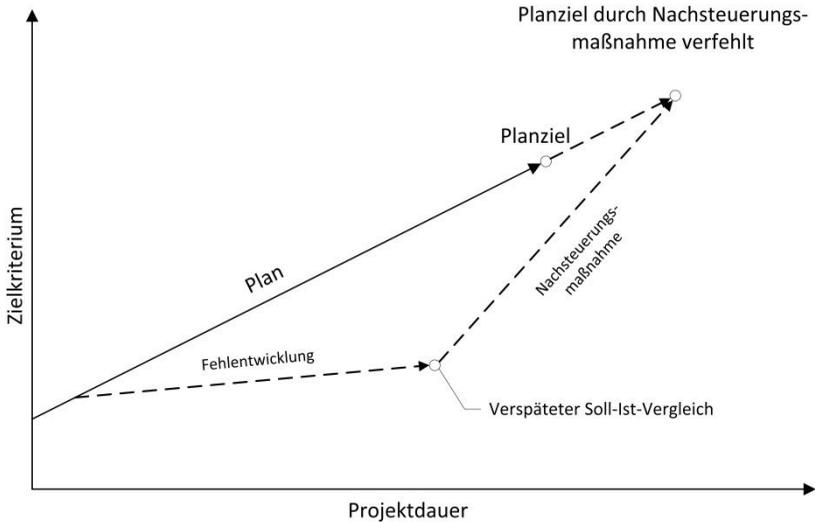


Abbildung 4.1: Verspätete Nachsteuerung von Fehlentwicklungen (vgl. Berner 2015, S. 60)

Daher sollte das Ziel sein, Fehlentwicklungen schnellstmöglich zu erkennen und die Nachsteuerungsmaßnahmen zeitnah und zielgerichtet einzuleiten. Der entsprechende Verlauf ist in Abbildung 4.2 aufgezeigt.

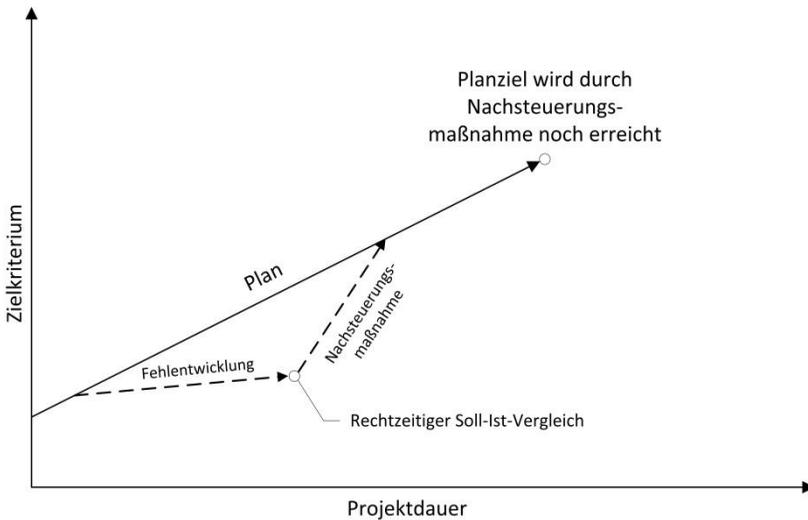


Abbildung 4.2: Rechtzeitige Nachsteuerung von Fehlentwicklungen (vgl. Berner 2015, S. 60)

Unter Berücksichtigung der in Kapitel 3 beschriebenen Informations- und Mitwirkungspflichten, besteht nun die Herausforderung darin, den unstrukturierten und unkoordinierten Informationsfluss in einen geordneten Ablauf zu bringen, um so die Wirkung der Fehlentwicklung entweder zu reduzieren oder komplett zu vermeiden. Ferner muss die Aufgabe sein, eine möglichst transparente Basis für die Entscheidung zu schaffen, wie eine Fehlentwicklung zielgerichtet nachgesteuert und letztendlich eliminiert werden kann. Um eine optimale Nachsteuerung zu ermöglichen, ist es erforderlich ein Ablaufmodell zu implementieren, welches für alle Parteien bindend ist. Innerhalb dieses Ablaufmodells werden folgende fünf Stufen empfohlen:

- I. Erkennung und Anzeigen der Fehlentwicklung
- II. Analyse der Fehlentwicklung

- III. Einstufung der Fehlentwicklung
- IV. Festlegung der Mitwirkung
- V. Controlling der Nachsteuerung

Die einzelnen Stufen werden nun im Folgenden genauer beschrieben.

4.1 Stufe I: Erkennung und Anzeigen der Fehlentwicklung

Den Ausgangspunkt des Prozesses bildet die Erkennung einer eingetretenen Fehlentwicklung, welche umgehend durch den Auftragnehmer beim Auftraggeber angezeigt werden muss (Stufe I). Die hierfür maßgebenden Regelungen in der VOB/B sind beispielsweise § 4 Abs. 1 Nr. 4 VOB/B oder § 6 Abs. 1 VOB/B. Durch die Anzeige wird eine erste Informationsangleichung ermöglicht.

4.2 Stufe II: Analyse der Fehlentwicklung

Im Anschluss daran folgt Stufe II, im Rahmen derer die Fehlentwicklung im Hinblick auf beispielsweise Kosten und Termine analysiert wird. Üblicherweise wird eine solche Analyse durch den Auftragnehmer durchgeführt, da dieser seinen Bauablauf disponiert und so die Daten zur Beurteilung der Auswirkung der Fehlentwicklung am besten erheben und bewerten kann. Zur Erhöhung der Datenqualität sollte in dieser Stufe zudem erwirkt werden, dass auch der Auftraggeber sowie seine Erfüllungsgehilfen die ihnen zur Verfügung stehenden Informationen mit dem Auftragnehmer teilen, was folglich auch dem Kooperationsleitsatz entsprechen würde. Die rechtliche Notwendigkeit der hiermit verbundenen Mitwirkung des Auftraggebers kann sich beispielsweise aus § 4 Abs. 1 Nr. 1 VOB/B ergeben.

4.3 Stufe III: Einstufung der Fehlentwicklung

Auf Basis der Analyse der Daten kann nun die Einstufung der betrachteten Fehlentwicklung erfolgen (Stufe III). Diese beginnt zunächst mit einer gemeinschaftlichen Sichtung der Datenbasis sowie der Bewertung der

daraus ableitbaren Ergebnisse. Hierbei ist es entscheidend, dass neben dem Auftraggeber und dem Auftragnehmer auch diejenigen Parteien an diesem Prozess partizipieren, deren Verantwortungsbereich durch die Fehlentwicklung beeinflusst wird. Dies könnte beispielsweise ein Nachunternehmer des Auftragnehmers oder der Planer des Auftraggebers sein. Im Zuge der Sichtung gilt es festzulegen, welche Priorität die Fehlentwicklung hat und ob diese mit anderweitigen, bereits eingetretenen, Fehlentwicklungen korreliert und infolgedessen gruppiert werden sollte. Die Priorisierung hat den Zweck, die vorhandenen Kapazitäten derart einzusetzen, dass die Projektziele infolge der Nachsteuerung der Fehlentwicklung nicht gefährdet werden. Durch die Gruppierung der einzelnen Fehlentwicklungen zu einem zusammenhängenden Cluster soll dem Problem begegnet werden, dass Fehlentwicklungen, welche in einer Wechselwirkung zueinanderstehen, nicht losgelöst voneinander betrachtet werden. So können geeignete Nachsteuerungsmaßnahmen definiert werden, welche möglichst alle Zusammenhänge der betrachteten Gruppe berücksichtigen, was wiederum einen ganzheitlichen Ansatz darstellt (Rohde 2017, S. 392 f.).

4.4 Stufe IV: Festlegung der Mitwirkung

In der nachfolgenden Stufe IV werden die notwendigen Mitwirkungen zur Behebung der betrachteten Fehlentwicklungen gemeinschaftlich erarbeitet und verbindlich festgelegt. Die Mitwirkung als solche stellt den Wendepunkt im Verlauf der Fehlentwicklung dar, indem sie die hierfür notwendige Nachsteuerung initiiert. Die Grundlage hierfür schaffen die Erkenntnisse aus den drei vorangegangenen Stufen, bei denen bereits im Zuge einer gemeinschaftlichen Einstufung der Fehlentwicklung die einzelnen Interessen der Projektbeteiligten berücksichtigt werden. Folglich bildet sich bei den Projektbeteiligten eine grundsätzliche Bereitschaft aus, hier eine zielgerichtete Mitwirkung verbindlich zu vereinbaren, um letztendlich eine effektive Nachsteuerung zu ermöglichen. Dabei bleibt das definierte Projektziel (Kosten, Termine und Qualität) stets im Fokus der Betrachtung.

Unter einer Mitwirkung sind Handlungen von Projektbeteiligten zu verstehen, welche zur Erreichung eines festgelegten Ergebnisses notwendig sind. Um die Wirksamkeit der definierten Mitwirkungen im Hinblick auf die

Erreichung der Ziele zu gewährleisten, müssen diesen sowohl Verantwortungen als auch Termin-, Kosten- und Qualitätsvorgaben zugewiesen werden. Ein Beispiel hierfür ist eine verbindliche Erarbeitung von Varianten zur Bemusterung einer Ausstattung durch den Auftragnehmer bis zu einem bestimmten Zeitpunkt (auftragnehmerseitige Mitwirkung). Der Auftraggeber wählt im Anschluss daran unter den vorgeschlagenen Varianten eine aus und gibt diese wiederum zu einem bestimmten Zeitpunkt verbindlich frei (auftraggeberseitige Mitwirkung). Dadurch, dass bei der Festlegung der Mitwirkungen die hiervon betroffenen Projektpartner eingebunden werden, handelt es sich um eine Bottom-up-Entscheidung. Durch diesen kooperativen Ansatz wird die Zusammenarbeit gefördert und die Gefahr gemindert, dass die vorgegebenen Projektziele nicht erreicht werden können.

Im Hinblick auf die VOB/B sind die Stufen III und IV als eine notwendige auftraggeberseitige Mitwirkung gemäß § 4 Abs. 1 Nr. 1 VOB/B zu verstehen. Die Rechtsgrundlage für die auftragnehmerseitige Mitwirkung bildet § 4 Abs. 3 VOB/B. Sofern aus den Mitwirkungen begründete Kosten resultieren, sind diese auf Grundlage von § 2 VOB/B zu vergüten.

4.5 Stufe V: Controlling der Nachsteuerung

In der letzten Stufe, welche das Controlling der Nachsteuerung zum Inhalt hat, müssen die in Stufe IV eingeleiteten Nachsteuerungsmaßnahmen bis zur Eliminierung der Fehlentwicklung überprüft werden. Somit wird eine Angleichung des abweichenden Prozesses an den vorgesehenen Prozess erreicht. Maßgebend für ein effektives Controlling ist, dass die Verantwortlichkeit hinsichtlich der Überprüfung und der Sicherstellung der Erfüllung der vereinbarten Nachsteuerungsmaßnahmen klar zugeordnet wird. Grundsätzlich obliegt diese Aufgabe gemäß § 4 Abs. 1 Nr. 1 VOB/B dem Auftraggeber oder einem von ihm beauftragten Erfüllungsgehilfen. Wenn aber infolge der baulichen Komplexität eine besondere Mitwirkung des Auftragnehmers vonnöten ist, kann die Aufgabe des Controllings der Nachsteuerungsmaßnahmen durch den Auftragnehmer übernommen werden. Dies hat zum Vorteil, dass eine mögliche Abweichung von der vereinbarten Nachsteuerung frühzeitig erkannt und so das Schadensausmaß gemindert werden kann.

Das zuvor beschriebene Ablaufmodell zum Umgang mit Fehlentwicklungen auf Grundlage der Informations- und Mitwirkungspflichten der VOB/B wird abschließend in der nachfolgenden Abbildung 4.3 dargestellt.

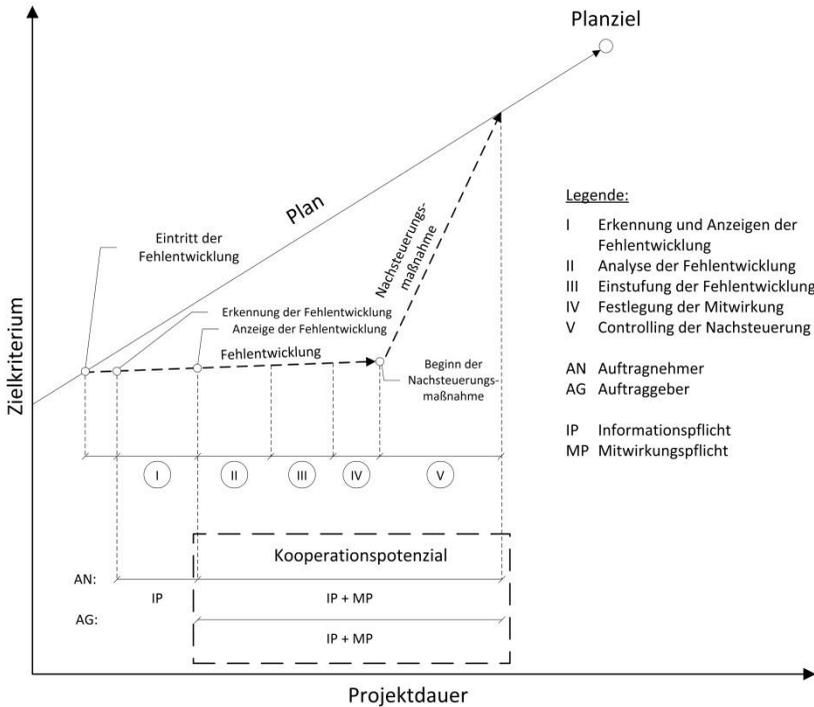


Abbildung 4.3: Ablaufmodell zur kooperativen Nachsteuerung von Fehlentwicklungen

5 Fazit und Ausblick

Im Rahmen dieses Beitrags wurde beschrieben, wie kooperative Elemente bei bereits initiierten oder laufenden Bauprojekten mit bidirektionalen Vertragsformen implementiert werden können. Wie dargelegt, steht dieser Prozess in keinem Widerspruch zu den bestehenden Regelungsinhalten der

VOB, sondern baut vielmehr darauf auf. Ferner stellt der vorgeschlagene Prozess einen praxisnahen Ansatz dar, da im Zuge der Implementierung kein gravierender Eingriff in das vorhandene Projekt- sowie Vertragsgefüge erfolgen muss. Jedoch setzt auch dieser Ansatz eine grundsätzliche Kooperationsbereitschaft der Projektbeteiligten voraus.

Abschließend ist festzuhalten, dass das beschriebene Vorgehen nur einen möglichen Zwischenschritt zur Verbesserung der Kooperation bei der Abwicklung von Bauprojekten darstellt. Das übergeordnete Ziel sollte sein, zukünftig relationale Vertragsformen in Deutschland zu entwickeln, die eine solide rechtliche Basis für eine frühzeitige und verbindliche Kooperation bei Bauprojekten schaffen.

Literatur

Berner, F. (2015): Grundlagen der Baubetriebslehre 3, 2. Auflage, Springer Vieweg, Wiesbaden.

Egan, J. (1998): Rethinking Construction: The Report of the Construction Task Force. Department of Trade and Industry, London.

Heidemann, A. (2011): Kooperative Projektabwicklung im Bauwesen unter der Berücksichtigung von Lean-Prinzipien – Entwicklung eines Lean-Projektabwicklungssystems. Karlsruhe, Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Dissertation.

Latham, M. (1994): Construction the team – The Latham Report. Final report of the government. Joint Review of Procurement and Contractual Arrangements in the United Kingdom Construction Industry. The Department of the Environment, HMSO, London.

Racky, P. (1997): Entwicklung einer Entscheidungshilfe zur Festlegung der Vergabeform. Darmstadt, Technische Hochschule, Dissertation.

Rohde, Ch.; Mozer, M.; Mehlig, B.; Kron, C. (2017): Baubegleitendes Störungs-Controlling – Konfliktmanagement bei Großbauvorhaben hinsichtlich Planungs- und Bauablaufstörungen. In: Bauingenieur, Jahrgang 92, Heft 9, S. 392-397.

Schwerdtner, P. (2007): Kooperationspflichten der Vertragsparteien aus baubetrieblicher Sicht. In: Wanninger (Hrsg.): Streitvermeidung und Streitbeilegung: etablierte Verfahren und neue Wege: Beiträge zum Braunschweiger Baubetriebsseminar vom 23. Februar 2017. Schriftenreihe des IBB. Braunschweig: Institut für Bauwirtschaft und Baubetrieb (2007), Heft 44, S. 19-55.

VOB Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen – Teil A: Allgemeine Bestimmungen für die Vergabe von Bauleistungen. Beuth Verlag, Berlin.

VOB Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen – Teil B: Allgemeine Vertragsbedingungen für die Ausführung von Bauleistungen. Beuth Verlag, Berlin.

Potenziale von BIM in Verbindung mit Constraint Solving Techniken im Rahmen der Evaluation am Beispiel eines Fabrikanpassungsprozesses

Kai Christian Weist, Lisa Theresa Lenz

*Kai Christian Weist, Lehrstuhl Baubetrieb und Bauprozessmanagement (DFG-GRK 2193),
Technische Universität Dortmund, Deutschland*

*Lisa Theresa Lenz, Lehrstuhl Baubetrieb und Bauprozessmanagement (DFG-GRK 2193),
Technische Universität Dortmund, Deutschland*

Kurzfassung

Der vorliegende Artikel setzt sich mit Potenzialen von BIM in Verbindung mit Constraint Solving Techniken im Rahmen der Evaluation von Fabrikanpassungsprozessen auseinander. Dabei wird untersucht, inwieweit die BIM-Methodik und damit einhergehende digitale Zwillinge für eine modellbasierte, automatisierte Ablaufplanung und Kostenermittlung genutzt werden können. Hierfür wird zunächst eine Datenbasis aus qualitäts-, kosten- und aufwandswertbeeinflussenden Daten generiert, welche im weiteren Verlauf als Grundlage für die modellbasierten Evaluationsmöglichkeiten hinsichtlich der Kostenermittlung und Ablaufplanung dienen soll. Abschließend wird erörtert, wie mit Hilfe von sogenannten Constraint Solving Techniken der Automatisierungsgrad bei der Orchestrierung von verschiedenen ablaufrelevanten Daten hinsichtlich eines Fabrikanpassungsprozesses erhöht werden kann.

Dieser Beitrag entstand im Rahmen des Graduiertenkollegs GRK 2193 „Anpassungsintelligenz von Fabriken im dynamischen und komplexen Umfeld“ gefördert durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG).

Inhalt

1	Einleitung	358
1.1	Forschungskolleg GRK 2193	358
2	BIM-Modelle eines Fabrikgebäudes im Anpassungsprozess	360
2.1	Anpassungsprozesse	360
2.2	Building Information Modeling	360
3	BIM-basierte Kostenermittlung und Ablaufplanung	362
3.1	Entwicklung einer Datenbasis	362
3.2	Datensymbiose in einem BIM-Modell	364
3.3	Datenanalyse	365
3.4	Ergebniszusammenstellung	370
4	BIM in der Kombination mit Constraint Solving Techniken	370
	Literatur.....	372

1 Einleitung

1.1 Forschungskolleg GRK 2193

„Das Graduiertenkolleg Anpassungsintelligenz von Fabriken im dynamischen und komplexen Umfeld (GRK 2193) ist ein durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft gefördertes koordiniertes Promotionsprogramm zur Förderung des wissenschaftlichen Nachwuchses im Themenfeld der interdisziplinären Fabrikanpassungsplanung.“ (Scholz 2017, S. 10)

1.1.1 Motivation und beteiligte Einrichtungen

Das leitende Forschungsthema des GRK 2193 liegt in einer systematischen, interdisziplinären und durchgängigen Unterstützung der Anpassung von Fabrikssystemen. Im Zuge der Dynamisierung des Unternehmensumfeldes innerhalb der vergangenen Jahre hat der Prozess von Fabrikanpassungen an Bedeutung zugenommen. Dieser umfasst eine Vielzahl von Aufgaben und komplexen Entscheidungsvorgängen in Gestalt multikriterieller Optimierungsprobleme, welchen nur durch Einbeziehung aller Experten aus den unterschiedlichen Fachdisziplinen erfolgreich begegnet werden kann. Eine weitere Zieldefinition stellt die Orchestrierung der verschiedenen fachlichen Lösungsansätze dar, die den Fabrikanpassungsprozess ganzheitlich optimieren sollen. (vgl. Scholz 2017, S. 12-15) Um diesen Herausforderungen adäquat begegnen zu können, wurden insgesamt zehn wissenschaftliche Einrichtungen der Technischen Universität Dortmund in das GRK 2193 (vgl. Abbildung 1.1) eingebunden. Dazu zählen die Fakultäten Informatik, Maschinenbau, Wirtschaftswissenschaften, Architektur und Bauingenieurwesen sowie Elektrotechnik und Informationstechnik. Daneben sind das RIF Institut für Forschung und Transfer e.V. als partnerschaftliches Institut, das Fraunhofer-Institut für Materialfluss und Logistik IML sowie diverse Industriepartner im Forschungskolleg vertreten. Insgesamt forschen elf direkt finanzierte Doktorandinnen und Doktoranden sowie mehrere assoziierte Mitglieder am übergeordneten Leitthema des GRK. (vgl. Scholz 2017, S. 7) Der Lehrstuhl Baubetrieb und Bauprozessmanagement ist dabei im Interaktionsthema Virtualisierung verortet.

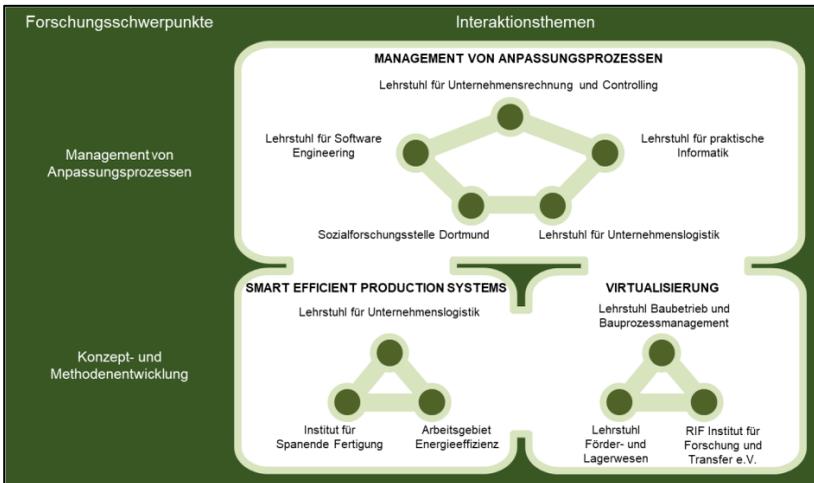


Abbildung 1.1: Forschungsschwerpunkte und Interaktionsthemen

1.1.2 Interaktionsthema Virtualisierung

Der Begriff Virtualisierung beschreibt in diesem Zusammenhang die Erstellung eines digitalen Abbildes (digitalen Zwilling) auf Basis eines realen Systems, wobei nicht nur die statische Geometrie, sondern auch das dynamische Verhalten der Objekte innerhalb des zu betrachtenden Systems imitiert wird. Im GRK 2193 stellt die Entwicklung digitaler Zwillinge realer Fabriken die zentrale Plattform zur interdisziplinären Zusammenarbeit dar. Dazu bildet das Fabrikgebäude den Rahmen, welcher mit Produktionstechnik und Logistik vereint und anschließend in einem virtuellen Testbed zusammengeführt wird. (vgl. Delbrügger et al. 2017, S. 366)

2 BIM-Modelle eines Fabrikgebäudes im Anpassungsprozess

2.1 Anpassungsprozesse

Ein Anpassungsprozess gliedert sich in drei Phasen, die Erkenntnis-, Vorbereitungs- und Anpassungsphase sowie sechs einzelne Prozessschritte, die den Phasen zugeordnet werden. Die Optimierung von Anpassungsprozessen bedingt eine durchgängige Betrachtung der Ursache – Maßnahme – Wirkungskette – von der Wahrnehmung, Analyse und Bewertung, Planung und Entscheidung, bis hin zur eigentlichen Anpassungsphase mit den Prozessschritten Realisierung und Bewertung der Anpassung. (vgl. Kuhn et al. 2011, S. 177–198)

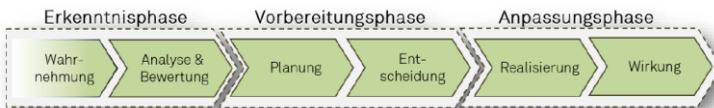


Abbildung 2.1: Anpassungsprozess (Hernández Morales 2003, S.49)

Der virtuelle Zwilling des Fabrikgebäudes wird mit Hilfe der BIM-Methode erzeugt und sowohl disziplinar als auch disziplinübergreifend, beispielsweise im Rahmen unterschiedlicher Versuche zur Optimierung von Anpassungsprozessen genutzt.

2.2 Building Information Modeling

Building Information Modeling wird im BIM Leitfadener für Deutschland folgendermaßen definiert:

„Building Information Modeling (BIM) ist eine Planungsmethode im Bauwesen, die die Erzeugung und die Verwaltung von digitalen virtuellen Darstellungen der physikalischen und funktionalen Eigenschaften eines Bauwerks beinhaltet. Die Bauwerksmodelle stellen dabei eine Informati-

onsdatenbank rund um das Bauwerk dar, um eine verlässliche Quelle für Entscheidungen während des gesamten Lebenszyklus zu bieten; von der ersten Vorplanung bis zum Rückbau.“ (Egger et al. 2013, S. 18)

Die Nutzung eines BIM-Modells als zentrale Informations- und Wissensquelle bzw. Datenbank, über den gesamten Lebenszyklus einer Immobilie, stellt den wesentlichen Unterschied zu einer konventionellen Projektabwicklung dar (vgl. Abbildung 2.2). Alle erforderlichen, für den jeweiligen Anwendungsfall spezifischen Informationen stehen zentral zur Verfügung, sodass Auswertungen auf Basis der klassischen baubetrieblichen Kennzahlen wie Qualität, Kosten und Zeit in Echtzeit durchgeführt werden können. (vgl. Weist 2019, S.24; vgl. Gralla und Lenz 2017, S. 213)

Terminliche Informationen können beispielsweise als Aufwandswerte an die jeweiligen Bauteile angefügt werden, oder über eine softwareübergreifende Verknüpfung in einer AVA-Softwareanwendung berücksichtigt werden. Analog dazu können ebenfalls Kostenkennwerte als fünfte Dimension für Kostenauswertungen genutzt werden.

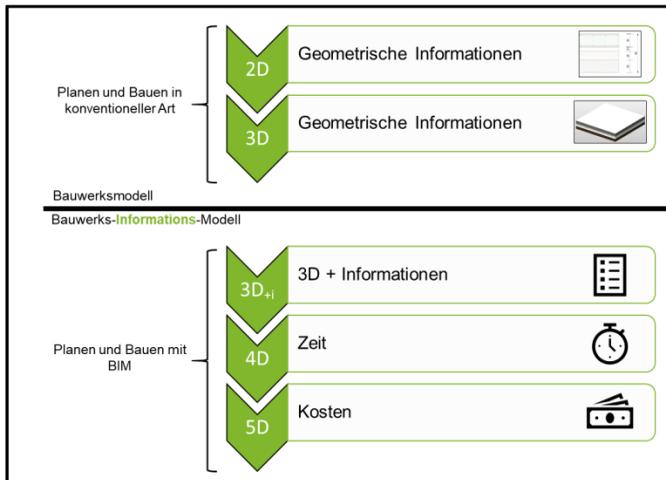


Abbildung 2.2: Abgrenzung konventionelles Planen und Bauen zu Planen und Bauen mit BIM (vgl. Gralla und Lenz 2017, S. 210)

3 BIM-basierte Kostenermittlung und Ablaufplanung

Die erforderlichen Daten werden auf Bauteilebene untersucht, um eine detaillierte Kostenermittlung und Ablaufplanung auf der Basis von Bauwerksinformationsmodellen gewährleisten zu können. Hierfür ist eine konsistente Datenbasis von elementarer Bedeutung. In diesem Zusammenhang wird exemplarisch das Gewerk Bodenplatte im Rahmen der nachfolgenden Untersuchungen analysiert, da die Bodenplatte eines der wichtigsten Bauteile in einem Fabrikgebäude darstellt und häufig im Rahmen von Fabrikpassungsmaßnahmen i. S. der Implementierung eines Maschinenfundamentes zur Aufnahme hoher Lasten, modifiziert werden muss.

3.1 Entwicklung einer Datenbasis

Daten und Informationen zu Kosten- und Qualitätskennwerten sind über diverse Quellen beziehbar. Unter anderem stehen folgenden Datengrundlagen über Online-Datenbanken zur Verfügung:

- BKI Bau- und Nutzungskosten (BKI 2019)
- DBD Dynamische Baudaten (DBD 2019)
- Heinze Baudatenbank (Heinze 2019)
- sirAdos Baudaten (Sirados 2019)
- Baupreislexikon (Baupreislexikon 2019)

Aufwandswerte hingegen werden nur in vereinzelten Datenbanken die in direkter Abhängigkeit zu den Kosten und Qualitäten einer Leistung stehen, vorgehalten. Um eine ganzheitliche Betrachtung von Kosten, Terminen und Qualitäten sicherstellen zu können, müssen die Aufwandswerte unterschiedlicher Leistungen unbedingt berücksichtigt werden. Die Datenbank *das Baupreislexikon* des Herstellers *f:data GmbH* stellt eine adäquate Datenbasis zur Verfügung, die als Grundlage für die Datenerhebung im Rahmen der Untersuchungen genutzt wird.

Da BIM-Modelle bauteilorientiert modelliert werden, erfolgt die Datenerhebung analog dazu auf Bauteilebene. Dabei werden die Daten in Form

unterschiedlicher Module strukturiert. Gewerke werden in diesem Zusammenhang als Hauptmodule, einzelne Bauteile hingegen, die für die Erstellung der Gewerke erforderlich sind, als Submodule, bezeichnet.

Bei der Betrachtung des Gewerkes Bodenplatte, ist dieses als Hauptmodul klassifiziert, welches wiederum aus diversen Submodulen besteht. Die Submodule gliedern sich hinsichtlich einer Bodenplatte ggf. in das Beschichtungssystem, die Betonbodenplatte, die Abdichtung, die Sauberschicht, die Tragschicht und den Untergrund. Die Betrachtung der Leistungen als Hauptmodule und eine Berücksichtigung der zugehörigen Bauteile als Submodule ermöglicht einerseits eine Abgrenzung von unterschiedlichen Einflussparametern, andererseits kann durch diese Vorgehensweise eine hohe Anzahl an einflussnehmenden Parametern identifiziert und flexibel bewertet werden. Darüber hinaus können Interdependenzen bezüglich der verschiedenen Bauteile respektive Submodule dargestellt werden. Die Datenanalyse wird dementsprechend auf die und qualitäts-, kosten-, aufwandswertbeeinflussenden Parameter der unterschiedlichen Leistungen, welche in Wechselwirkung zueinanderstehen, fokussiert. (vgl. Weist 2019, S. 48) Zudem ist in diesem Zusammenhang auf regionale Korrekturfaktoren und den Baupreisindex zu achten. Im Zuge der Datenauswertung wird eine Kategorisierung der Daten vorgenommen, die es ermöglicht, Parameter hinsichtlich ihrer Beeinflussungsfaktoren für die jeweiligen Haupt- und Submodule filtern zu können.

Beeinflussung der Qualität	Beeinflussung der Kosten	Beeinflussung des Aufwandswerts
Modul Bodenplatte	Modul Bodenplatte	Modul Betonbodenplatte
Submodul Betonodenplatte	Submodul Betonbodenplatte	Submodul Bodenplatte
Verdichtungsfähigkeit	Trockenrohddichte bei Schwerbeton	Konsistenz Beton
nicht selbstverdichtend	2700	C0
selbstverdichtend	2800	F1
Festigkeitsklasse	2900	F2
C 20/25	3000	F3
C 25/30	3100	F4
C 30/37	3200	F5
C 35/45	3300	F6
C 40/50	3400	Dicke [cm]
C 45/55	3500	5 bis 10
C 50/60	3600	10 bis 15
C 55/67	3700	15 bis 20
C 60/75	3800	25 bis 50
C 70/85	3900	50 bis 75
C 80/95	4000	75 bis 100
C 90/105	4100	100 bis 125
C 100/115	4200	125 bis 150
Trockenrohddichte bei Schwerbeton	Konsistenz Beton	150 bis 175
Normalbeton	C0	175 bis 200
Schwerbeton (2700 kg/m ³)	F1	Einbauart
Expositionsklasse Frost XF	F2	Autopumpe bis 70m ³ /h
XF1 - mäßige Wassersättigung ohne Taumittel	F3	Autopumpe bis 90m ³ /h
XF2 - mäßige Wassersättigung mit Taumittel/Meersalz	F4	Autopumpe bis 110m ³ /h
XF3 - hohe Wassersättigung ohne Taumittel	F5	Autopumpe bis 130m ³ /h
XF4 - hohe Wassersättigung mit Taumittel/Meersalz	F6	Autopumpe bis 150m ³ /h

Abbildung 3.1: Auszug der Datenkategorisierung (Gliederung: Modul – Submodul – Einflussparameter – Ausprägung)

3.2 Datensymbiose in einem BIM-Modell

Die Modellerstellung einzelner Anpassungsprozess-relevanter Bauteile erfolgt in *Autodesk Revit*. Das erstellte BIM-Modell wird anschließend zu Evaluationszwecken an die AVA-Softwareanwendung *RIB ITWO* überführt.

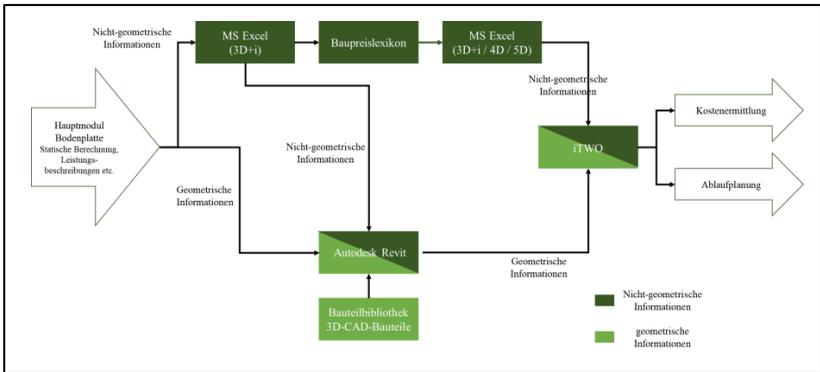


Abbildung 3.2: Gesamtwflow und Softwarelandschaft

Die Modellierung von unterschiedlichen Submodulen innerhalb eines Hauptmoduls wird am Beispiel einer Bodenplatte erläutert. Die unterschiedlichen Submodule werden in diesem Schritt als einzelne Bauteile erstellt und mit den relevanten nicht-geometrischen Informationen der zuvor erzeugten Datenbasis verknüpft.

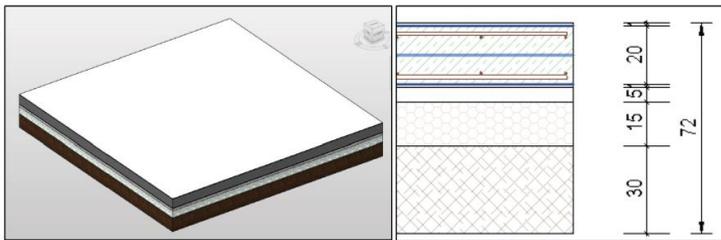


Abbildung 3.3: Geometrische Informationen einer Bodenplatte (Weist 2019, S. 71)

3.3 Datenanalyse

Auf Grundlage der Datenanalyse können die Parameter und Ausprägungen identifiziert werden, welche einen Einfluss auf Qualitäten, Kosten und Zeit haben. Um diese berücksichtigen zu können, wurden sämtliche Parameter

aus der Datenanalyse in das BIM-Modell implementiert (vgl. Abbildung 3.4). Durch diese Vorgehensweise ist es möglich, jede Kombination von Ausprägungen sowohl für die Submodule als auch für die Hauptmodule abbilden zu können.

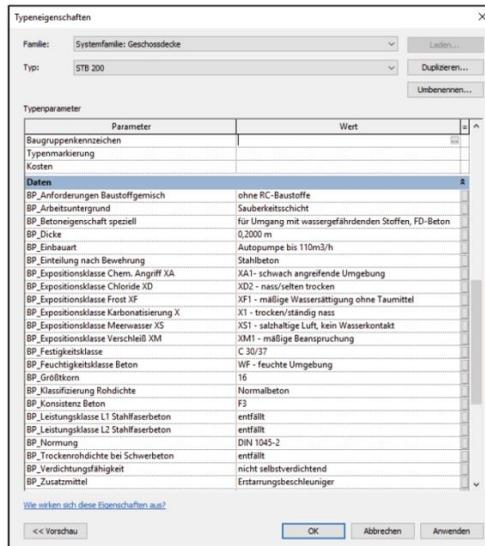


Abbildung 3.4: Übersicht Typeneigenschaften (vgl. Weist 2019, S. 74)

3.3.1 Modellbasierte Kostenermittlung

Zur Durchführung einer modellbasierten Kostenermittlung, wird das BIM-Modell in eine AVA-Softwareanwendung überführt. In dieser wird nachfolgend ein Leistungsverzeichnis erstellt. Dieses dient als sogenannter Teilleistungskatalog, welcher als Basis für eine Verknüpfung von Leistungspositionen mit den Bauteilen des BIM-Modells fungiert. Der Teilleistungskatalog basiert in seinem Aufbau auf der erstellten Datenbasis für die differierenden Submodule, sodass jede Gruppenstufe einem Submodul entspricht. Den Gruppenstufen sind sämtliche für das Submodul identifizierte Parameter untergeordnet. Die möglichen Ausprägungen der einzelnen Parameter

bilden die einzelnen Leistungspositionen ab. Dabei enthalten die Leistungspositionen die aus der Baupreisdatenbank ermittelten Kostenkennwerte.

Struktur	OZ	Kurz-Info	Kurztext	Menge	ME	EP von	Einheitspres	EP bis	Gesamtbetrag
1			Modul Bodenplatte						1.710,85
1.			Submodul Beschichtung						402,00
1.0.			Grundfestung						328,75
1.0.10.	FP		Grundfestung	25,000	m ²	12,37	13,15	13,92	328,75
1.1.			Beschichtungssystem						73,25
1.1.10.			Beschichtung Boden Beton Polyurethanharzlack-GBS 2K+	0,000	m ²	0,00	0,00	0,00	0,00
1.1.20.	FP		BeschichtungBoden Beton 2K-Polyurethanharzlack 2K-Pol	25,000	m ²	2,76	2,93	3,09	73,25
2			Submodul Bodenplatte						541,05
2.0.			Grundfestung						480,80
2.1.			Einteilung nach Bewehrung						2,35
2.2.			Leistungsklasse L1 Stahlfasibeton						0,00

Abbildung 3.5: Struktur des erstellten Leistungsverzeichnisses (vgl. Weist 2019, S. 81)

Die Verknüpfung der Bauteile des BIM-Modells mit den zugehörigen Leistungspositionen erfolgt über definierte Auswahlgruppen. Diese werden synchron der Form der Datenbasis konfiguriert. So kann gewährleistet werden, dass jede LV-Position beziehungsweise jede Ausprägung der unterschiedlichen Parameter innerhalb des BIM-Modells abgefragt und flexibel miteinander verknüpft werden können.

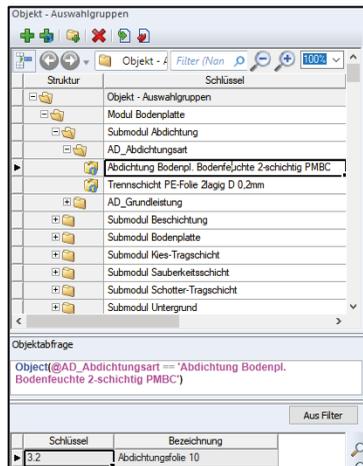


Abbildung 3.6: Analogie der Auswahlgruppen zur Datenbasis (Weist 2019, S. 79)

Im Anschluss wird die Mengenabfrage der verknüpften Bauteile und Leistungspositionen mittels sogenannten Quantity-Takeoffs durchgeführt. Hiermit lassen sich alle Mengen der damit verknüpften Bauteile automatisiert ermitteln. Die AVA-Softwareanwendung prüft, welche Bauteile im BIM-Modell über die Auswahlgruppen angesprochen und den zugehörigen Leistungspositionen zugeteilt werden und implementiert anschließend die jeweilige Menge.

3.3.2 Modellbasierte Ablaufplanung

Bei der Erstellung der Ablaufplanung müssen zunächst die jeweils erforderlichen Terminplanungsvorgänge definiert werden. Auch hier folgt die Form und der Aufbau der Ablaufplanung den Vorgaben der Datenbasis.

Struktur	Schlüssel	Bezeichnung	Anfang	Dauer [Tag]...	Ende
▶ [Icon]	12	Vorgangsmo del Variante 1	11.02.2019	229.375	09.01.2020
▢ [Icon]	001	Modul Bodenplatte	11.02.2019	229.375	09.01.2020
▢ [Icon]	001.001	Beschichtung	23.12.2019	10.000	09.01.2020
▢ [Icon]	001.001.001	Grundleistung	23.12.2019	5,000	02.01.2020
▢ [Icon]	001.001.002	Beschichtungssystem	02.01.2020	5,000	09.01.2020
▢ [Icon]	001.002	Bodenplatte	15.07.2019	114.375	23.12.2019
▢ [Icon]	001.002.001	Grundleistung	15.07.2019	5,000	19.07.2019
▢ [Icon]	001.002.001.001	Grundleistung	15.07.2019	5,000	19.07.2019
▢ [Icon]	001.002.002	Einteilung nach Bewehrung	22.07.2019	5,000	26.07.2019
▢ [Icon]	001.002.002.001	Stahlbeton	22.07.2019	5,000	26.07.2019
▢ [Icon]	001.002.002.002	Stahlfaserbeton	22.07.2019	5,000	26.07.2019
▢ [Icon]	001.002.002.003	unbewehrter Beton	22.07.2019	5,000	26.07.2019
▢ [Icon]	001.002.003	Leistungsklasse L1 Stahlfaserbe	29.07.2019	5,000	02.08.2019

Abbildung 3.7: Struktur der Ablaufplanung in RIB ITWO (Weist 2019, S. 84)

„Die Submodule und deren Parameter werden jeweils als Sammelvorgänge erstellt. Die jeweiligen Ausprägungen bilden die einzelnen erforderlichen Terminplanungsvorgänge. Durch dieses Vorgehen ist es möglich, jede Leistungsposition aus dem Leistungsverzeichnis mit einem Vorgang aus dem Ablaufmodell verknüpfen zu können. Durch die Symbiose aus Leistungsverzeichnis und BIM-Modell entsteht synchron eine Verbindung mit dem BIM-Modell. Dementsprechend werden auch in dem Vorgangsmo**del**

der Ablaufplanung nur Vorgänge aktiviert, dessen verknüpfte Bauteile innerhalb des BIM-Modells modelliert wurden.” (Weist 2019, S. 84)

Einzelvorgangsdauern basieren auf den zugehörigen Aufwandswerten aus der erstellten Datenbasis. Da eine automatisierte Multiplikation von Aufwandswerten und Mengen zur Ermittlung der Vorgangsdauern softwarebasiert aktuell mit Hilfe der in der vorliegenden Untersuchung eingesetzten Software nicht möglich ist, muss dieser Schritt manuell erfolgen. Sind die Vorgänge auf Grundlage der Datenbasis erstellt, müssen Anordnungsbeziehungen der unterschiedlichen Vorgänge definiert werden. Dabei erhält jede beeinflussende Ausprägung eines Parameters eine definierte Anordnungsbeziehung innerhalb der Ablaufplanung. Dadurch wird gewährleistet, dass jeder Einfluss durch unterschiedliche Ausprägungen und Parameter in der Ablaufplanung dargestellt werden kann. Die Anordnungen sind dabei so konzipiert, dass die jeweiligen Ausprägungen eines Parameters zum selben Zeitpunkt beginnen (vgl. Abbildung 3.6). (vgl. Weist 2019, S. 85)

Struktur	Schlüssel	Bezeichnung	Anfang	Ende
[-]	001.006	Schottertragschicht	25.02.2019	12.04.2019
[-]	001.006.001	Grundleistung	25.02.2019	01.03.2019
[-]	001.006.001.001	Grundleistung	25.02.2019	01.03.2019
[+]	001.006.002	Verdichtungsgrad	04.03.2019	08.03.2019
[+]	001.006.003	Verformungsmodul	11.03.2019	15.03.2019
[+]	001.006.004	Anforderungen an Baustoffgemis	18.03.2019	22.03.2019
[+]	001.006.005	Dicke [cm]	25.03.2019	29.03.2019
[+]	001.006.006	Geräteinsatz Tiefbau	01.04.2019	05.04.2019
[+]	001.006.007	Kömung	08.04.2019	12.04.2019
[-]	001.007	Untergrund	11.02.2019	22.02.2019
[-]	001.007.001	Grundleistung	11.02.2019	15.02.2019
[-]	001.007.001.001	Grundleistung	11.02.2019	15.02.2019
[-]	001.007.002	Verformungsmodul	18.02.2019	22.02.2019
[-]	001.007.002.001	EV2 45 Mpa, min DPr = 0,95	18.02.2019	22.02.2019
[-]	001.007.002.002	EV2 60 Mpa, min DPr = 0,97	18.02.2019	22.02.2019
[-]	001.007.002.003	EV2 70 Mpa, min DPr = 0,97	18.02.2019	22.02.2019
[-]	001.007.002.004	EV2 80 Mpa, min DPr = 1,00	18.02.2019	22.02.2019
[-]	001.007.002.005	EV2 100 Mpa, min DPr = 1,00	18.02.2019	22.02.2019
[-]	001.007.002.006	EV2 120 Mpa, min DPr = 1,00	18.02.2019	22.02.2019
[-]	001.007.002.007	EV2 150 Mpa, min DPr = 1,00	18.02.2019	22.02.2019

Abbildung 3.8: Anordnungsbeziehungen zwischen Parametern und Ausprägungen (Weist 2019, S. 86)

3.4 Ergebniszusammenstellung

Durch die Erstellung einer Datenbasis als Grundlage für eine modellbasierte Kostenermittlung und Ablaufplanung am Beispiel des Hauptmoduls Bodenplatte können die jeweiligen Informationen insofern kategorisiert werden, als das qualitäts-, kosten- und aufwandswertrelevante Parameter und Ausprägungen identifizierbar sind. Durch die zusätzliche Verknüpfung der Daten für die Kostenermittlung und Ablaufplanung in *RIB ITWO* werden jeweils nur die Leistungspositionen angesprochen, deren Parameter respektive Ausprägungen innerhalb des BIM-Modells modelliert wurden. Dementsprechend ist es möglich, sämtliche Parameter und Ausprägungen der Datenbasis des BIM-Modells zu variieren und zu jeder Zeit die richtigen Leistungspositionen im Leistungsverzeichnis und die richtigen Vorgänge in der Ablaufplanung aktivieren zu können. Der gesamte Vorgang verläuft nahezu automatisiert, wodurch Variantenprüfungen sehr schnell und effizient realisierbar sind. Zusammenfassend kann der Anpassungsprozess durch den erhöhten Automatisierungsgrad und einer standardisierten Ermittlung von Kosten und Terminen beschleunigt und zugleich effizienter gestaltet werden.

4 BIM in der Kombination mit Constraint Solving Techniken

Eine Schwachstelle des in Kapitel 3 vorgestellten Ansatzes ist in einem erhöhten Aufwand durch die manuelle Verknüpfung von Anordnungsbeziehungen der verschiedenen Vorgänge innerhalb der Ablaufplanung, zu identifizieren. Da darausfolgend eine Synchronisierung der Ablaufplanungen der Module untereinander für die Erstellung eines Gesamtablaufplanes sehr aufwendig ist, ist zu untersuchen, inwiefern der Vorgang der Erstellung eines Gesamtterminplanes auf Basis von vorhandenen Modulen optimiert bzw. automatisiert werden kann. Lenz et al. liefern in diesem Zusammenhang einen Ansatz. Sie erarbeiten ein Konzept für die Verknüpfung von Daten einzelner Planungsmodulen mit Hilfe einer sogenannten Constraint Solving Technik. Constraint Solving Softwareanwendungen werden am Lehrstuhl für Software Engineering der TU Dortmund entwickelt. Bei

dieser Technik werden Planungsprozesse teilautomatisiert auf Basis von Modulen erstellt und unterschiedlichste Prozessvarianten geprüft. Dabei können verschiedene Planungsvarianten durch den Constraint-Solver ausgegeben und in verschiedenen Projektmanagement-Softwareanwendungen, wie beispielsweise MS Project visualisiert und weiterverarbeitet werden. (vgl. Lenz et al. 2019) Constraint Solving Techniken können folglich dazu beitragen, den Automatisierungsgrad im Bereich der Ablaufplanung von Anpassungsprozessen zu erhöhen und somit in Kombination mit der BIM-Methodik zu einer Erhöhung der Anpassungsintelligenz von Fabriken im dynamischen und komplexen führen.

Literatur

- Baupreislexikon (2019): Das Baupreislexikon.
<http://www.baupreislexikon.de> [Zugriff am: 18.04.2019].
- BKI (2019): Baukostenindex. <http://www.bki.de> [Zugriff am: 18.04.2019].
- DBD (2019): Dynamische Baudaten. <https://www.dbd-online.de> [Zugriff am: 18.04.2019].
- Delbrügger, T.; Döbbeler, F.; Graefenstein, J.; Lager, H.; Lenz, L. T.; Meißner, M. et al. (2017): Anpassungsintelligenz von Fabriken im dynamischen und komplexen Umfeld. In: ZWF 112 (6), S. 364–368.
- Gralla, M.; Lenz, L. T. (2017): Digitalisierung im Baubetrieb. Building Information Modeling und virtuelle Zwillinge. In: Fenner, J. (Hrsg.): Festschrift zum 60. Geburtstag von Univ.-Prof. Dr.-Ing. Christoph Motzko, Darmstadt.
- Heinze (2019): Heinze. <https://www.heinze.de> [Zugriff am: 18.04.2019].
- Hernández Morales, R. (2003): Systematik der Wandlungsfähigkeit in der Fabrikplanung. Zugl.: Hannover, Univ., Diss., 2002. Als Ms. gedr. Düsseldorf: VDI-Verl. (Fortschritt-Berichte VDI Reihe 16, Technik und Wirtschaft, 149).
- Lenz, L. T.; Graefenstein, J.; Winkels, Jan; Gralla, M. (2019): Smart Factory Adaptation Planning by means of BIM in Combination of Constraint Solving Techniques. Word Building Congress 2019, 17. – 21.06.2019, The Hongkong Polytechnic University, China.
- Scholz, D. (2017): Anpassungsintelligenz von Fabriken im dynamischen und komplexen Umfeld. Forschungsbericht des DFG-Graduiertenkollegs 2193. Technische Universität Dortmund, Dortmund.
- Sirados (2019): Sirados Baudaten, <https://www.sirados.de> [Zugriff am: 18.04.2019].
- Weist, K. C. (2019): BIM im Bauprozessmanagement – Entwicklung einer Datenbasis für die modellbasierte Ablaufplanung und Kalkulation. Dortmund, TU Dortmund, Masterarbeit.

Subjektive Einflüsse bei der Zustandsbewertung von Ingenieurbauwerken

Cornell Weller

Cornell Weller, Institut für Baubetriebswesen, Technische Universität Dresden, Deutschland

Kurzfassung

Die Zustandsbewertung von Ingenieurbauwerken des Straßenverkehrs erfolgt in Deutschland nach DIN 1076. Danach sind Ingenieurbauwerke in regelmäßigen Abständen von einem sachkundigen Ingenieur auf Mängel und Schäden zu untersuchen. Identifizierte Abweichungen oder Veränderungen vom planmäßigen Sollzustand sind anschließend nach RI-EBW-PRÜF nach den Kriterien Standsicherheit, Verkehrssicherheit und Dauerhaftigkeit zu bewerten. Die Zustandsbewertung erfolgt ausschließlich durch den Bauwerksprüfer und ist – trotz vorgegebener Prüfmethode und Bewertungsvorgaben – ein subjektiver Vorgang. Zahlreiche persönliche und äußere Faktoren beeinflussen die Bewertungsentscheidung des Bauwerksprüfers. In einem Forschungsprojekt der TU Dresden wurde nachgewiesen, dass verschiedene Prüfer ein Ingenieurbauwerk unter gleichen Bedingungen unterschiedlich bewerten. In diesem Beitrag werden die wesentlichen Einflussfaktoren für die Bewertungsentscheidung untersucht.

Inhalt

1	Überwachung von Ingenieurbauwerken	376
2	Einflussfaktoren der Zustandsbewertung	378
2.1	Organisation	378
2.2	Bauwerksprüfer	379
2.3	Bewertungsverfahren	380
3	Untersuchungen im Forschungsprojekt	382
3.1	Versuchsaufbau	382
3.2	Untersuchungsergebnisse	384
4	Schlussfolgerungen und Ausblick	386
	Literatur.....	388

1 Überwachung von Ingenieurbauwerken

Nach dem Bundesfernstraßengesetz (FStrG) ist der Bund Träger der Straßenbaulast für Bundesautobahnen und Bundesstraßen mit Ortsdurchfahrten. (vgl. BMJV 2017, S. 3). Die Überwachung und Prüfung von Ingenieurbauwerken im Zuge dieser Straßen ist in der DIN 1076 geregelt. Diese Norm ist auf Bundes- und Landesebene verbindlich eingeführt. Als „allgemein anerkannte Regel der Technik“ hat sie außerdem rechtliche Wirkung auf die kommunalen Straßenbaulastträger. Sie regelt die fortlaufende Zustandserfassung und ist Grundlage für sämtliche Unterhaltungsmaßnahmen. In der Richtlinie zur einheitlichen Erfassung, Bewertung, Aufzeichnung und Auswertung von Ergebnissen der Bauwerksprüfungen nach DIN 1076 (RI-EBW-PRÜF) sind die Aufgaben der Bauwerksüberwachung formuliert. Ziel dieser ist es, Abweichungen (Mängel) und Veränderungen (Schäden) des Bauwerkszustandes zum planmäßigen Sollzustand zu ermitteln (vgl. BMVI 2017, S. 6). Durch die Bewertung identifizierter Beeinträchtigungen wird der Bauwerkszustand beurteilt und entschieden, ob ein Bauwerk weiterhin nach den aktuellen Anforderungen genutzt werden kann. Werden durch die Beeinträchtigungen definierte Sicherheitsniveaus in den Kriterien Standsicherheit, Verkehrssicherheit oder Dauerhaftigkeit überschritten, sind Instandhaltungsmaßnahmen einzuleiten und gegebenenfalls Nutzungseinschränkungen erforderlich. Maßnahmen der Instandhaltung werden nach DIN 31051 in Wartung, Inspektion, Instandsetzung und Verbesserung untergliedert (vgl. DIN 31051:2012-09, S. 4). Danach verzögern die Wartungsmaßnahmen die Abnutzung. Durch Inspektionen, wird der Istzustand eines Bauwerks bestimmt und es werden die Ursachen für Abnutzungerscheinungen ermittelt. Lassen sich die Ursachen für Schädigungen in Bauwerksprüfungen (Inspektionen) nach DIN 1076 nicht zweifelsfrei nachweisen, sind diese durch weiterführende intensive Untersuchungen in objektbezogenen Schadensanalysen (OSA) zu ergründen. Nach der Ursachenermittlung kann durch Instandsetzungsmaßnahmen die Funktionstauglichkeit eines Bauteils wiederhergestellt werden. Überdies lässt sich durch Verbesserungsmaßnahmen die Nutzungsdauer eines Bauwerks zusätzlich verlängern. In Abbildung 1.1 wird der Einfluss von Instandhaltungsmaßnahmen nach DIN 31051 auf die Nutzungsdauer von Bauwerken grafisch

dargestellt. Dabei wird der Verbrauch des Abnutzungsvorrates durch eine idealisierte Verlaufskurve verdeutlicht. Aus den regelmäßigen Überwachungsergebnissen werden die notwendigen Instandsetzungs- und Verbesserungsmaßnahmen bestimmt, die entsprechend einer netzweiten Priorisierung sowie nach dem zur Verfügung stehenden Haushaltsbudget durchgeführt werden.

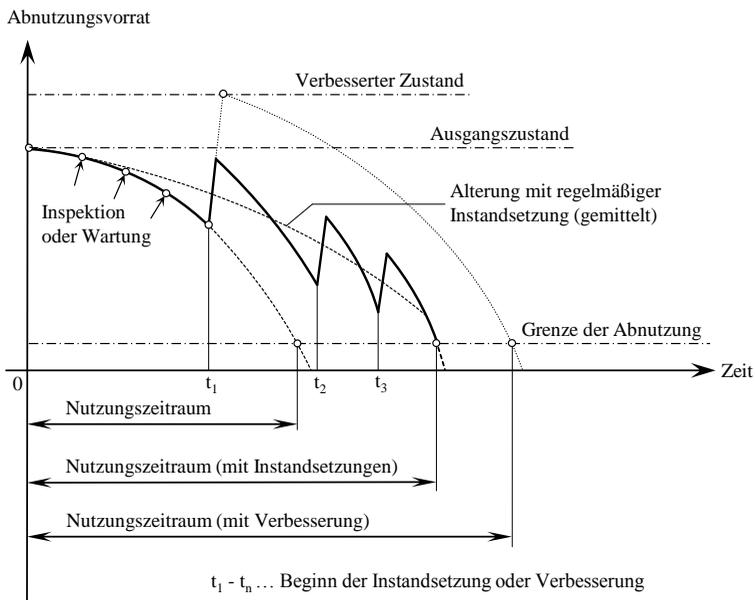


Abbildung 1.1: Instandhaltung von Ingenieurbauwerken (vgl. Mader et al. 2016, S. 1136)

Die Festlegung der Zustandsnote eines Ingenieurbauwerks ist gleichbedeutend mit dem Schädigungsgrad des Bauwerks. Aus den Einzelschadensbewertungen der regelmäßigen Bauwerksprüfungen nach DIN 1076 kann der Instandsetzungsaufwand abgeleitet werden. Jedoch ist die Bewertung der Einzelschäden nach RI-EBW-PRÜF kein eindeutiger Vorgang, bei dem für ein spezielles Schadensbild im Ergebnis stets die gleiche Zustandsnote ermittelt wird. Vielmehr wird die Bestimmung der Zustandsnote und damit

der gesamte Bewertungsprozess von zahlreichen Faktoren beeinflusst, die im folgenden Abschnitt näher erläutert werden.

2 Einflussfaktoren der Zustandsbewertung

2.1 Organisation

Die Straßenbaubehörden sind verantwortlich für die Überwachung und Unterhaltung der Ingenieurbauwerke in ihrer Straßenbaulast. Sie entscheiden anhand des vorhandenen Haushaltsbudgets und des Bauwerkbestandes über die Vorhaltung eigener Prüfteams oder die Fremdvergabe von Prüfleistungen (vgl. BMVBS 2013, S. 23). Prüfteams werden ganzjährig aus Haushaltsmitteln finanziert, währenddessen Fremdvergaben das Haushaltsbudget nur punktuell (objektspezifisch) belasten. Bei der Vergabe an Dritte fallen aber zusätzliche Kosten für den Ausschreibungs- und Vergabeprozess sowie für die Überwachung der Prüfleistungen an. Zur Gewährleistung einer weitestgehend objektiven Zustandsbeurteilung, sollten aufeinanderfolgende Bauwerksprüfungen an einem Bauwerk möglichst von unterschiedlichen Prüfern durchgeführt werden. Durch dieses Wechselmodell lassen sich subjektive Einflüsse im Bewertungsprozess ausgleichen/reduzieren. Das BMVBS empfiehlt sogar den Wechsel zwischen Bauwerksprüfungen von Ingenieurbüros und Prüfungen durch eigenes Personal. (vgl. BMVBS 2013, S. 21). Bei der Vergabe von Prüfleistungen an Ingenieurbüros ist zu beachten, dass es für Bauwerksprüfungen aktuell keine verbindlichen Leistungsbeschreibungen und Honorarvorschriften gibt. Eine Grundlage zur angemessenen Honorierung und detaillierten Leistungsbeschreibung wurde erstmals 2016 mit der „Empfehlung zur Leistungsbeschreibung, Aufwandsermittlung und Vergabe von Leistungen der Bauwerksprüfung nach DIN 1076“ des Vereins zur Förderung der Ausbildung zur Brückenprüfung, Brückeninspektion und Bauwerksprüfung nach DIN 1076 (VFIB e. V.) herausgegeben (vgl. VFIB e.V. 2016). Diese ist jedoch nicht bindend, wodurch Angebote Dritter weiterhin dem Preiswettbewerb unterliegen. Teilweise sind nicht auskömmliche Angeboten die Folge, weshalb der Einsatz ungenügend qualifizierten Prüfpersonals nicht auszuschließen ist und Entscheidungen für Zustandsbewertungen starken Schwankungen

unterliegen können. Dies wird ebenfalls von einer Statistik des Landesbetriebes Straßenwesen Brandenburg aus den Jahren 2010 und 2011 belegt, wonach „Dumpingangebote“ zur gängigen Praxis zählen (vgl. Reibetanz und Schindler 2016, S. 57).

2.2 Bauwerksprüfer

Nach DIN 1076 sind visuelle Bauwerksprüfungen von einem sachkundigen Ingenieur durchzuführen. Er muss also die Qualifikation besitzen, den Bauwerkszustand nach den Kriterien Standsicherheit, Verkehrssicherheit und Dauerhaftigkeit beurteilen zu können. Seine Entscheidungen im Prüfprozess werden darüber hinaus durch die Persönlichkeit, die Erfahrung und den physischen sowie psychischen Zustand beeinflusst. Neben den persönlichen Faktoren, beeinträchtigen äußere Einflüsse (z. B. Wetter, Tageszeit, Ausrüstung) die Schadensbewertungen des Prüfers (siehe Abbildung 2.1).



Abbildung 2.1: Einflussfaktoren auf Entscheidungen des Bauwerksprüfers

Der Mensch ist das zentrale Element der Bauwerksprüfung nach DIN 1076. In Bauwerksprüfungen muss er zahlreiche Einzeltätigkeiten (z.B. Sehen,

Hören, Lesen, Klettern, Messen) unter wechselhaften äußeren Bedingungen durchführen, um mit seinen persönlichen Fähigkeiten den Zustand eines Ingenieurbauwerkes realistisch beurteilen zu können. Dabei sind sein Vorgehen und seine Entscheidungen neben den benannten Faktoren, von persönlichen Erlebnissen und Erkenntnissen aus bereits durchgeführten Bauwerksprüfungen geprägt. Nachfolgend wird die Wirkung der äußeren Einflüsse am Beispiel des Wetters vorgestellt.

Die äußeren Einflüsse wirken zusätzlich zu den persönlichen Einflüssen und sind im Gegensatz dazu detailliert planbar. Sie können also genutzt werden, um die Informationsgewinnung während der Bauwerksprüfung zu begünstigen. Beispielsweise können extreme Temperaturen (z. B. Hitze) die Leistungsfähigkeit des Prüfers herabsetzen oder Schadensbilder optisch verändern (z. B. gut erkennbares Rissbild nach Regen).

2.3 Bewertungsverfahren

Das Verfahren zur Bewertung des Bauwerkzustandes wird durch die RI-EBW-PRÜF vorgegeben. Danach ist jeder erfasste Einzelschaden oder Mangel separat nach den Kriterien Standsicherheit, Verkehrssicherheit und Dauerhaftigkeit mit einer diskreten Zahl zu bewerten. Jedes dieser Kriterien ist mit 0, 1, 2, 3 oder 4 zu bewerten (vgl. BMVI 2017, S. 6–12). Bei 0 hat der Mangel/Schaden keinen Einfluss auf das Bauteil/Bauwerk, wohingegen Schäden mit 4 zu bewerten sind, wenn durch diese die Standsicherheit (S), Verkehrssicherheit (V) oder Dauerhaftigkeit (D) des Bauteils und des Bauwerks nicht mehr gegeben ist. Bei dieser Bewertung sind stets sofortige Maßnahmen und Nutzungseinschränkungen erforderlich. Aus allen Einzelschadensbewertungen wird durch einen Bewertungsalgorithmus die Zustandsnote des Bauwerks bestimmt. Der Bewertungsalgorithmus ist in Abbildung 2.2 dargestellt. Grundlage der Zustandsnotenermittlung sind die Einzelschadensbewertungen. Jeder Bewertungskombination für S, V und D mit den jeweiligen Bewertungen von 0 bis 4 wird eine Basiszustandszahl zugeordnet. Durch die Berücksichtigung von Schadensumfang, Schadensanzahl innerhalb der Bauteilgruppen und der Anzahl geschädigter Bauteilgruppen mittels Zu- und Abschlägen, wird die Zustandsnote des Bauwerks bestimmt. In Abbildung 2.2 ist ersichtlich, dass die Zustandsnote

maßgeblich aus dem am schlechtesten bewerteten Einzelschaden ($\max Z_1$) ermittelt wird.

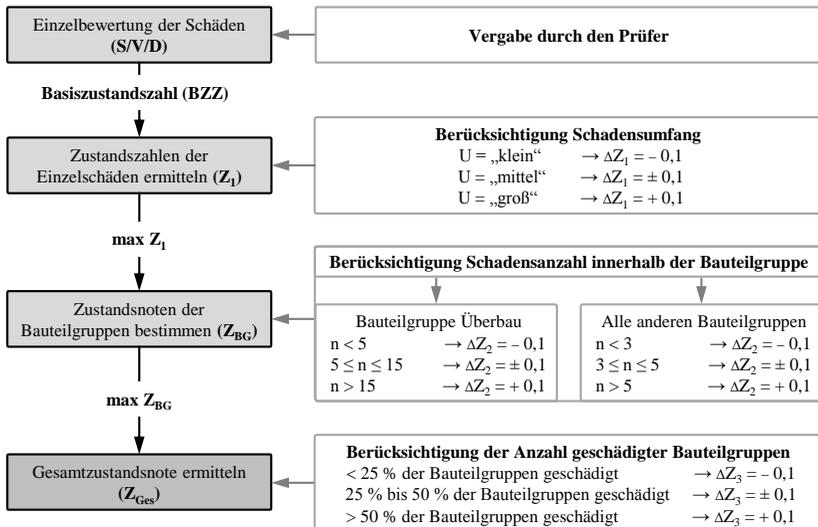


Abbildung 2.2: Bewertungsalgorithmus der Zustandsnote (Bundesanstalt für Straßenwesen 1999, S. 38–39)

Die ermittelte Zustandsnote kann Werte zwischen 1,0 und 4,0 annehmen, die nach RI-EBW-PRÜF in einen der folgenden sechs Notenbereiche eingeordnet wird: 1,0 – 1,4 (sehr guter Zustand), 1,5 – 1,9 (guter Zustand), 2,0 – 2,4 (befriedigender Zustand), 2,5 – 2,9 (ausreichender Zustand), 3,0 – 3,4 (nicht ausreichender Zustand) und 3,5 – 4,0 (ungenügender Zustand). Diesen Notenbereichen sind Beschreibungen der Schadensauswirkungen und Fristen für Unterhaltungs- und Instandsetzungsmaßnahmen zugeordnet. Überdies dienen die Grenzen der Notenbereiche als Warn- und Schwellenwerte in der Bauwerksverwaltung. Beispielsweise ist eine Brücke mit der ermittelten Zustandsnote von 2,3 in einem befriedigendem Zustand. Für diesen sind mittelfristig Instandsetzungen vorzusehen und ggf. kurzfristig

Maßnahmen zur Schadensbeseitigung oder Warnhinweise zur Aufrechterhaltung der Verkehrssicherheit einzuleiten (vgl. BMVI 2017, S. 13).

3 Untersuchungen im Forschungsprojekt

Das Forschungsprojekt ADFEX (Adaptive föderative 3D-Exploration mit Multi-Roboter-System) wurde von 2014 bis 2016 an der TU Dresden durchgeführt. Ziel des Projekts war es, anwendungsspezifische Szenarien zur Inspektion von Brückenbauwerken mit Flugrobotern zu untersuchen. Für die Zustandsaufnahme von Bauwerksschäden mit Flugrobotern wurde eine Beispielbrücke in Dresden gewählt. Um die Qualität von Inspektionen mit Flugrobotern mit personellen Inspektionen vergleichen zu können, musste der aktuelle Bauwerkszustand der Beispielbrücke durch eine Hauptprüfung nach DIN 1076 und Auswertung nach RI-EBW-PRÜF ermittelt werden. Diese Untersuchung wurde genutzt, um die Subjektivität von Zustandsbewertungen zu überprüfen. Dafür wurde im Forschungsprojekt die nachempfundene Hauptprüfung nicht einmalig, sondern gleich dreimal von verschiedenen Bauwerksprüfern durchgeführt. Für den Bewertungsvergleich musste jeder Prüfer einen Prüfbericht entsprechend der Hauptprüfung nach DIN 1076 erstellen. Das Vorgehen der Untersuchung und die Beurteilung der Untersuchungsergebnisse werden in den folgenden Abschnitten vorgestellt.

3.1 Versuchsaufbau

Durch die Begutachtung eines Bauwerks von verschiedenen unabhängigen Prüfern, wurde untersucht, ob mit dem Bewertungsverfahren der RI-EBW-PRÜF der Bauwerkszustand von Ingenieurbauwerken einheitlich bewertet werden kann. Im Forschungsprojekt wurde dafür ein Teil der Sternstraßenbrücke über die Flutrinne der Elbe in Dresden untersucht. In Abbildung 3.1 ist dieser Untersuchungsteil in Planansichten dargestellt. Aufgrund des vorhandenen Projektbudgets für diese Teilaufgabe, konnte nur der markierte südliche Teil der Brücke untersucht werden. Von Vorteil war dabei, dass der Bereich unterhalb der Brücke mit Hubsteigern befahrbar war, was die handnahe Untersuchung der Überbauuntersichten erleichterte.

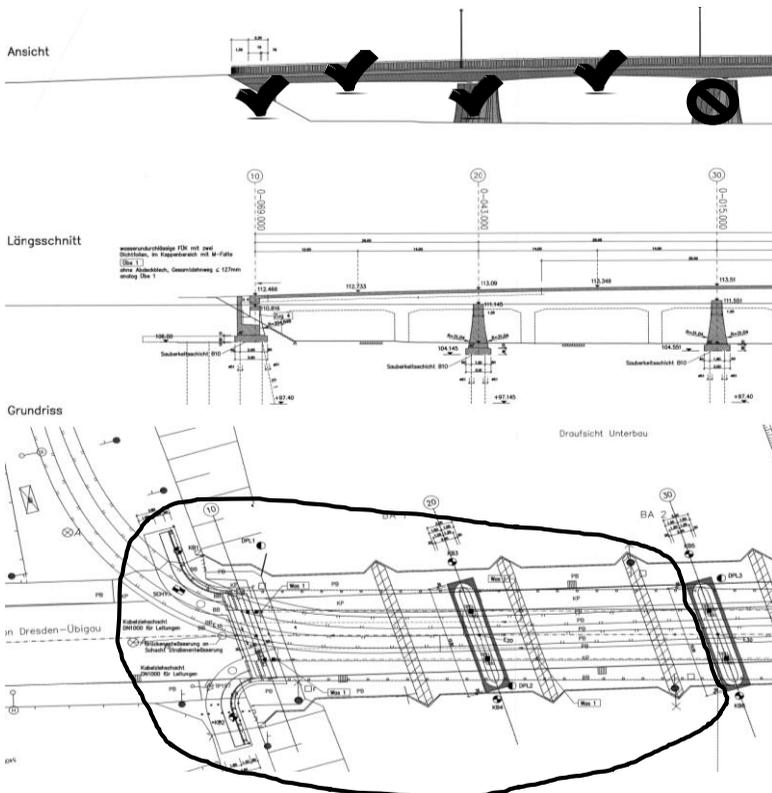


Abbildung 3.1: Planauszüge der Sternstraßenbrücke

Die drei Bauwerksprüfer wurden von den am Forschungsprojekt beteiligten Ingenieurbüros gestellt. Damit die Ergebnisse der Bauwerksprüfungen vergleichbar waren, wurde darauf geachtet, dass die Bauwerksprüfer die gleiche fachliche Qualifikation und Erfahrung besitzen. Darüber hinaus wurden allen Prüfern die gleichen Dokumente (letzter Prüfbericht, Bauwerksbuch und Pläne) und der gleiche Hubsteiger für die Besichtigung zur Verfügung gestellt. Außerdem wurde darauf geachtet, dass alle Prüfungen zur gleichen Tageszeit begannen und annähernd die gleichen Witterungsverhältnisse herrschten. Die Untersuchungen wurden im Herbst bei

ca. 10° Celsius mit leichter Bewölkung und ohne Niederschlag durchgeführt.

3.2 Untersuchungsergebnisse

Die Ergebnisse der Untersuchung orientieren sich an zwei wesentlichen Fragestellungen:

- Werden von allen Prüfern die gleichen Schäden identifiziert und
- Werden gleiche Schäden durch die Prüfer unterschiedlich bewertet?

Nach den durchgeführten Teil-Hauptprüfungen wurde von den Prüfern jeweils ein Prüfbericht mit der Software SIB-Bauwerke (Programmsystem zur Bewertung von Bauwerksschäden nach RI-EBW-PRÜF) erstellt. Die Auswertung der Prüfberichte erfolgte nach den oben genannten Fragestellungen. Die Anzahl aller erfassten Einzelschäden in den verschiedenen Bauteilgruppen ist Tabelle 3.1 zu entnehmen.

Tabelle 3.1: Anzahl erfasster Einzelschäden

Bauteilgruppe	Prüfer 1	Prüfer 2	Prüfer 3
Überbau	15	4	1
Unterbau	16	7	4
Lager	4	3	3
Fahrbahnübergang	1	2	5
Abdichtung	0	0	1
Kappen	8	4	2
Schutzeinrichtungen	1	3	3
Ausstattung, Gelände (Sonstiges)	2	5	2
Summe	47	28	21

Insgesamt wurden in den Prüfungen 74 verschiedene Einzelschäden identifiziert, wovon lediglich 11 Schäden durch alle drei Prüfer erkannt wurden.

Da für diese Untersuchung im Vorfeld keine objektive Schadensanalyse des Bauwerks durch ein Fachgremium aus Gutachtern erstellt wurde, kann aus den Prüfberichten nicht geschlussfolgert werden, welche der 74 dokumentierten Einzelschäden überhaupt als solche nach RI-EBW-PRÜF zu erfassen sind. Somit konnte aus der Untersuchung nur die Abweichung der aufgenommenen Schadensanzahl zwischen den Prüfern bestimmt werden. Prüfer 1 hat 36 Schäden mehr aufgenommen als die beiden anderen Prüfer. Das entspricht einer Abweichung von 77 %. Beim Prüfer 2 waren es 17 Schäden, was einer Abweichung von 61 % entspricht und Prüfer 3 hat 10 Schäden identifiziert, die nicht auch von den beiden anderen Prüfern erkannt wurden. Die Abweichung beträgt in diesem Fall 48 %. Somit ist die erste Fragestellung, ob von allen Prüfern die gleichen Schäden identifiziert werden zu verneinen.

Für die Untersuchung der zweiten Fragestellung wurden die vergebenen Bewertungen aller identifizierten Schäden ausgewertet. Wie in Abbildung 2.2 dargestellt, ist der am schlechtesten bewertete Einzelschaden maßgebend für die Ermittlung der Zustandsnote des Bauwerks. Tabelle 3.2 enthält die Bewertungen der maßgebenden Einzelschäden, die daraus ermittelte Zustandsnote und den zugehörigen Notenbereich nach RI-EBW-PRÜF.

Tabelle 3.2: Bewertungsergebnisse der Teil-Hauptprüfungen

Ergebnis	Prüfer 1	Prüfer 2	Prüfer 3
Bewertung S V D des maßgebenden Schadens	1 0 2	0 1 2	1 1 1
Zustandsnote	2,5	1,9	1,5
Notenbereich nach RI-EBW-PRÜF	2,5 – 2,9	1,5 – 1,9	1,5 – 1,9
	ausreichender Zustand	guter Zustand	guter Zustand

Tabelle 3.2 zeigt die große Schwankungsbreite zwischen den Bewertungsergebnissen. Zum einen unterscheiden sich alle drei Bewertungen des maßgebenden Einzelschadens und zum anderen wird dadurch sogar der

Notenbereich 2,0 – 2,4 (befriedigender Zustand) zwischen den Extrembewertungen ausgelassen. Die zweite Fragestellung, ob gleiche Schäden durch verschiedene Prüfer unterschiedlich bewertet werden, wurde in der Untersuchung bestätigt. Die Ursachen für die einzelnen Abweichungen sind nicht eindeutig bestimmbar. Allerdings wird eine Bewertung durch den Menschen immer von subjektiven Einflussfaktoren geprägt sein. Dennoch überrascht die hohe Abweichungsquote. Diese wird auch durch eine weitaus umfassendere Untersuchung in den USA gestützt. Die Federal Highway Administration hat bereits 2001 in einem Forschungsprojekt die visuellen Prüfergebnisse von 49 Prüfern ausgewertet, die jeweils die gleichen 10 Brücken bewerten mussten. Dabei wurde festgestellt, dass mit einer Wahrscheinlichkeit von 95 % die Prüfbewertungen mit ± 2 Bewertungsstufen (bei einer 10 stufigen Bewertungsskala) um einen zuvor objektiv ermittelten Mittelwert schwankten (vgl. Mark Moore et al. 2001, S. 169).

4 Schlussfolgerungen und Ausblick

Aus den Ergebnissen der vorgestellten Untersuchung kann festgestellt werden, dass die Identifikation von Mängeln und Schäden an Ingenieurbauwerken und die Bewertung im vorgegeben Verfahren nach RI-EBW-PRÜF sehr stark von subjektiven Entscheidungen des Bauwerksprüfers geprägt sind. Diese Entscheidungen werden durch die zahlreichen persönlichen und äußeren Einflussfaktoren bestimmt, denen Prüfer bei Bauwerksinspektionen ausgesetzt sind. Für die Beurteilung von Prüfberichten sollte deshalb niemals alleinig die Zustandsnote betrachtet werden, vielmehr sind die Schadensbeschreibungen, deren Ursachen und mögliche Auswirkungen zu beurteilen. Erst dadurch lassen sich Abnutzung und Schädigungsgrad vergleichsweise objektiv und realistisch abschätzen. Zur Erhöhung der Verlässlichkeit von Zustandsnoten sollten deshalb:

- die Schadensbeispiele der RI-EBW-PRÜF kontinuierlich ergänzt und für eine eindeutige Zuordnung zu einem analysierten Schadensbild optimiert werden und

- die Bewertungsskale zur Erfassung von Tendenzen der Schadensverschlechterung um zusätzliche Stufen erweitert werden.

Diese Anpassungen helfen die subjektiven Einflüsse bei Bauwerksinspektionen zu reduzieren. Denn die Kenntnis der aktuellen Bauwerkszustände ist für die Baulastträger entscheidend, um die begrenzten Haushaltsmittel für Erhaltungsmaßnahmen von Ingenieurbauwerken optimal und vorausschauend einsetzen zu können.

Literatur

- BMJV (2017): Bundesfernstraßengesetz. FStrG vom 06.08.1953. Hg. v. Bundesministerium für Justiz und Verbraucherschutz, <https://www.juris.de> [Zugriff am: 18.04.2019].
- BASSt (1999): Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Heft 22. Hg. v. Bundesanstalt für Straßenwesen, Bergisch Gladbach.
- BMVI (2017): Richtlinie zur einheitlichen Erfassung, Bewertung, Aufzeichnung und Auswertung von Ergebnissen der Bauwerksprüfungen nach DIN 1076. RI-EBW-PRÜF, zu beziehen über www.bast.de. Hg. v. Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur, Bergisch Gladbach.
- BMVBS (2013): Bauwerksprüfung nach DIN 1076 Bedeutung, Organisation, Kosten, zu beziehen über www.bast.de. Hg. v. Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, Bergisch Gladbach.
- DIN 31051:2012-09: Grundlagen der Instandhaltung. DIN Deutsches Institut für Normung e.V., Beuth Verlag, Berlin.
- Mader, D.; Blaskow, R.; Westfeld, P.; Weller, C. (2016): Potential of UAV-Based Laser Scanner and Multispectral Camera Data in Building Inspection. In: ISPRS Congress (Hrsg.): The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, XXIII. Prag (Volume XLI-B1, 2016), S. 1135–1142. <http://www.int-arch-photogramm-remote-sens-spatial-inf-sci.net/XLI-B1/1135/2016/isprs-archives-XLI-B1-1135-2016.pdf> [Zugriff am: 18.04.2019].
- Moore, M.; Phares, B.; Graybeal, B.; Rolander, D. (2001): Reliability of Visual Inspection for Highway Bridges. Volume 1: Final Report. Hg. v. U.S. Department of Transportation / Federal Highway Administration. Georgetown Pike. <https://www.researchgate.net/publication/273680040> [Zugriff am: 18.04.2019].
- Reibetanz, O.; Schindler, E. (2016): Angemessene Honorare für die Bauwerksprüfung nach DIN 1076. Mehr Transparenz bei Leistungsbeschrei-

bung und Aufwandsermittlung. In: Deutsches Ingenieurblatt (11), S. 56–61.

VFIB e.V. (2016): Empfehlung zur Leistungsbeschreibung, Aufwandsermittlung und Vergabe von Leistungen der Bauwerksprüfung nach DIN 1076. Hg. v. Vereins zur Förderung der Ausbildung zur Brückenprüfung, Brückeninspektion und Bauwerksprüfung nach DIN 1076, München.

KIT - Karlsruher Institut für Technologie

*Institut für Technologie und
Management im Baubetrieb*

**Fachgebiet Baubetrieb und
Bauprozessmanagement**

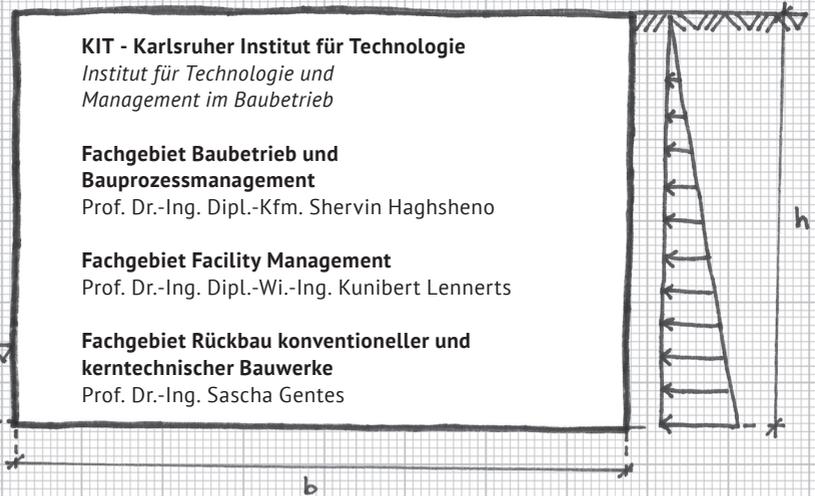
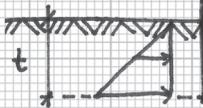
Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Kfm. Shervin Haghsheno

Fachgebiet Facility Management

Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Wi.-Ing. Kunibert Lennerts

**Fachgebiet Rückbau konventioneller und
kerntechnischer Bauwerke**

Prof. Dr.-Ing. Sascha Gentes



ISBN 978-3-7315-0906-6



9 783731 509066 >

Gedruckt auf FSC-zertifiziertem Papier