

Joseph W. Dörmann

Integration des Komplexitätsmanagements in die Baulegistik

Fraunhofer-Institut für
für Materialfluss und Logistik IML

Logistik, Verkehr und Umwelt

Hrsg.: Univ.-Prof. Dr.-Ing. Uwe Clausen

Integration des Komplexitätsmanagements in die Baulogistik

Joseph W. Dörmann

FRAUNHOFER VERLAG

Kontaktadresse:

Fraunhofer-Institut für
Materialfluss und Logistik IML
Fraunhofer-Straße 2-4
44227 Dortmund
Telefon 0231 / 97 43-0
Telefax 0711 970-42 00
E-Mail info@iml.fraunhofer.de
URL www.iml.fraunhofer.de

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

ISBN (Print): 978-3-8396-1428-0

D 61

Zugl.: Dortmund, TU, Diss., 2018

Druck: Mediendienstleistungen des
Fraunhofer-Informationszentrum Raum und Bau IRB, Stuttgart

Für den Druck des Buches wurde chlor- und säurefreies Papier verwendet.

© by **FRAUNHOFER VERLAG**, 2019

Fraunhofer-Informationszentrum Raum und Bau IRB
Postfach 80 04 69, 70504 Stuttgart
Nobelstraße 12, 70569 Stuttgart
Telefon 0711 970-25 00
Telefax 0711 970-25 08
E-Mail verlag@fraunhofer.de
URL <http://verlag.fraunhofer.de>

Alle Rechte vorbehalten

Dieses Werk ist einschließlich aller seiner Teile urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die über die engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes hinausgeht, ist ohne schriftliche Zustimmung des Verlages unzulässig und strafbar. Dies gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen sowie die Speicherung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von Warenbezeichnungen und Handelsnamen in diesem Buch berechtigt nicht zu der Annahme, dass solche Bezeichnungen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und deshalb von jedermann benutzt werden dürften.

Soweit in diesem Werk direkt oder indirekt auf Gesetze, Vorschriften oder Richtlinien (z.B. DIN, VDI) Bezug genommen oder aus ihnen zitiert worden ist, kann der Verlag keine Gewähr für Richtigkeit, Vollständigkeit oder Aktualität übernehmen.

**Integration des
Komplexitätsmanagements
in die Bauleistik**

Zur Erlangung des akademischen Grades eines

Dr.-Ing.

von der Fakultät Maschinenbau
der Technischen Universität Dortmund
genehmigte Dissertation

Dipl.-Ing. Joseph W. Dörmann
aus Caracas (Venezuela)

Tag der mündlichen Prüfung: 12.10.2018

1. Gutachter: Prof. Dr.-Ing. Uwe Clausen
2. Gutachter: Prof. Dr.-Ing. Markus König

Dortmund, 2018

Vorwort des Herausgebers

Die Veröffentlichungen in der Reihe „Logistik, Verkehr und Umwelt“ befassen sich mit zukunftsweisenden Themen unserer Gesellschaft. Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des Fraunhofer IML und des Instituts für Transportlogistik (ITL) der Technischen Universität Dortmund entwickeln neue Methoden und Vorgehensweisen zur nachhaltigen Verbesserung von Strukturen und Prozessen für Mobilität und Logistik. Der Themenhorizont der Arbeiten erstreckt sich von der Betrachtung logistischer Aufgaben, dem Verkehrswesen und der Wirkung damit einhergehender Prozesse auf unsere Umwelt.

Die Logistik im Bauwesen erstreckt sich von der Ver- und Entsorgung von Baumaßnahmen über die Emissionen einer Baustelle. Die zunehmende Konzentration der Bevölkerung auf Innenstädte und der steigende Modernisierungsdruck auf unsere Infrastruktur sind nur zwei der zahlreichen Treiber der Entwicklung einer „minimal-invasiven Baumaßnahme“. Hierbei tragen logistische Lösungen wie z. B. Transportkoordination, Flächenmanagement und effiziente Prozesse einen Beitrag zur Emissionsreduktion bei. Such- und Wartezeiten auf der Baustelle und in Ihrem Umfeld können anhand einer verbesserten Koordination und Transparenz reduziert werden, so dass eine Win-win-Situation entsteht.

Herr Dr.-Ing. Joseph W. Dörmann befasst sich am Fraunhofer IML mit der Planung und Optimierung von Baumaßnahmen. Im Rahmen seiner Arbeit entwickelt er ein holistisches Verfahren zur Planung und Abwicklung von Baumaßnahmen. Anhand des entwickelten Modells können Komplexitätstreiber frühzeitig erkannt und bewertet werden, so dass für alle Projektbeteiligten und Betroffenen ein besseres Miteinander erreicht werden kann. Der Ansatz einer verbesserten Planung birgt das größte Potenzial in sich und soll die Wirkungen von Baumaßnahmen auf Verkehr und Umwelt in Zukunft deutlich verbessern.

Ich wünsche Ihnen viel Freude beim Lesen und verbleibe,
mit freundlichen Grüßen,



Kurzfassung

Diese Arbeit beschreibt die Vorgehensweise der Integration des Komplexitätsmanagements in die Baulogistik mit dem Ziel, einen Ansatz zu einer ganzheitlichen Planung zu erreichen.

Baumaßnahmen sind Projekte der Losgröße 1. Kein Bauwerk ist dem anderen gleich oder wird unter exakt denselben Bedingungen erstellt. Mit zunehmendem Wettbewerb, Komplexität und Diversifikation der Gewerke ist der logistische Aufwand während der Bauphase in den letzten Jahren rapide gestiegen. Bisher wurde die Planung der Baulogistik als Nebendisziplin wahrgenommen und zumeist nur bei kritischen Projekten berücksichtigt.

Ziel dieser Arbeit ist die Entwicklung eines **Verfahrens zur Integration des Komplexitätsmanagements in die Planung der Baulogistik** einer jeden Baumaßnahme. Aus der individuellen Baumaßnahme leiten sich sowohl der Bedarf als auch das Verfahren der Planung der konkreten logistischen Maßnahmen ab. Sowohl der Über- als auch Unterdimensionierung der einzusetzenden Technologien als auch Ressourcen soll anhand einer Abfragemethodik vorgebeugt werden.

Vorgehensweise:

- Situationsanalyse hinsichtlich der Berücksichtigung der Baulogistik in der Bauprozessplanung
- Entwicklung eines Vorgehensmodells der integrativen Baulogistikplanung
- Entwicklung einer Methode zur ganzheitlichen Projektabfrage
- Transfer der Vorgehensmodelle der Projektplanung aus der IT in die Baulogistik mit dem Ziel der passenden Planung für die jeweilige Komplexitätsausprägung
- Vorstellung und Validierung der Vorgehensweise an einem Projektbeispiel

Ergebnis:

Eine strategische Projektabfrage ermöglicht die Klassifikation eines Bauprojektes hinsichtlich dessen Grades der Komplexität und gibt Aufschluss auf das zu entwickelnde Logistikkonzept. Anhand des Transfers verschiedener Modelle wird eine Vorgehensweise zur Planung des projektspezifischen Baulogistikkonzepts entwickelt.

Abstract

Complexity management as an approach to a holistic planning method for constructions site logistics

Every construction site may be defined as a unique project. The construction itself is unique or was built under its unique circumstances. The rising competition in the construction sector, evolving complexity and further diversification in technical disciplines increased the logistical impact of the construction phase in the last years. Planning the construction logistics has been a minor challenge but is enhancing to its own scientific and commercial field since major and critical construction projects have achieved better solutions respecting the construction logistics.

The aim of this thesis is the development of a method of logistics planning including complexity management for every constructions site. By defining dependencies of inter- and intra Domains an index of complexity of the construction site is evolved.

Approach:

- Analysis on construction logistics and planning of constructions processes
- Development of an approach of an integrative planning of constructions sites logistics
- Description of complexity enhancing dependencies
- Development of a project assessment procedure
- Transfer of IT-project planning approaches aiming to the specific complexity levels and determinations
- Introduction of the holistic procedure respecting a project example

Achievements and Solutions:

A strategical project assessment procedure enhances the classification of constructions sites respecting its complexity and logistics concepts. An approach for the planning of the specific constructions sites- and supply chain concept is developed by transferring and enhancing existing planning models and processes.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Ausgangssituation	4
1.2	Ziel der Arbeit	10
1.3	Vorgehensweise der Entwicklung	11
2	Grundlage und Abgrenzung des Untersuchungsbereichs	15
2.1	Einblick in die Bauwirtschaft	15
2.2	Herausforderungen des Bauprojektgeschäfts	16
2.3	Einführung in die Logistik und Baulogistik	25
2.4	Ziel: Baulogistik als ganzheitliches und effizientes Bindeglied	38
2.5	Baulogistik aus Sicht der Wissenschaft und Praxis	39
2.6	Zusammenfassung & Abgrenzung dieser Arbeit	50
3	Situationsanalyse und Handlungsbedarf in der baulogistischen Planungsaufgabe	53
3.1	Abgrenzung des Planungsraums	53
3.2	Forschungsbedarf und Anforderungen an die Entwicklung	62
4	Komplexitätsmanagement	69
4.1	Einführung in die Systematik der Modell- und Systemtheorie	69
4.2	Systemisches Denken als Handlungsfeld	70
4.3	Einführung in das Komplexitätsmanagement	72
4.4	Komplexitätsmanagement „Umgang mit Aufgaben gesteigerter Komplexität“	78
5	Integration des Komplexitätsmanagements in die Planung der Baulogistik	91
5.1	Ursachen und Auswirkungen einer erhöhten Komplexität in der Baulogistik	91
5.2	Eigenschaften der das Komplexitätsmanagement integrierenden Planungsmethode	92
5.3	Erläuterungen und Werkzeuge für die einzelnen Schritte	94
6	Vorstellung der Komplexitätsmanagement integrierten Methode an einem Fallbeispiel	103
6.1	Vorstellung des Fallbeispiels	103

6.2	Integration des Komplexitätsmanagements	107
6.3	Anwendung der Komplexitätsmanagementmethode.....	107
6.4	Ergebnisse des Komplexitätsmanagements im Pilotprojekt.....	114
7	Fazit und Ausblick	117
7.1	Übersicht der Ergebnisse bei der Entwicklung der Methode.....	117
7.2	Mehrwerte der Methode und ermittelte Einsatzfelder.....	120
7.3	Fortführende Forschungsfelder und Fragen	121
	Literaturverzeichnis	123
	Abbildungsverzeichnis	132
	Tabellenverzeichnis	135
	Abkürzungsverzeichnis	136
	Anhang	137

1 Einleitung

In dieser Arbeit werden Managementmethoden zum Umgang mit der zunehmenden Komplexität von Projekten diskutiert und ein Verfahren zur Qualitätssteigerung der bauplanerischen Planung und Abwicklung entwickelt.

Das Bauwesen wird durch das branchentypische Projektgeschäft dominiert und bedarf daher individueller oder angepasster Lösungen für die projektspezifischen Anforderungen. Die branchenspezifische Eigenschaft, stets in Projekten zu agieren, statt vergleichsweise zur Produktionswirtschaft wiederkehrende Prozesse zu entwickeln, hat einen zu betrachtenden Einfluss auf die Komplexität der Baumaßnahmen und ihrer Logistik. In dieser Arbeit wird eine Methode zum Umgang mit der dem jeweiligen Projekt einhergehenden Komplexität entwickelt und anhand eines Fallbeispiels vorgestellt wie auch validiert.

Die nach dem Managementprofessor Ralph D. Stacey benannte Matrix dient der Einordnung von Aufgaben in eine der vier Gruppen: „einfach“, „kompliziert“, „komplex“ und „chaotisch“.

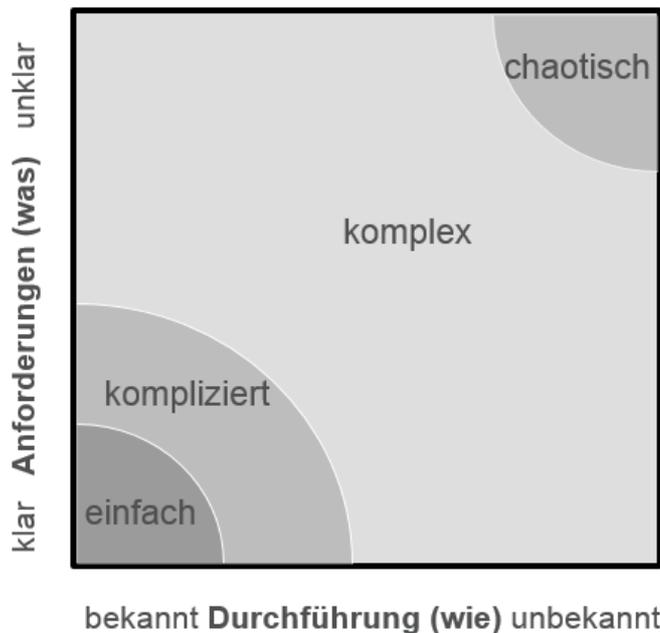


Abbildung 1: Stacey-Matrix (i. A. a. Stacey, R. D., (2002))

Aus der *Abbildung 1* wird deutlich, wie groß der Anteil der komplexen Aufgaben im Management ist. Aufgaben weisen die Eigenschaft auf, dass die jeweilige Art ihrer Durchführung (WIE wird die Aufgabe gelöst?) von „bekannt“ zu „unbekannt“

variieren kann. Diese Eigenschaft ist auf der X-Achse eingetragen. Eine Aussage zu den Anforderungen einer Aufgabe (WAS ist zu lösen?) wird auf der Y-Achse aufgetragen. Das „WAS“ kann deutlich und klar beschrieben sein oder auch unklar und dynamisch in seinem Verhalten sein. Eine Einordnung von Aufgaben oder Problemen kann anhand dieser zwei Parameter vorgenommen werden.

Diese einfache und mittlerweile veraltete Einordnung von Aufgaben und Projekten gab den Anlass zur Entwicklung von Handlungsvorschlägen und Handlungsweisen im Umgang mit Komplexität. Scheller formuliert in seinem Buch passend, „dass es im Kontext von Komplexität um Experimente geht, in denen von einer Hypothese aus etwas ausprobiert wird und in der Reaktion Muster erkannt werden wollen und dann entsprechend auf Muster reagiert wird.“ (vgl. Scheller, T. (2017), S. 37). Unsicherheiten, die ihren Ursprung im Mangel der Erfahrungen im „WIE?“ haben müssen ausgehalten werden, so dass sie sich an den unklaren Anforderungen reiben können, bis neue Muster entstehen.

Das Erarbeiten von solchen Thesen, Mustern und potenziellen Regeln steht im Mittelpunkt des Komplexitätsmanagements. Hierbei steht, wie auch bei anderen Aufgaben, die effektive und effiziente Problemlösung im Mittelpunkt.

Großprojekte, wie z. B. Großbaumaßnahmen gehen mit einer Vielzahl von Aufgaben und Problemen einher, die stets zahlreiche Risiken in sich bergen.

Großprojekte sind trotz moderner Verfahren und IT-Lösungen ein erhebliches Risiko

Die Probleme um den Bau des neuen Flughafens BER oder die Baumaßnahme um den Umbau des Hauptbahnhofs „Stuttgart 21“ sind leider keine Ausnahme. Großprojekte wie diese führen selbst in der heutigen Zeit der Digitalisierung und modernster Bautechnologien Planer und Ausfühler an ihre Grenzen. Neben der Anforderung, ein schlüssiges und finanzierbares Konzept zu erarbeiten, ist die Rolle des Bürgers und anderer Projektbetroffener / Stakeholder in den Mittelpunkt gerückt.

Hieraus resultiert, dass die Entwicklung eines Bauprojektes an Komplexität gestiegen ist und insbesondere langfristige Maßnahmen mit vielen Beteiligten weiterhin schwer zu handhaben bleiben (vgl. Dobrindt, A. (2015), S. 5 ff.).

Eine Studie der Hertie School of Governance untersuchte 170 öffentliche Infrastruktur-Großprojekte und stellte bemerkenswerte Defizite fest. In 119 der abgeschlossenen Projekte wurde eine durchschnittliche Kostensteigerung von 73 % festgestellt und für die noch im Studienzeitraum laufenden Projekte bereits eine Steigerung von über 41 % aufgenommen (vgl. Kostka, G. (2015)). Diese Studie verdeutlicht das Ausmaß der Probleme mit komplexen Großprojekten.

Die Österreichische Bautechnik Vereinigung veröffentlichte bereits 2013 eine Empfehlung zur „Kooperativen Projektabwicklung“ in Form eines Merkblattes. In dieser wird die These vertreten, dass Bauen in Zukunft nur durch einen partnerschaftlichen und vertrauensvollen Umgang möglich sein wird (vgl. Österreichische Bautechnik Vereinigung (öbv) (2013), S. 4 ff.).

Ein großes Risiko für heutige Bauvorhaben stellt nicht mehr die technische Machbarkeit des Projektes dar, sondern resultiert aus komplexen, dynamischen Zusammenhängen (ebd.). Bereits die Verträglichkeit des Entwurfes gegenüber Anwohnern, die Emissionen während der Durchführung der Baumaßnahme oder auch die langfristigen Finanzierungsmodelle des Bauwesens stellen u. a. die Risiken großer Projekte dar.

Die *Abbildung 2* dient der Darstellung der Entwicklung der Bedeutung der wirtschaftlichen und technischer Aspekte für ein Bauprojekt über den Verlauf der letzten Dekaden.

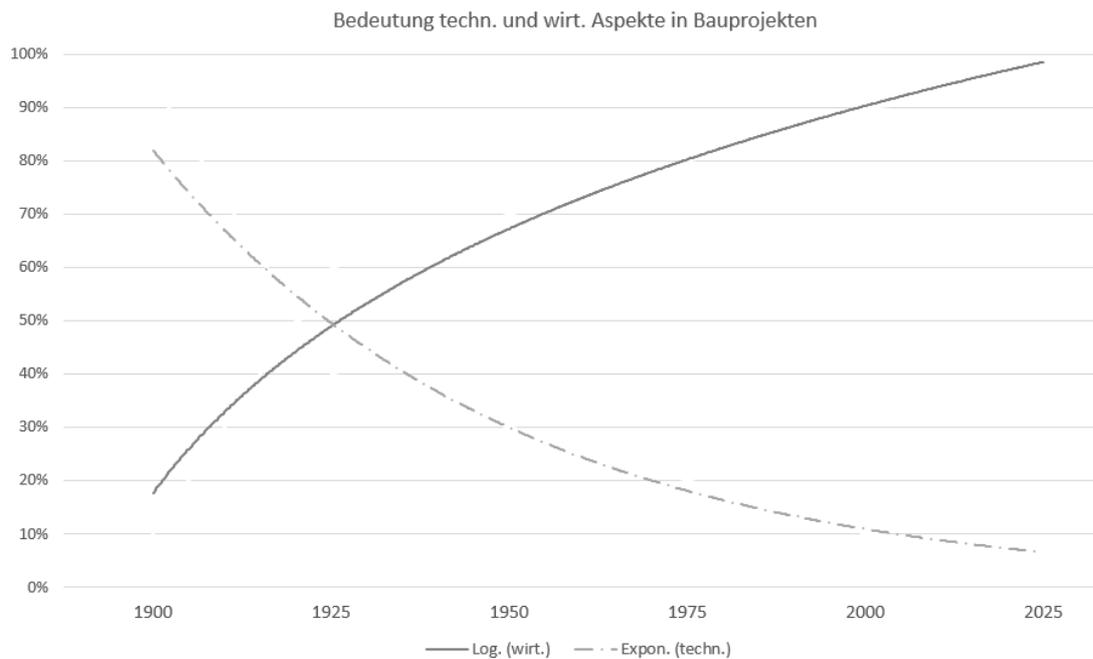


Abbildung 2: Entwicklung der technischen und wirtschaftlichen Aspekte in Bauprojekten (eigene Abbildung i. A. a. Bogner in Österreichische Bautechnik Vereinigung (öbv) (2013), S. 4 ff.)

Für das Bauwesen und insbesondere die Teildisziplin Bauleistik gilt es, ein Verfahren zu entwickeln, das einen verbesserten Umgang mit der Komplexität von Bauprojekten ermöglicht.

1.1 Ausgangssituation

Einleitung in die Problematik der steigenden Komplexität

Der Umgang mit komplexen Systemen ist in zahlreichen Themengebieten (z. B. Wirtschaft, Politik, Technik/ Physik) zu einer interdisziplinären Aufgabe geworden. Im Duden ist unter dem Begriff „Komplexität“ die Bedeutung „Vielschichtig, das Ineinander vieler Merkmale“ aufgeführt, welches mit dem System eines Bauprojektes korreliert [Int DUD]. Der Begriff findet seinen Ursprung im lateinischen „complexi“, das mit „umschlingen, umfassen, zusammenfassen“ übersetzt wird. Für Systeme in der heutigen Zeit steht der Begriff komplex für:

- vielschichtig, verflochten, zusammenhängend, umfassend und nicht auflösbar
- viele verschiedene Dinge umfassend,
- aus (vielen) verschiedenen Dingen zusammengesetzt, in einander greifende und nicht allein für sich auftretende,

- Zusammenhänge, deren Strukturen und Abhängigkeiten nicht sofort eindeutig erkennbar sind
- und etwas, was sehr umfassend ist. (i. A. a.: Scheller, T. (2017), S. 22 ff.).

Eine weiterführende Definition der Komplexität und auch eine Abgrenzung zur Kompliziertheit erfolgt im späteren *Abschnitt 4.3 Einführung in das Komplexitätsmanagement*.

Für komplexe Sachverhalte können zahlreiche Beispiele genannt werden, die von Organisationen, Gesellschaften, technischen Anlagen bis hin zu dem Wirkungsgefüge einer Baumaßnahme in sich und seiner Umgebung (ebd.).

Baumaßnahmen stellen bereits in ihrer frühen Planungsphase ein Mit- und Gegeneinander vielschichtiger Anforderungen verschiedener Projektbetroffener dar.

In Forschung und Lehre wird das Thema Komplexitätsmanagement gerne im Fachgebiet „Building LifeCycle Management“ verortet. Die Schwierigkeit, ein Gebäude für einen ein mehrere Jahrzehnte andauernden Nutzungszeitraum zu planen, stellt bemerkenswerte Anforderungen an die Planung. Hierzu werden bereits seit einigen Jahren Methoden und Werkzeugen zur ganzheitlichen Betrachtung des Gebäudelebenszyklus genutzt.

Der Lebenszyklus erstreckt sich von der Planungs-, über die Bauausführungsbis hin zur Nutzungs- und Rückbauphase (i. A. a. [Int KIT]). Bereits in der Planungsphase zeichnen sich meist eine hohe Komplexität, unscharfe und dynamische Zieldefinitionen und eine hohe Anzahl an Stakeholdern am Gesamtprojekt ab. Eine Vielzahl von Anforderungen werden von verschiedenen Akteuren herangezogen und stellen somit den Ursprung des jeweiligen Bauprojekts dar (ebd.).

Die nachfolgende *Abbildung 3* führt beispielhaft fünf der zahlreichen Komplexitätstreiber des Bauwesens auf. Komplexitätstreiber sind Ursachen oder Wirkungen auf ein System, die direkten oder indirekten Einfluss auf die Komplexität des Systems haben (vgl. Meyer, C.M. (2007), S. 27). Komplexitätstreiber für die multidisziplinäre Branche des Bauwesens lassen sich in intrinsische und extrinsische Treiber unterscheiden. Intrinsische Komplexitätstreiber weisen ihren Ursprung im

System auf. Dies kann bedeuten, dass einzelne Systemkomponenten einen direkten Einfluss aufweisen oder, dass das systeminterne Geflecht der Systemeigenschaften die Komplexität mit sich führt. Extrinsische Komplexitätstreiber sind externer Natur, so dass äußere Wirkungen oder Ursachen das Projekt in seiner Komplexität beeinflussen und im Rahmen dieser Arbeit behandelt werden. Die Definitionen des Komplexitätstreibers sieht keinen Grad der Konkretisierung vor, so dass diese zu einem späteren Zeitpunkt spezifisch für den Verwendungszweck in der Bauleistik formuliert wird.

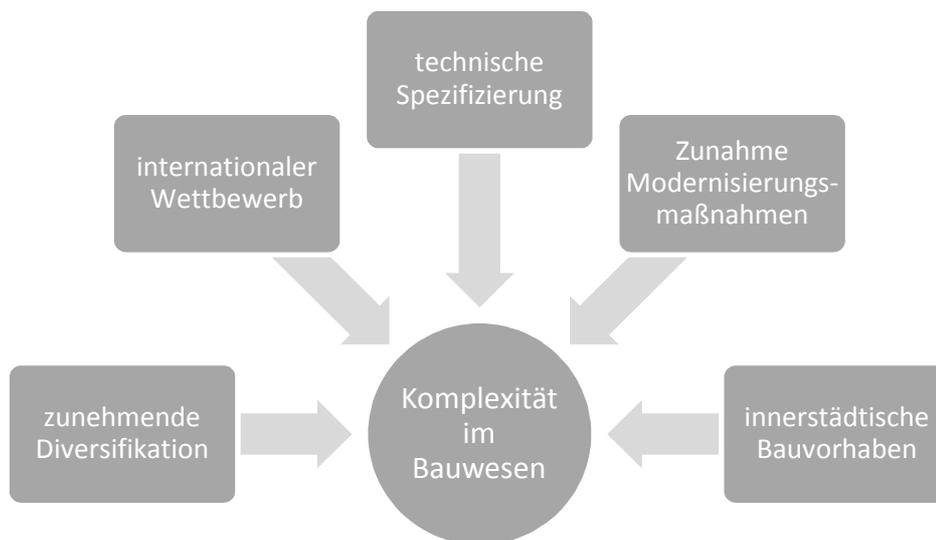


Abbildung 3: Auswahl aktueller Komplexitätstreiber im Bauwesen (eigene Darstellung)

Die Auswirkungen, der in *Tabelle 1* zusammengefassten, erkennbaren Trends führen zu einer Zunahme der Komplexität des Bauwesens, wie auch der einzelnen Baumaßnahmen. Die Trends spiegeln sich in „Komplexitätstreibern“ der Baumaßnahme wider und bilden bedingt durch ihre gegenseitige Beeinflussung Managementaufgaben für die Planung und Umsetzung der Baumaßnahme. Die **Internationalisierung** der Märkte ermöglicht dem Bauherrn zum einen den Zugang zu mehreren Bauunternehmen und möglicherweise günstigeren Baukonditionen, kann jedoch zum anderen auch **Kommunikationsprobleme** in der Bauausführungsphase mit sich führen. Ähnlich wie in anderen produzierenden Branchen hat die zugenommene Vernetzung des Marktes zu gesteigertem **Kosten-** und **Leistungsdruck** geführt. Insbesondere ist in Großstädten eine Zunahme an Maßnahmen im Baubestand (z. B. Sanierungen und Modernisierungen) zu erkennen, da die Lage der Immobilie langfristig an Bedeutung gewinnt. Als weiteres

Beispiel wird der Trend der technischen Spezialisierung angeführt, der z. B. zu einer hocheffizienten technischen Gebäudeausstattung führt, jedoch von Monteuren der Fachunternehmen eine besondere Ausbildung und Fachexpertise erfordert (Dörmann, J. (2012), S.°4).

Table 1: *eigens gewählte Übersicht langfristiger Trends im Bauwesen*

Trends im Bauwesen	Internationalisierung der Märkte
	zunehmender Kostendruck seitens der Investoren
	Zunahme an Baumaßnahmen im Bestand
	Zunahme an innerstädtischen Baumaßnahmen
	Zunahmen an Sanierungen und Modernisierungen
	effizientere Bauprozesse zur Steigerung der Wirtschaftlichkeit
	Erkennbare Steigerung der technischen Spezialisierung - Diversifikation
	Diversifikation in allen Gewerken - Einhergehend mit weiteren Fachausbildungen

Die Bauplanung wird nach Kochendörfer im Bauprojektmanagement an einem dreistufigen Lösungsansatz erarbeitet. Diese Handlungsweise verfolgt eine chronologische Abarbeitung des Gesamtprojektes, das bei Bedarf in einzelne kleinere Probleme dekonstruiert wird (vgl. Kochendörfer, B. (2010),°S. 29 ff.).

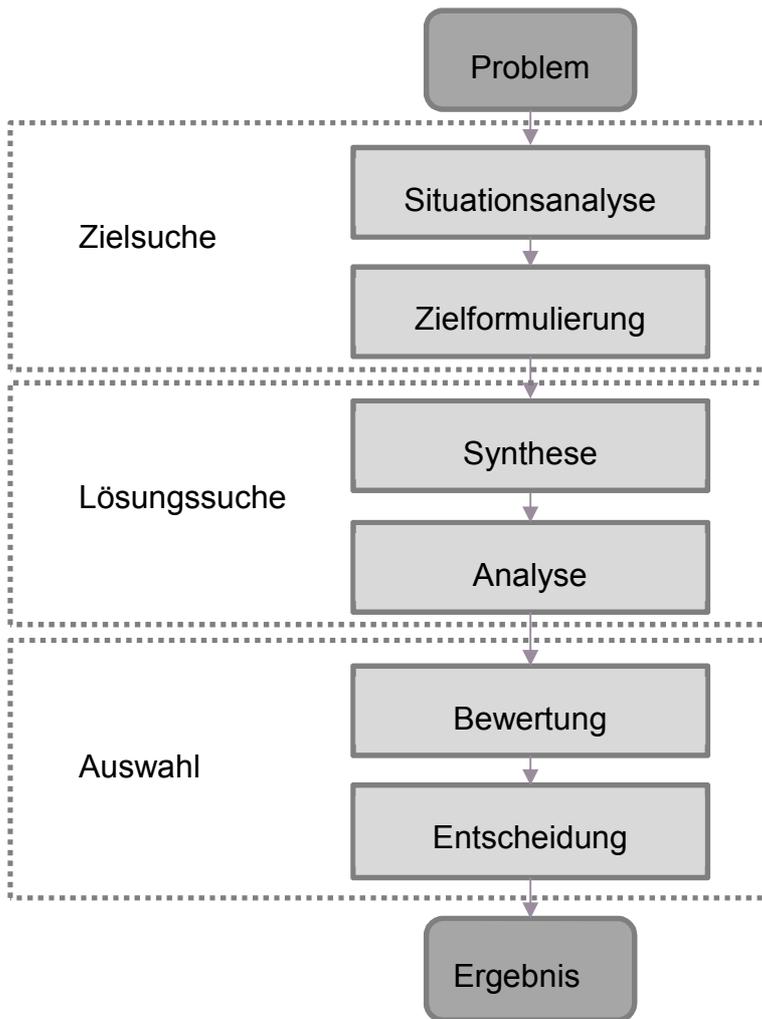


Abbildung 4: Problem Lösungsablauf in Bauprojektmanagement (eigene Abbildung i. A. a. Kochendörfer, B. (2010), °S. 21)

Mit Hilfe von Managementmethoden und -maßnahmen werden entlang des gesamten Gebäudelebenszykluses Prozesse geplant, koordiniert und abgewickelt. Diese Prozesse werden zur wirtschaftlichen Abwicklung des Bauprojektes getroffen und anhand verschiedener Parameter von Projektbeteiligten ausgewählt.

In *Tabelle 2* werden den einzelnen Produktlebensphasen eine Auswahl von Verfahren zugeordnet, die bislang zur Projektbearbeitung herangezogen wurden.

Tabelle 2: *eigens gewählte Beispiele für Managementmethoden*

Phasen der Projekt-/ Immobilienentwicklung	Managementmethode
Planungsphase	<ul style="list-style-type: none"> • Simulationstechnik • Requirements Engineering
Bauausführungsphase	<ul style="list-style-type: none"> • Regelmäßige Baubesprechungen • Jour Fixe • Meilensteinplanung
Nutzungsphase	<ul style="list-style-type: none"> • Prozessdokumentation • PDCA Zyklen
Rückbau-, Abbruchphase	<ul style="list-style-type: none"> • Materialstrom Planung • Simulation

Diese Verfahren unterstützen die einzelnen Problemlösungsansätze, sind jedoch nicht für eine ganzheitliche Projekt-/ Problembetrachtung gedacht. Weiterhin weisen sie eingeschränkte Fähigkeiten im Umgang mit Dynamik und somit der Komplexität eines Bauprojektes auf. Bauprojekte bestehen aus komplexe Aufgaben, die aus einer Vielzahl an Aufgaben aus den vier Bereichen der Stacey-Matrix bestehen. Scheller beschreibt die heutige Gesellschaft anhand der „VUKA-Welt“. Diese beschreibt die heutige Zeit anhand der vier folgenden Parameter (vgl. Scheller, T. (2017), °S. 20):

- Volatilität
 - Die Unvorhersagbarkeit der Welt.
- Unsicherheit
 - Der Zustand der Unkenntnis was als nächstes passiert.
- Komplexität
 - Die Verflochtenheit der Welt und der Dynamik der Relationen.
- Ambiguität
 - Die Möglichkeit der Doppeldeutigkeit.

Die bisher in der Bauleistik verwendeten Managementmethoden verfolgen jedoch keinen ganzheitlichen Blick auf die Komplexität des Projekts. Insbesondere für die Projektphase „Entwicklung der Bauleistik der Baumaßnahme“ sind keine Managementmethoden bekannt, die auf die Frage der einhergehenden Komplexität eingehen.

1.2 Ziel der Arbeit

Ziel dieser Arbeit ist die Entwicklung einer Methode zur Integration des Komplexitätsmanagements in die Planung der Logistik einer Baumaßnahme. Die Methode soll sowohl in der frühen Grundlagenplanung bis hin zur Ausführung der Baumaßnahme unterstützend für alle Projektbeteiligten die Komplexität umgänglicher gestalten.

Baumaßnahmen verfügen bedingt durch ihren Projektcharakter über eine inhärente Komplexität und bedürfen daher einer Vorgehensweise zur Abstimmung der Anforderungen aller Stakeholder. Im Projektmanagement wird als Stakeholder jede Person oder Organisation bezeichnet, deren Interessen durch den Verlauf oder das Ergebnis des Projekts betroffen ist (vgl. [Int GAB3]).

Anhand der zu entwickelnden Methode werden die Relationen zwischen Verursacher / Ursachen und deren Wirkungen in eine Anforderung überführt. Weiterführend werden die Relationen der Anforderungen zueinander dargestellt und in einem gewichteten Verfahren bewertet. Dies dient der Ermittlung der maßgebenden Anforderungen und Treiber. Im Erkennen der Komplexitätstreiber liegt der grundlegende Schritt für die Entwicklung eines komplexitätsreaktiven Baulogistikkonzepts.

Anhand der zu entwickelnden Methode kann eine beliebige Baumaßnahme in einem systematischen Modell, einschließlich einer gewichteten Ursache-Wirkungs-Matrix, abgebildet werden, so dass eine subjektive Bewertung der Zusammenhänge erfolgen kann. Das Modell dient im Vergleich zu bestehenden Modellen wie z. B. 3D-°Modellen, BIM (Building Information Modell), Materialstromsimulationen, nicht der technischen Planung und Abwicklung, sondern der baulogistischen Planungsaufgabe.

Dem Bauherrn oder seinen technischen Beratern / Dienstleistern wird anhand dieser Methode ermöglicht, Lösungen für seine komplexe Baumaßnahme zu entwickeln, die dezidiert auf die Komplexitätstreiber und ihre jeweiligen Wirkungsvektoren eingehen. Diese Planungstransparenz führt zu einer verbesserten baulogistischen Planung und Ausführung der Baumaßnahme.

Anhand der gesteigerten Transparenz wird eine kooperative Baustellensituation vereinfacht, da nun jeder einen klaren Blick auf Komplexitätstreiber hat. Diese

Transparenz führt zu mehr Vertrauen von Seiten der Stakeholder. Getroffene Maßnahmen zur Komplexitätsreduktion können anhand der gewonnenen Transparenz besser verstanden werden, so dass der respektvolle Umgang mit den Anforderungen bewertbar wird.

1.3 Vorgehensweise der Entwicklung

Dieses Kapitel umfasst eine Beschreibung der Entwicklungsvorgehensweise und ergänzt diese durch eine Einführung in die Struktur dieser Arbeit.

Vorgehensweise zur Entwicklung eines integrativen Komplexitätsmanagements

Die Entwicklung der Methode sowie die Umsetzung etwaiger Ergebnisse erfolgt anhand der in der folgenden Abbildung vereinfacht dargestellten Vorgehensweise:

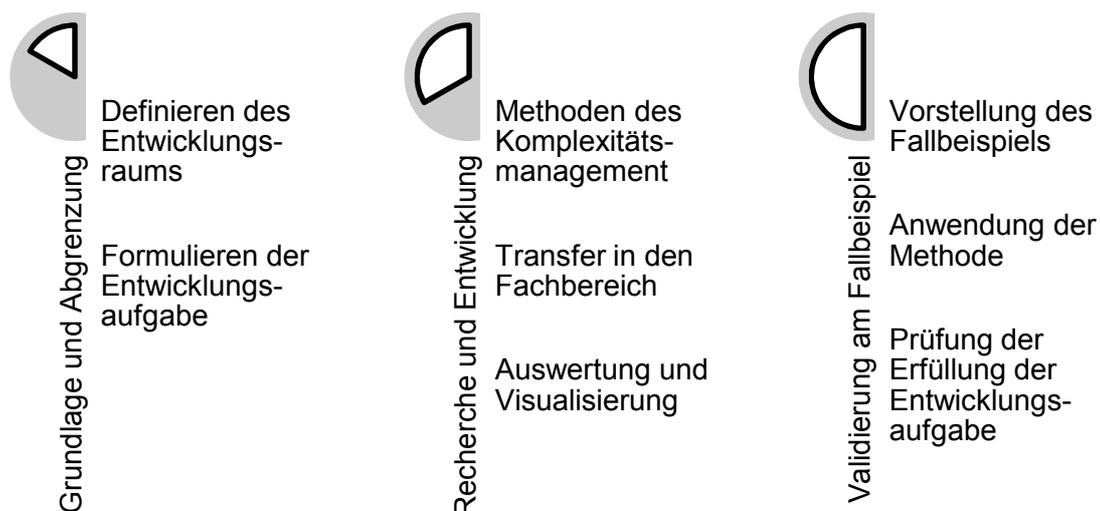


Abbildung 5: schematische Darstellung der Vorgehensweise der Entwicklung (eigene Abbildung)

In die Entwicklung der Vorgehensweise sind die Erfahrungen aus verschiedenen bauleistungsorientierten Planungen und Projekten eingeflossen. Diese wurden analysiert und die Entwicklungsaufgabe im Fachbereich der Bauleistung formuliert. Mögliche Lösungsvorschläge, Ansätze und Werkzeuge wurden in Theorie und Praxis gesucht und verglichen. Die Lösung der Entwicklungsaufgabe wird anhand des Methodentransfers und der Weiterentwicklung in den Fachbereich der

Baulogistik erarbeitet. Die Ergebnisse werden an einem baulogistischen Planungsprojekt erprobt und ein baustellenspezifisches Konzept zum Umgang mit der erwarteten Komplexität wird erarbeitet.

Struktur der vorliegenden Arbeit

Die das erste Kapitel umfassende Einleitung beinhaltet eine Übersicht über die spezifischen Anforderungen des Bauwesens und führt in die Problemstellung ein. Die Zielsetzung der Arbeit wird vorgestellt, wie auch die Herangehensweise zur Entwicklung der Komplexitätsmanagementmethode.

Anschließend wird im zweiten Kapitel der Untersuchungsbereich der Logistik, insbesondere die Baulogistik, vorgestellt. Besonderes Augenmerk wird hierbei auf die Planung von baulogistischen Systemen gelegt und sowohl Schwierigkeiten wie Herangehensweisen werden erörtert. Bestehende Produkte und Dienstleistungen, wie auch der Stand der Forschung, werden zusammenfassend vorgestellt und münden in die Abgrenzung dieser Arbeit.

Das dritte Kapitel bildet die theoretische Grundlage und den Entwicklungsraum der angestrebten Methode ab. Es werden hierzu die Rahmenbedingungen der Baulogistikplanung in Deutschland vorgestellt. Diese werden zum besseren Verständnis hierarchisch vorgestellt und ihre wechselseitigen Beziehungen aufgenommen. Anhand dieser strukturierten Übersicht ist die einhergehende Komplexität herzuleiten. Eine Einführung in das Komplexitätsmanagement erfolgt anschließend. Grundlagen des Umgangs mit komplexen Aufgaben, Methoden zur Aufnahme, Bewertung und Management werden vorgestellt und eine praktikable Vorgehensweise für die Aufgabe der baulogistischen Planung hergeleitet.

Die Integration des Komplexitätsmanagements erfolgt im folgenden Kern dieser Arbeit: in Kapitel fünf wird eine Methode zur Integration des Komplexitätsmanagements entwickelt und in Kapitel sechs die Anwendung an einem Fallbeispiel erörtert. Die Entwicklung umfasst die Zwischenschritte der Entwicklung eines Grundmodells, Empfehlung eines Werkzeugs zur Anforderungsaufnahme sowie Abbildung und Visualisierung der Ergebnisse in einem Komplexitätsmodell. Anhand von spezifischen Auswertungsverfahren werden Empfehlungen für die baulogistische Planung ausgesprochen. Anschließend umgesetzte Planungsmaßnahmen werden vorgestellt und Empfehlungen für andere Projekte dargestellt.

Zusammenfassend wird im Kapitel sieben ein Fazit formuliert, wie auch potenzielle Anschlussforschungsfelder identifiziert.

Der Aufbau der Arbeit ist in der folgenden Abbildung vereinfacht grafisch dargestellt.

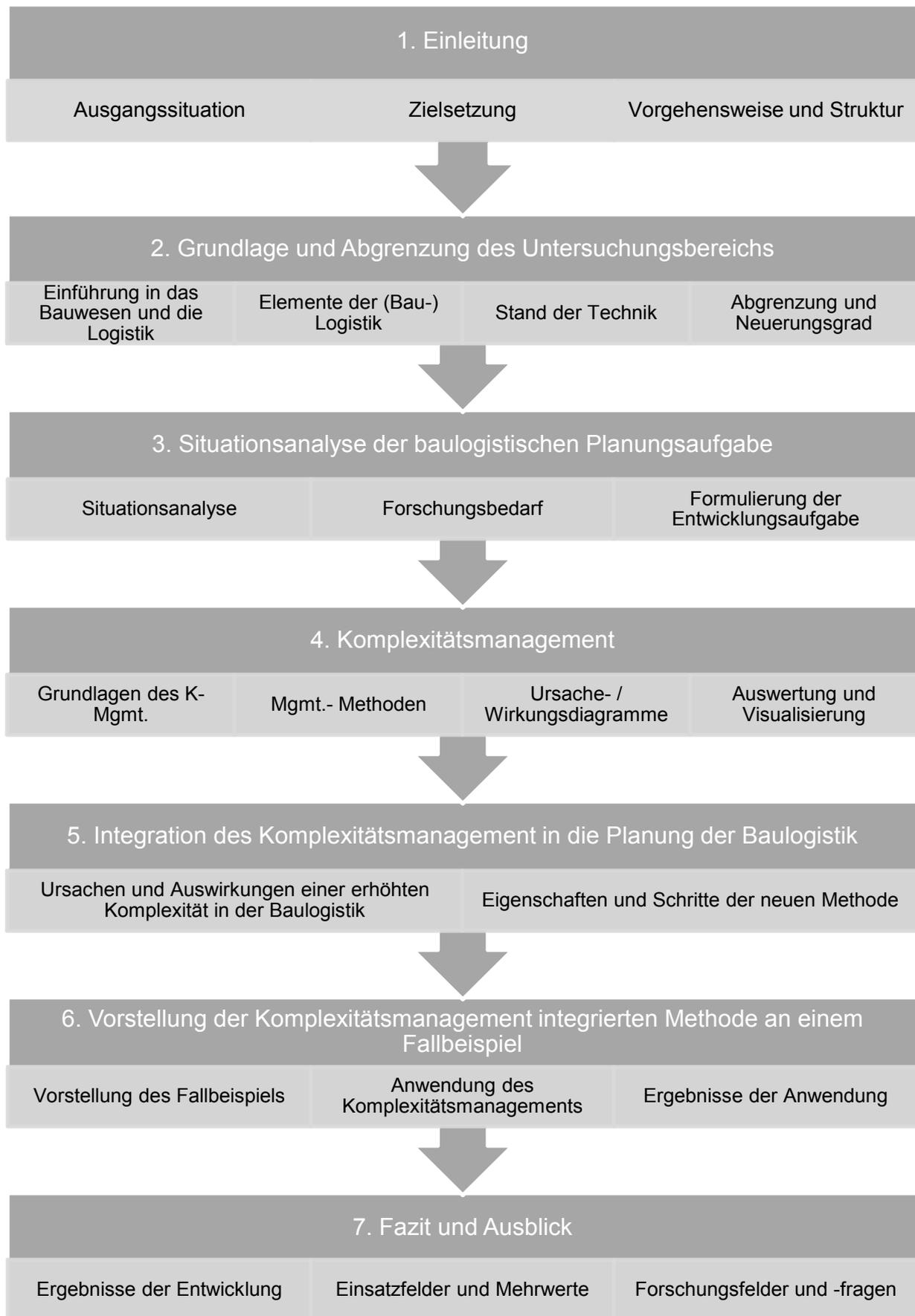


Abbildung 6: Aufbau der Arbeit (eigene Darstellung)

2 Grundlage und Abgrenzung des Untersuchungsbereichs

Dieses einleitende Kapitel umfasst eine Einführung in das Themenfeld und Forschungsgebiet, so dass nach einer Einführung in die Bauwirtschaft spezifisch auf die Entwicklung der Bauleistik eingegangen wird. Eine Eingrenzung des Forschungsfelds und Vorstellung des Komplexitätsmanagements als Ansatz zum ganzheitlichen Projektmanagement führen in die Thematik der Arbeit ein.

2.1 Einblick in die Bauwirtschaft

Die Bauwirtschaft trägt mit einem Anteil von ca. 10 % des Bruttoinlandsproduktes einen erheblichen Beitrag zur deutschen Wirtschaft bei (vgl. [Int DBI]). Allein im Jahr 2015 wurden von etwa 2,4 Millionen in der Bauwirtschaft Erwerbstätigen ca. 298 Milliarden Euro erwirtschaftet. Die Unternehmen des Baugewerbes bilden somit in Summe den größten Arbeitgeber in Deutschland. Der genannte Jahresumsatz umfasst neben dem Neubauvolumen auch Baumaßnahmen im Bestand wie z. B. Modernisierungs- und Renovierungsmaßnahmen, Instandhaltungsmaßnahmen und auch den laufenden Betrieb der Immobilienwirtschaft. Hervorzuheben ist hierbei die Rolle der öffentlich-privaten Partnerschaften, die den Werterhalt der Immobilien und die Infrastruktur umfasst (vgl. [Int DBI]). In den letzten Jahren hat insbesondere der Sektor Wohnungsbau, bestehend aus einer Vielzahl an Einzelbaumaßnahmen in Innenstädten an Bedeutung gewonnen.

Die Entwicklung der Bauwirtschaft stellt Unternehmen im Bauwesen vor folgende Herausforderungen (vgl. Streck (2010), S. 3. und Bosch (2006), S. 539 ff.).

Tabelle 3: Herausforderungen der Bauwirtschaft

Herausforderungen der Bauwirtschaft	Internationalisierung des Bauarbeitsmarktes
	Demographische Entwicklung (Personalentwicklung)
	Deregulierung einer Vielzahl von Rahmenbedingungen
	Bedarf an effizienten Prozessen
	unbeständige Kundenbedürfnisse (volatiler Markt)
	neue Technologien, Materialien und Verfahren

Ausgehend von den Entwicklungen der letzten Jahre erwartet der Verband der Deutschen Bauindustrie weiterhin steigende Erwartungen an die Unternehmen zu den in *Tabelle 3* (vgl. [Int DBI]).

Trends und Prognosen

Als wesentliche Stütze der Baubranche trägt der Wohnungsbau neben dem Bau öffentlicher Infrastruktur und Industriebaumaßnahmen maßgebend zum nominalen Bauvolumen bei. Weiterhin befindet sich der Wirtschaftsbau und die öffentlichen Investitionen in einer Wachstumsphase, so dass die Branche einen positiven Wirtschaftstrend vermerken kann. Hervorzuheben ist, das im Jahr 2013 ca. 55 % des Bauvolumens in Deutschland im Wohnungsbau erwirtschaftet wurde. Hiervon waren ca. 75 % der Bauleistungen Maßnahmen im Bestand und nur 25 % entfielen auf Neubaumaßnahmen (vgl. BBSR (2014), S. 7 ff.).

2.2 Herausforderungen des Bauprojektgeschäfts

Ein grundlegender Unterschied zwischen dem Bauwesen und anderen Wirtschaftszweigen ist die Standortgebundenheit (Immobilität). Baumaßnahmen sind stets an den Boden / Ort ihrer Errichtung gebunden und im Regelfall Unikate (Ausnahmen, z. B. Fertighäuser, standardisierte Brückenbauwerke). Diese Eigenschaft führt zu folgender Definition:

„Ein Projekt ist ein Vorhaben, das im Wesentlichen durch Einmaligkeit der Bedingungen in ihrer Gesamtheit gekennzeichnet ist, wie z. B.:

- *Zielvorgaben* vom Auftraggeber des Projekts, den Projektverantwortlichen und durch gemeinsam festgesetzte Ziele,
- zeitliche, finanzielle, personelle oder andere *Begrenzungen*, d. h., Zeit und die Ressourcen: Geld, Mitarbeiter und Kompetenzen stehen nur in wohldefiniertem Umfang zur Verfügung.

Dies bedeutet für das besondere Projekt:

- eine deutliche Abgrenzung (Scope) gegen andere Vorhaben, es ist also klar, was dem Projekt zugerechnet wird (Ziele, Aufgaben, Ressourcen, Phasen), sowie
- eine projektspezifische Organisation durch ein Team, einen Projektleiter und eine eigene Organisation, die nicht im Rahmen der üblichen Routineorganisation abgeleistet werden kann.

Das Projekt ist gekennzeichnet durch die Kriterien:

- *Neuigkeit* im Ergebnis (Ziel) oder in der Art der Zielerreichung (Weg)
- *Komplexität* in Ergebnis und Zielerreichung
- *Unsicherheit* durch Erstmaligkeit oder Begrenzungen an Termin und Ressourcen.“

Neuartigkeit, Komplexität und Unsicherheit beziehen sich auf die drei Kernfaktoren des Projektmanagements (vgl. Hachtel (2010), S. 31 ff.):

- Ergebnis (Qualität, Kosten, Projektziel)
- Ressourcen (Mittel und Wege zur Zielerreichung)
- Termine (Zieltermin).

Vergleich zu anderen Branchen

Das für das Bauwesen typische Projektgeschäft führt zahlreiche Folgen mit sich. Die Einmalfertigung ermöglicht nur stark eingeschränkt kooperative, langfristige Lernprozesse, so dass Prozesse nur selten in eine Form „Serienfertigung“ münden und in ihr reifen. Bauprojekte stechen durch ihre Einmaligkeit hervor, so dass

von „Einmalfertigung“ gesprochen wird. Die folgende Abbildung stellt die „Einmalfertigung“, „Einzel-/ Kleinserienfertigung“ und „Serienfertigung“ in Relation grafisch dar.

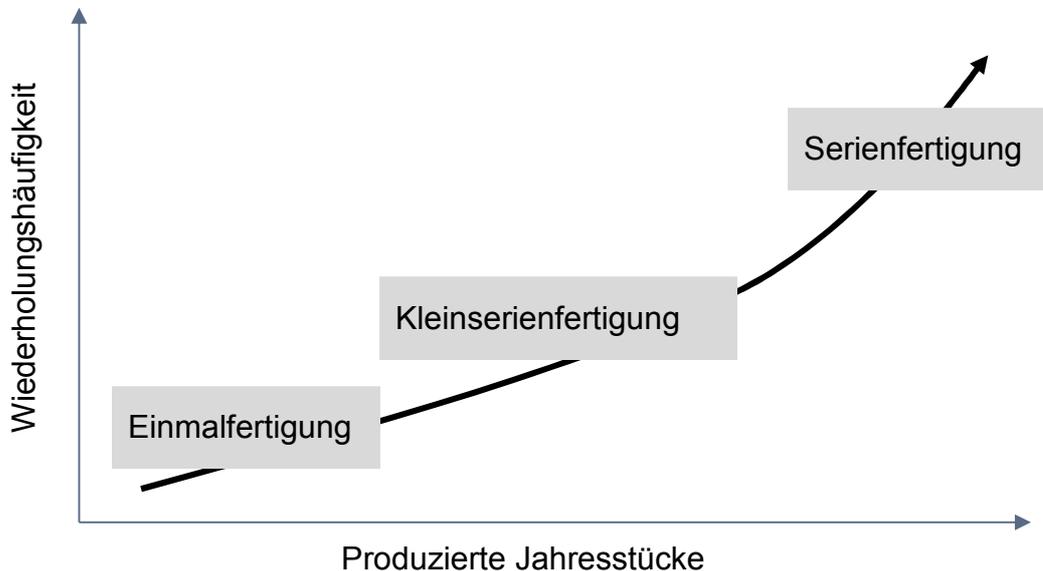


Abbildung 7: Prozessentwicklung über Stückzahl und Wiederholungshäufigkeit
(i. A. a. Schuh, G.(2009), S. 6)

In *Abbildung 9: Zieldreieck von Projekten* sind selbige Kernfaktoren aufgeführt und im Zieldreieck des Projektmanagements dargestellt.

In der DIN 60901 ist eine Typisierung und Klassifikation von Projekten enthalten, die Interessierten die Einordnung einer Maßnahme ermöglicht. *Die Abbildung 8* fasst diese Klassen zusammen. Für das Management kann diese Übersicht zur Auswahl der Management-Methoden zum Umgang mit dem Projekt dienen. Als Beispiel wird ein öffentlich-gefördertes Forschungsvorhaben vorgestellt: Für das Forschungsvorhaben „MIBM – minimalinvasive Baumaßnahmen“ im Rahmen des „Effizienzcluster Logistik Ruhr“ wurden transparente Protokolle und Leitfäden gewählt, um den staatlichen Verpflichtungen nachzukommen. Das Projekt, das nach DIN 69901 nach Umfeld „staatlich“, „Forschung“ und Entwicklung“, „Mehrpersonen“, „Mischprojekt“ klassifiziert wurde, umfasste diverse Funktionen. Für diesen Projekttyp wird in der genannten Norm empfohlen, mit regelmäßigen Projektsitzungen, (öffentlichen) Protokollen, und strategischen Forschungsfragen vorzugehen (vgl. DIN 69901).



Abbildung 8: Typisierung und Klassifizierung von Projekten (i. A. a. DIN 69901)

Anhand der in der DIN 69901 genannten Typisierung und beschriebenen Eigenschaften lässt sich ein Projekt einstufen.

Die Eigenschaften, wie auch das Anforderungsprofil einer Baumaßnahme, können jeweils den Bedarf an Einzelmaßnahmen des Projektmanagements zur Planung und Steuerung des Projekts aus Sicht des Auftraggebers begründen.

Die Bedeutung des Projektmanagements

Das Projektmanagement hat die Aufgabe, eine optimale Lösung für die Einhaltung von Kosten, Terminen und Qualität zu finden. In der DIN 69901 ist Projektmanagement als die „Gesamtheit von Führungsaufgaben, -Organisationen, Techniken und -Mitteln für die Abwicklung eines Projekts“ definiert.

Die Schwerpunkte des allgemeinen Projektmanagements liegen in folgenden Leistungsbereichen:

- Organisation und Dokumentation
- Qualitäten und Quantitäten
- Kosten und Finanzmittel
- Termine und Kapazitäten

Im Bauwesen verfolgt das Projektmanagement das Ziel, das Bauprojekt im Rahmen des in *Abbildung 9* dargestellten Zieldreiecks erfolgreich abzuschließen (vgl. Jakoby, W. (2010), S. 72).

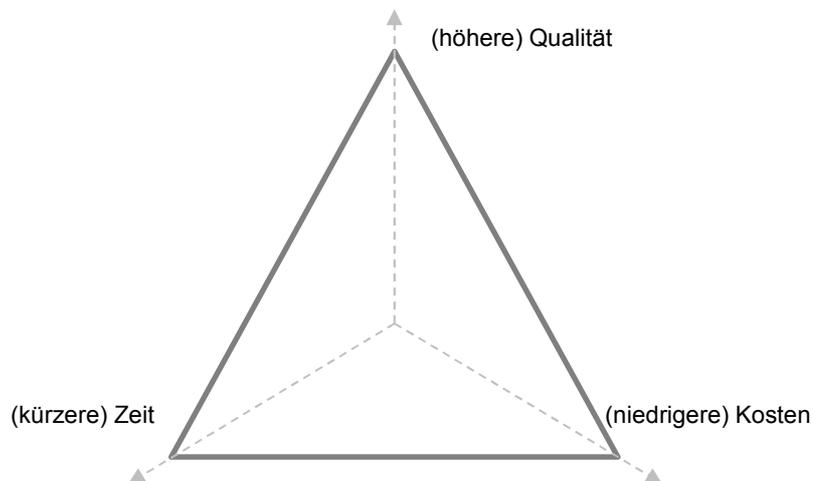


Abbildung 9: Zieldreieck von Projekten (i. A. a. Jakoby, W. (2010), S. 72)

Die Abbildung stellt vereinfacht das Geflecht der Beziehungen zwischen den an einem Bauprojekt / Bauvorhaben beteiligten Akteuren und Personen dar. Um die Relationen und insbesondere die Kommunikation zwischen den Betroffenen zu vereinfachen und effizient zu gestalten, ist diese Aufgabe eine Kernleistung des Projektmanagements geworden.

Zur Zielerreichung gemäß der Definition eines Projekts ist die Beschaffung, Kombination, Koordination und Nutzung von Ressourcen bei zeitlich befristeten und risikobehafteten Vorhaben mit komplexer Struktur, vorgegebenen Terminen und limitierten Kosten erforderlich.

Die Lösung der Koordinationsaufgaben kann erreicht werden durch:

- Hierarchie (extrem: Befehl und Gehorsam)
- Selbstabstimmung (Konferenzen)
- Programme und Regeln (z. B. Projekthandbücher)
- Dokumente (z. B. Pläne, Liefervereinbarungen, Verträge)

Im Bereich des Bauwesens lässt sich die Verortung des Projektmanagements anhand des folgenden Organigramms verdeutlichen. Der Bauherr koordiniert selbst oder delegiert die Aufgaben der Projektleitung und Projektsteuerung an Auftragnehmer. Diese Aufgaben bilden den Kern des aktiven Projektmanage-

ments. Leistungen von Objektplanern, Fachplanern und Beratern oder Bauunternehmen und deren Subunternehmen werden von dem Projektmanagement ausgewählt, koordiniert und abschließend abgenommen (vgl. Gralla, M. (2010), S. 9 ff.).

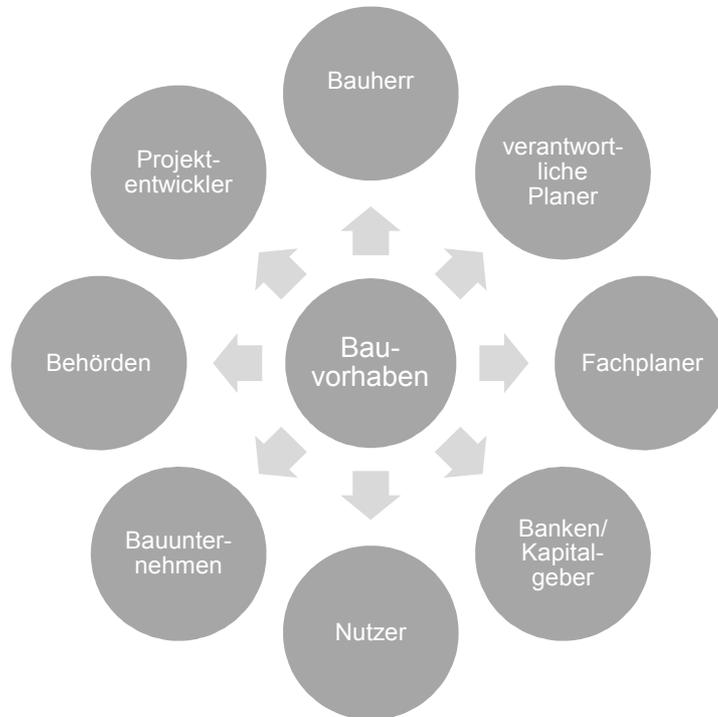


Abbildung 10: beteiligte Akteure an einem Bauvorhaben (i. A. a.: Gralla, M. (2010), S. 9)

Die folgende Abbildung umfasst ein Organigramm einer Baumaßnahme zur Erläuterung der vertraglichen Zusammenhänge und Hierarchien. Der Bauherr überträgt die Aufgaben des Projektmanagements an die Projektleitung und Projektsteuerung. Diese beauftragen im Auftrag des Bauherrn Objektplaner, Fachplaner, Berater und Bauunternehmen. Hierzu werden Planungsverträge und Bau- oder Werksverträge geschlossen. Bauunternehmen schließen mit Lieferanten oder Dienstleistern Kauf- oder entsprechende Werksverträge.

Allein aus diesem statischen Geflecht an Relationen ist der Bedarf an einem übergreifenden Projektmanagement ableitbar.

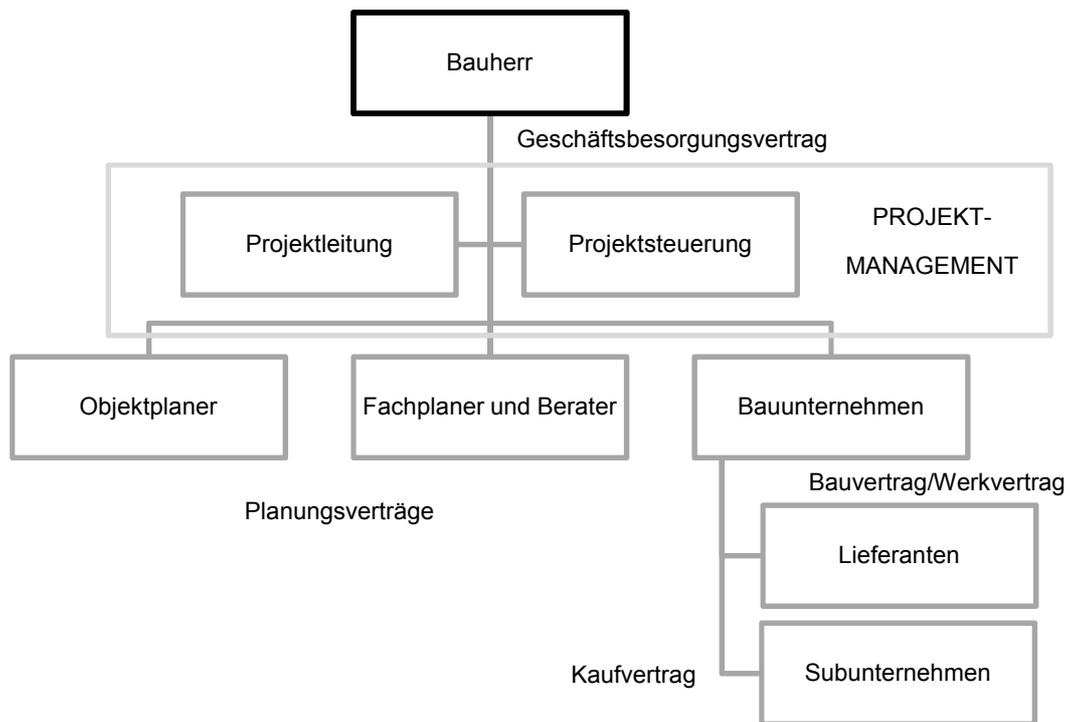


Abbildung 11: vertragliche Relationen der Akteure (i. A. a. Buschmann (2003), °S. 2 ff.)

Die zeitliche und dynamische Komponenten einer Baumaßnahme sowie auch die in *Tabelle 1* zusammengefassten Trends bestärken den Bedarf eines ganzheitlichen Projektmanagements.

Einordnung der Projektkomplexität im Vergleich zu anderen Branchen

Das Produkt einer Baumaßnahme ist das Bauwerk. Diese ist einmalig in seiner Art, Ort und Beschaffenheit. Die Individualität des Projektes führt dazu, dass Baumaßnahmen in ihrer Komplexität über der Fertigung einzelner Komponenten, Halbzeugen oder Normteilen eingeordnet werden (vgl. Schuh, G. (2009), S. 6 ff.).

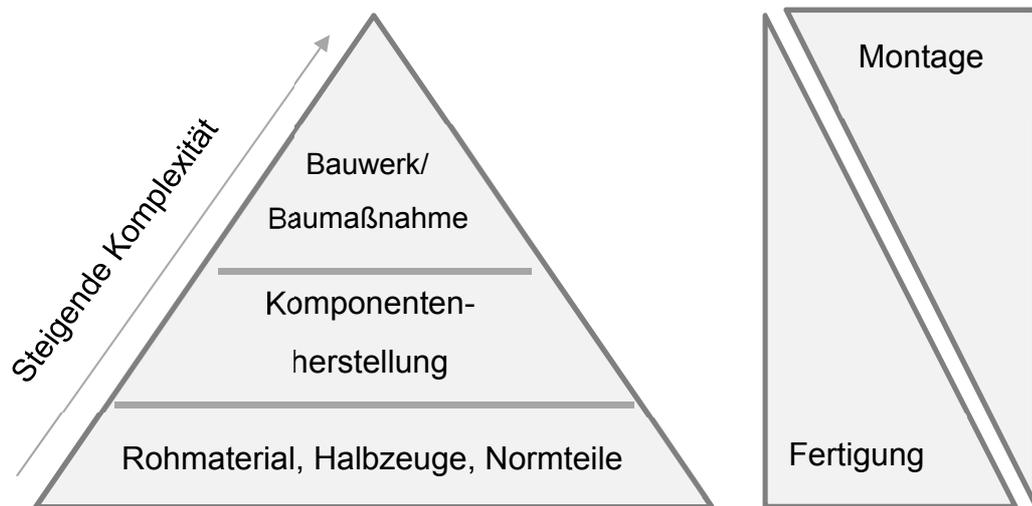


Abbildung 12: steigende Komplexität in der Produktionsleistung (i. A. a. Schuh, G. (2009), S. 6)

In der Abbildung ist die Komplexität der Produktionsleistung zunehmend dargestellt. Die Fertigung von Normteilen und Halbzeugen wird anhand von standardisierten Prozessen im Bereich der Fertigung als Prozess mit niedriger Komplexität eingestuft. Schuh ordnet die Montage und somit auch Bauwerke und Baumaßnahmen als komplex an der Spitze der Pyramide an.

Gründe für die zunehmende Bedeutung des Projektmanagements

Die weiterhin steigende Bedeutung von Projektmanagement und besserer Planungsleistung begründet Bruns anhand der in der folgenden Tabelle aufgeführten Argumente. Diese ordnet er in die folgenden zwei Gruppen ein (vgl. Dr. Bruns (2012), S. 12):

1. Aspekte, die aus den Aufgaben per se hervorgebracht werden
2. Aspekte, die aus dem Umfeld der Aufgaben folgen.

Tabelle 4: Gründe für eine zunehmende Komplexität

Intrinsische Gründe „Komplexität der Aufgabe“	Extrinsische Gründe „Dynamik der Umweltbedingungen“
<ul style="list-style-type: none"> • Kundenansprüche steigen • mehr Informationen stehen zur Verfügung • Dekomposition der Wertschöpfungskette schreitet fort • Umfang der Vorhaben wächst (Budget / Zeit) 	<ul style="list-style-type: none"> • Kundenwünsche ändern sich schneller • technologischer Fortschritt beschleunigt sich • Produktlebenszyklen werden kürzer • Globalisierung nimmt zu • Konkurrenzdruck steigt

Diese Untergliederung ermöglicht eine grundlegende Einordnung der Gründe für zunehmende Komplexität. Ein intrinsischer Grund für die steigende Komplexität einer Baumaßnahme kann z. B. der hohe Anspruch des Endkunden sein: Er erwartet eine schnellstmögliche Bauabwicklung und eine hohe Fertigungsqualität zum geringen Preis (vgl. Dr. Bruns (2012), °S. 13 ff.). Innerhalb der Baumaßnahme stehen mittlerweile den einzelnen Beteiligten viele Informationen zur Verfügung, jedoch ist es für den Gesamterfolg maßgebend, dass aus diesen Informationen Wissen gewonnen wird. Anhand der zunehmenden Dekomposition der Wertschöpfungskette werden einerseits bessere Qualitäten und Fertigungsergebnisse im einzelnen Gewerk erreicht, jedoch sind hierdurch weitere Schnittstellen entstanden (vgl. Bruns (2012), °S. 13). Diese erfordern ein ausgereiftes Schnittstellenmanagement zur Handhabung der komplexen Aufgabe. Insbesondere in Industrienationen, wie Deutschland, sind Bauvorhaben der Infrastruktur umfangreicher geworden (vgl. [Int DBI]). Flughäfen und Bahnhöfe erreichen mittlerweile jährlich neue Rekordzahlen bei der Anzahl der Flug- und Personenbewegungen. Neue Baumaßnahmen werden größer dimensioniert und tragen allein durch ihre Dimension zu einer gestiegenen Projektkomplexität bei.

Extrinsische Gründe für die zunehmende Komplexität von Projekten sind in der rechten Spalte der angeführten *Tabelle 4* notiert. Die Dynamik der Umweltbewegungen der Baumaßnahme trägt zur Komplexität der Baumaßnahme bei (vgl. Clausen, U. (2017), °S. 23). Zu der Dynamik zählt Bruns die Volatilität der

Kundenentscheidungen. Im Rahmen des Projektverlaufs steht es dem Bauherrn jederzeit frei, den Entwurf anpassen zu lassen und somit seine Wünsche jederzeit einfließen zu lassen. Anhand des gesteigerten Nachtragswesens im Bauwesen kann die Zunahme an Änderungswünschen auch in dieser Branche nachgewiesen werden (vgl. Dobrindt, A. (2015), S. 6 ff.). Im Verlauf der Planung, wie auch der Ausführung der Baumaßnahme erreichen mittlerweile häufiger Produkte und Dienstleistungen Marktreife und können Einfluss auf den Entwurf und die Nutzung der geplanten Immobilie haben. Sobald der Bauherr den technologischen Fortschritt als Anlass zu Planänderungen sieht und die Baumaßnahme anpasst, steigt die Komplexität durch diesen extrinsischen Treiber. Die mittlerweile marktüblichen kürzeren Produktlebenszyklen erfordern von Bauprojekten eine gesteigerte Bereitschaft zu Anpassungen und Schnittstellen, so dass komplexe, interagierende Systeme im Bauwesen angekommen sind. Der Wettbewerbsdruck unter Bauunternehmen ist im Rahmen der Globalisierung stets weiter angestiegen. Der Bieterkreis auf Baumaßnahmen hat zugenommen, so dass es mittlerweile üblich ist, dass große Infrastrukturprojekte auch Transkontinental angeboten werden. Bei langen Projektlaufzeiten ist es jedoch auch zu einer gesteigerten Dynamik innerhalb der Subunternehmen gekommen, da diese im Verlauf der Maßnahme häufiger als vor 20 Jahren wechseln (vgl. Österreichische Bau-technik Vereinigung (öbv) (2013), S. 8 ff.).

2.3 Einführung in die Logistik und Baulogistik

Dieser Abschnitt umfasst eine Einführung in die Logistik und ihre Bedeutung für die Produktionswirtschaft wie auch einer Beschreibung ihrer Rolle im Bauwesen. Grundlegende, strukturelle Unterschiede zwischen Produktionswirtschaft und dem Bausektor führen zu differierenden Ausprägungen der Logistik, so dass die Entwicklung der Baulogistik hinsichtlich Methoden- und Technologiekompetenz im Vergleich zur Produktionswirtschaft weniger ausgeprägt ist. Der direkte Transfer von Technologien oder Planungsmethoden ist wenig zielversprechend, da alle Teilnehmer des Bauwesens hierzu kooperieren müssten. Die Struktur des Bau- markts und der teilnehmenden Unternehmen ermöglichen selten langfristige Ko- operationen, in denen Methoden partnerschaftlich erarbeitet und genutzt werden. Als erläuterndes Beispiel wird hier der Bau eines Einfamilienhauses ange- bracht: Es gibt selten den Fall, dass die selbigen Unternehmen, Architekten und

Planer mit denselben Bauunternehmen bauen, da die Leistungen einzeln vergeben werden und der Unikatscharakter des Bauwesens hier überwiegt.

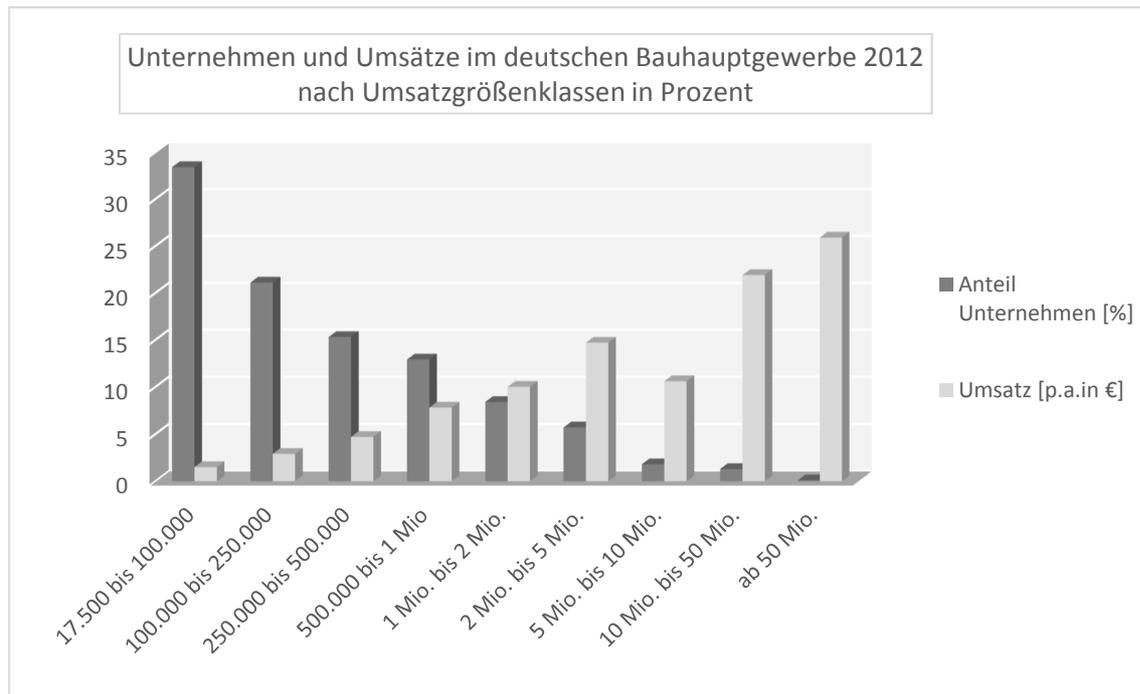


Abbildung 13: Unternehmen und Umsätze im deutschen Bauhauptgewerbe nach Umsatzgrößenklassen in Prozent 2012

In *Abbildung 13* ist die Struktur der Unternehmen im deutschen Bauhauptgewerbe verbildlicht (eigene Darstellung i. A. a. [Int. DBI]). Die dargestellte atomare Betriebsstruktur des Bauwesens birgt eine große Herausforderung an die Entwicklung der gesamten Branche in sich: Für eine Weiterentwicklung der gesamten Baubranche müssten eine Vielzahl der Kleinunternehmen in neue, risikobehaftete Technologien investieren. Die Weiterentwicklung könnte z. B. der Transfer der Digitalisierung sein, wie sie in anderen Branchen bereits verläuft.

Bislang ist die technologische Entwicklung anhand der Etablierung von einzelnen Lösungsbausteinen der Logistik in Form von transformierten Lösungen / Insellösungen und Methoden erfolgt (vgl. Dörmann, J. (2012a),°S. 131).

Innovationen / Verfahren werden in der Planungsphase einer Baumaßnahme berücksichtigt oder es werden Technologien in der Ausführungsphase eingesetzt, um eine Evolution des Bauwesens hin zu einer verbesserten Logistik zu ermöglichen. Den Zugang zu der Entwicklung einer ganzheitlichen Baulogistikplanung ermöglicht eine Übersicht über die Entwicklung der Logistik.

2.3.1 Einführung in die Logistik

Jünemann beschreibt den Auftrag der Logistik wie folgt:

„der logistische Auftrag besteht darin, die richtige Menge, der richtigen Objekte (Gegenstände der Logistik: Waren, Personen, Energie, Informationen), am richtigen Ort (Quelle, Senke) im System, zum richtigen Zeitpunkt in der richtigen Qualität zu den richtigen Kosten zur Verfügung zu stellen.“ (Jünemann, R. (1989), S. 3)

Ergänzend ist an dieser Stelle die Definition von Heiserich et al. zu nennen:

„Logistik ist eine Querschnittsfunktion. Sie umfasst alle Prozesse zur räumlichen und zeitlichen Transformation von Objekten. Zu den Logistikprozessen gehören die sogenannten TUL-Prozesse (Transportieren, Umschlagen, Lagern) und das Kommissionieren. Sie unterstützen den Prozess der Leistungserstellung und gehören zur Produktion im weiteren und engeren Sinne.“ (Heiserich et al. (2011), S. 4 ff.)

Branchenspezifisch wird das Aufgabenspektrum der Logistik erweitert und in die jeweilige Definition des Bereichs (z. B. Produktionslogistik, Baulogistik) mit aufgenommen. In der folgenden *Abbildung 14* wird der Auftrag der Logistik vereinfacht dargestellt und über den zeitlichen Kontext eines Projektes abgebildet. Der Auftrag, die „6R“ der Logistik zu erfüllen, erstreckt sich von der Planung- über die Umsetzungsphase bis hin zu einer Projektabschlussnahme.

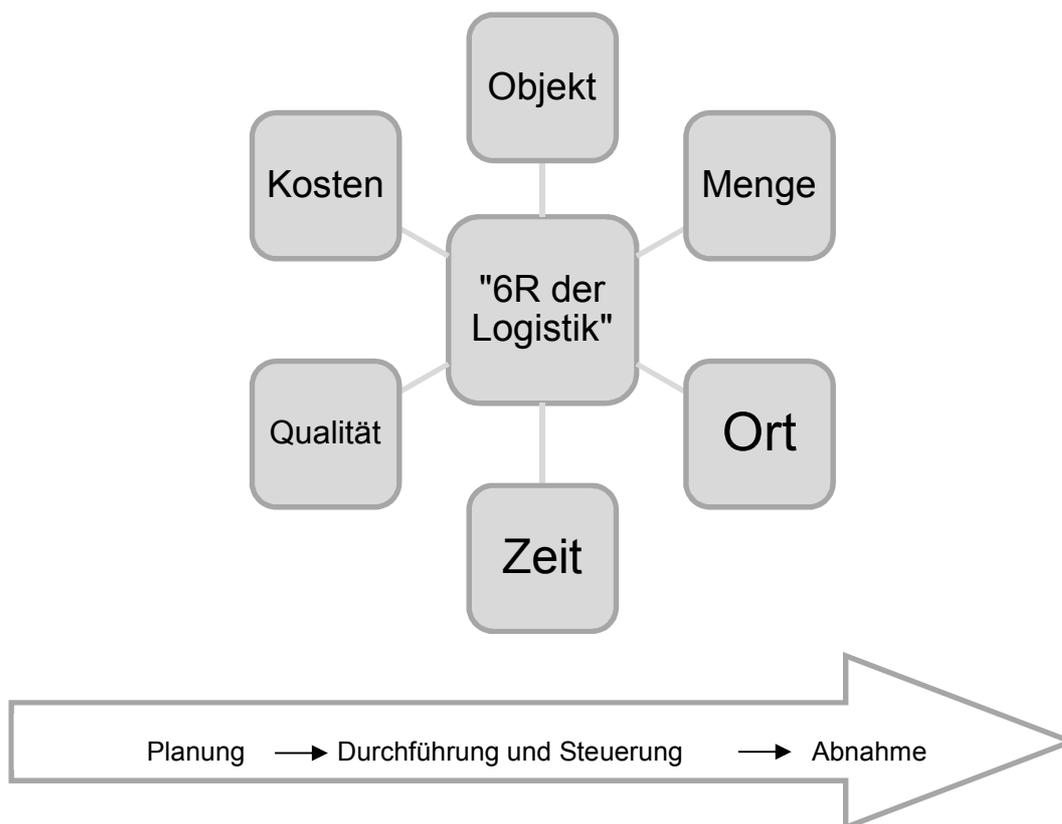


Abbildung 14: Die „6R der Logistik“ über einem Projektverlauf dargestellt (eigene Abbildung)

2.3.2 Ursprung der Logistik

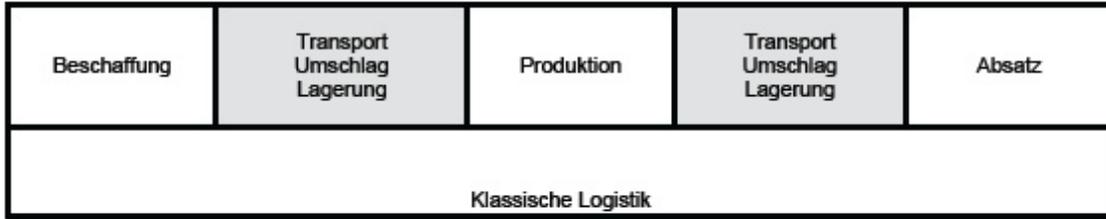
Der Begriff „Logistik“ wurde im Militär durch den Wissenschaftler Antoine-Henri Baron de Jomini (1779-°1869) genutzt, um die Relation zwischen Kriegsführung und Versorgung zu benennen (vgl. Jomini, A.H. (2009), S. 194 ff.). Die schwierige Aufgabe der Versorgung der Truppen an der Front und die Bereitstellung einer Infrastruktur zur Sicherung des eingenommenen Landes, wurde bis zum Jahr 1945 unter diesem Begriff zusammengefasst. Die Anpassung der logistischen Systeme des Militärs an die örtlichen Gegebenheiten bildet den Ursprung der Entwicklung von logistischen Strategien und Konzepten (vgl. Pastors, P. (2002), S. 11-°21 ff.).

Bereits diese damaligen logistischen Strategien verfolgten die selbigen Ziele wie heutige, da sie alle den Gesetzen der Wirtschaftlichkeit unterliegen. 1955 überführt Morgenstern die militärischen Ansätze in die Betriebswirtschaft und weist bereits zu diesem Zeitpunkt auf Potenziale hin, die anhand einer effizienten Logistik gehoben werden können (vgl. Morgenstern, O. (1955), S. 129-°136.).

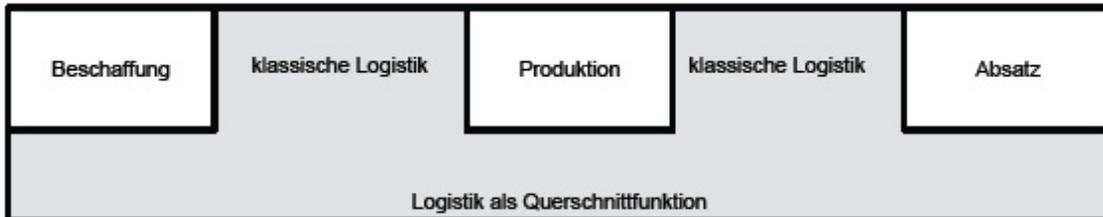
chronologische Entwicklung der Logistik

Die anschließende Abbildung stellt den Verlauf der Entwicklung der Logistik schematisch dar: Ausgehend von der „klassischen Logistik“, die sich auf die Prozesse Transport, Umschlag und Lagerung von Objekten in der Kette von Beschaffung, Produktion und Absatz erstreckte, entwickelt sich Logistik zu „globalen Netzwerken“. Baumgarten führt als Zwischenschritte die Phase der Logistik als Querschnittsfunktion, wie auch die Phase der Entstehung der Logistikdienstleister an. Diese Entwicklung resultiert aus der Verlagerung von produktionsunterstützenden Prozessen in die Logistik und die Steigerung der Effizienz der Produktion. In den Bereich des Logistikmanagements wurden die Bereiche Beschaffung, Produktionslogistik und Absatzkoordination übernommen, so dass die bisherigen Querschnittsfunktionen Transport, Umschlag und Lagern um die unterstützenden Prozesse der Auftragsabwicklung ergänzt wurden (vgl. Baumgarten (2001), S. 9)

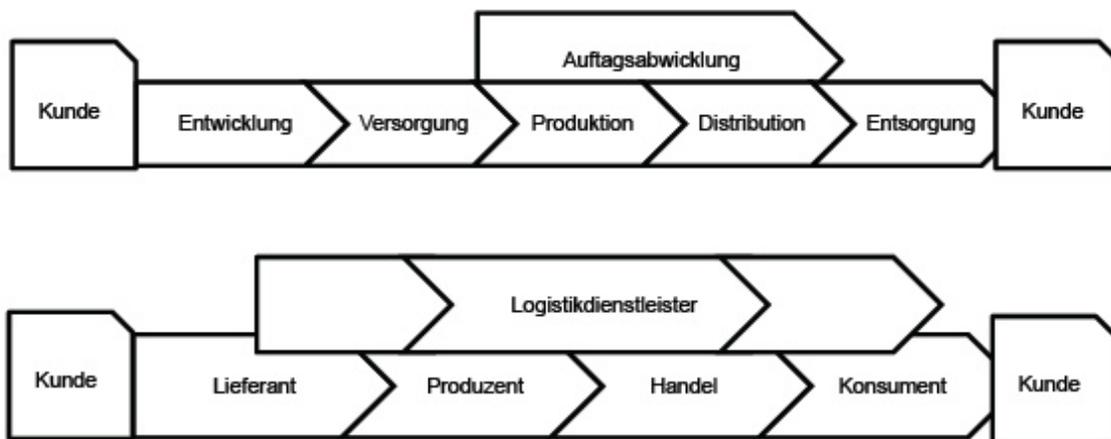
1970



1980



1990



2000



Abbildung 15: chronologische Entwicklung der Logistik in Dekadenschritten (in Anlehnung vgl. Baumgarten (2001), S. 10)

Die Entwicklungen im Bereich der Informations- und Kommunikationstechnik beschleunigen die Logistik, wie auch das Bauwesen, so dass diese Entwicklung auch in der Baulogistik einfließen wird.

2.3.3 Logistik im Bauwesen[°]-°Einführung in die Baulogistik

Die im Mittelpunkt dieser Arbeit stehende Rolle der Logistik im Bauwesen hat sich in den letzten zwei Jahrzehnten zu einer eigenen Branche mit dem Namen „Baulogistik“ entwickelt. Heutzutage ist der Transport von Objekten die Grundaufgabe der Logistik, welche eine große Verantwortung durch die Bereitstellung von Gütern für die Produktionsprozesse darstellt (vgl. Gudehus, T. (2010), S. 3 ff.). Neben der Bereitstellung von Gütern umfasst die Baulogistik die Teilbereiche der Baustellen-°und Entsorgungslogistik.

Teilbereiche der Baulogistik

Die nachfolgende Abbildung stellt eine Hochbaumaßnahme dar, die über die Beschaffungslogistik mit Gütern versorgt wird. Diese werden auf dem Baufeld im Rahmen der Baustellenlogistik transportiert, umgeschlagen, wie auch gelagert. Zu entsorgende Materialien, wie Restmengen oder Verpackungen, werden im Bereich der Entsorgungslogistik von der Baustelle entfernt.

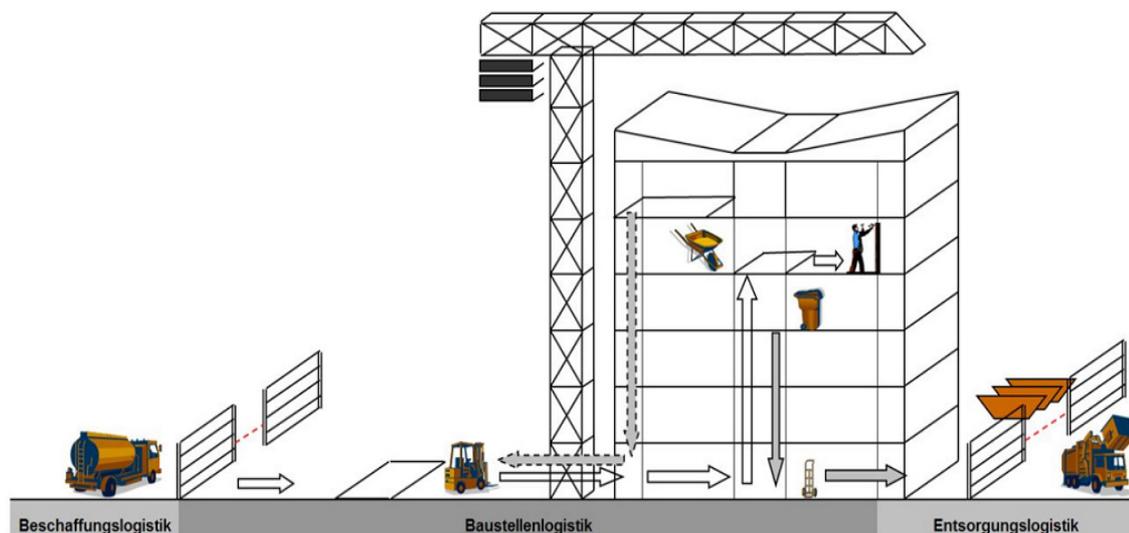


Abbildung 16: vereinfachte Darstellung der Bereiche einer Baustelle (übernommen aus Clausen, U. (2006), S. 48)

Die in *Abbildung 16* dargestellten Bereiche: Beschaffungs-, Baustellen- und Entsorgungslogistik, werden anhand der im Hintergrund agierenden Informationslogistik zusammengeführt. Dies erfolgt über direkte und indirekte Abstimmungen auf dem Baufeld, aber zum Beispiel auch in der Planung der Belieferung und Koordination des Verkehrs im Umfeld der Baumaßnahme. Die Informationslogistik stellt somit über alle Projektphasen das übergeordnete Bindeglied zwischen den Projektbeteiligten und Betroffenen dar.

Die nachfolgende, schematische Darstellung ergänzt die Vorangegangene um typische Transporte, Umschlagspunkte und Lager.

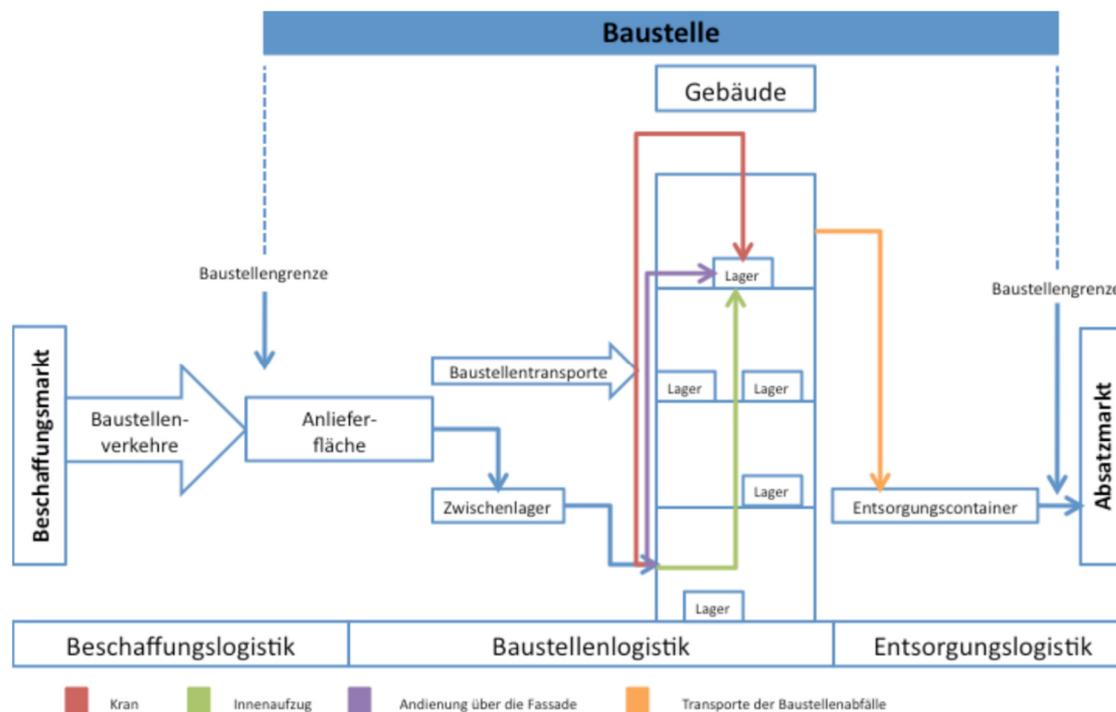


Abbildung 17: logistische Prozesse im Umfeld einer Baumaßnahme (übernommen aus Bloemecke / Boenert in Wortmann, A. (2011), S. 23

Die Planung, Einrichtung und der Betrieb eines effizienten Baubetriebs geht mit den bauleistungslogistischen Prozessen einher. Hieraus folgt, dass diese bereits in der frühen Projektplanungsphase (wenn auch zum Teil nur indirekt) Bestandteile der Planungsaufgabe sind.

2.3.4 Bedeutung der Bauleistungslogistik im Bauwesen

Zur Bewältigung der in *Abschnitt 2.2* genannten Einzelanforderungen hat sich die vierstufige Vorgehensweise der Analyse, Planung, Entwicklung und Umsetzung durchgesetzt. Der Bauherr bedient sich der Fachkompetenz, der in seinem Auftrag handelnden Architekten und Ingenieure.

Leistungen und Vergütung im Bauwesen

Zur Regelung der Leistungen und Vergütung im Bauwesen wurde 1976 die Honorarordnung für Architekten und Ingenieure (HOAI) verfasst. Die Analyse-, Entwicklungs-, wie auch Planungs- und Steuerungsleistungen werden in der HOAI in 9 Phasen untergliedert.

Tabelle 5: Phasen der HOAI

<i>Phase</i>	<i>Aufgabenbereich</i>
<i>Phase 1</i>	Grundlagenermittlung
<i>Phase 2</i>	Vorplanung
<i>Phase 3</i>	Entwurfsplanung
<i>Phase 4</i>	Genehmigungsplanung
<i>Phase 5</i>	Ausführungsplanung
<i>Phase 6</i>	Vorbereitung der Vergabe
<i>Phase 7</i>	Mitwirkung bei der Vergabe
<i>Phase 8</i>	Objektüberwachung
<i>Phase 9</i>	Objektbetreuung und Dokumentation

Eine vollständige Übersicht der Leistungen ist in *Tabelle 29: umfassende Beschreibung der Aufgaben in der HOAI* angeführt. In dieser Arbeit stehen die (Planungs-) Leistungen der Bauleistungsplanung im Mittelpunkt.

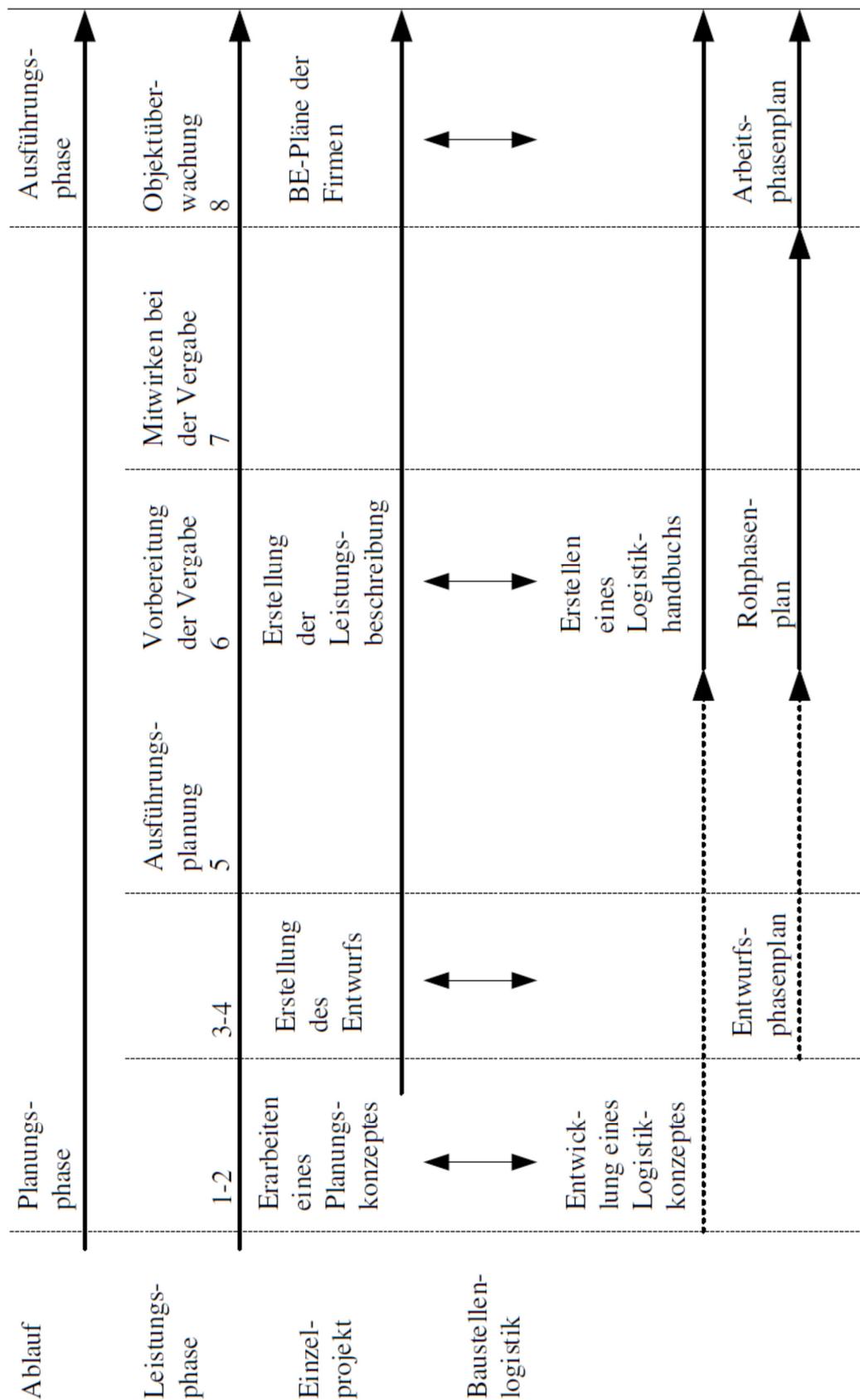


Abbildung 18: Verortung der baulogistischen Aufgaben in die Leistungsphasen der HOAI (übernommen aus Dingethal, C., in AHO e. V. (2011), S. 1)

Ablauf der Bauleistungsplanung und Umsetzung in einer Baumaßnahme

Zu Anfang einer Baumaßnahme ist der Bauherr frei in seiner Ideenfindung, nach Analyse seiner Möglichkeiten und des geplanten Realisierungsstandortes befindet er sich bereits in der Planung. Mit der Konkretisierung der Planung verschmälern sich seine möglichen Handlungsschritte, so dass die Beeinflussbarkeit des Projektes (mögliche weitere Handlungsalternativen) sich reduziert.

Zu Anfang des Projektes ist die Kostenbeeinflussbarkeit, wie in der nachfolgenden Abbildung (oben rechts dargestellt) sehr hoch und nimmt im Verlauf des Projektes exponentiell ab.

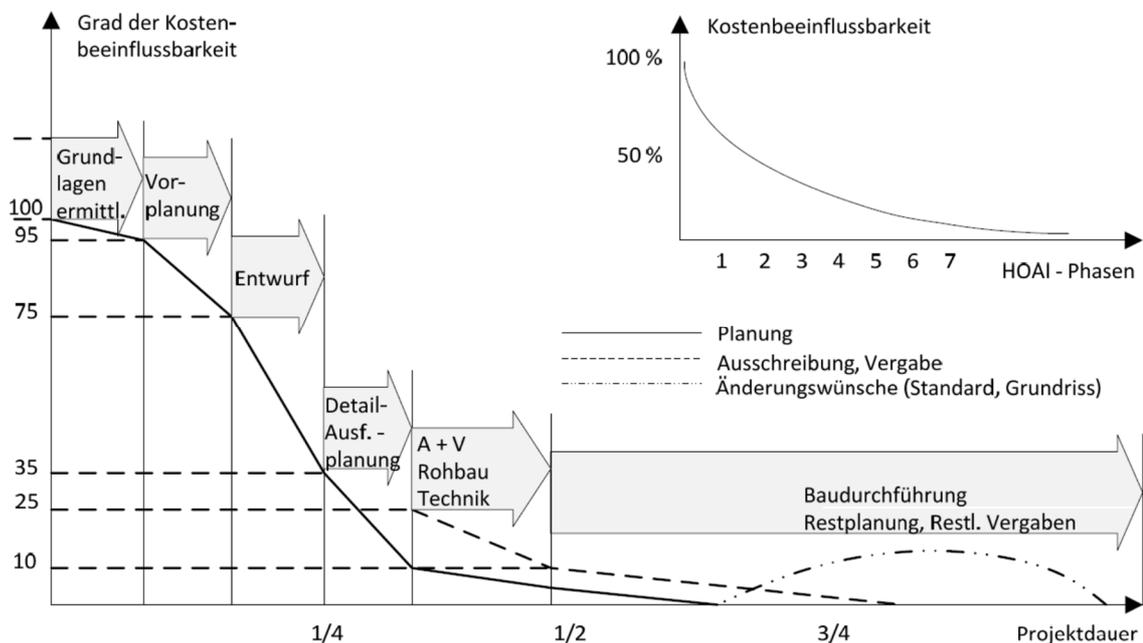


Abbildung 19: vereinfachte Darstellung der Kostenbeeinflussbarkeit im Verlauf einer Baumaßnahme (übernommen aus Gralla, M. (2011), S. 93)

Aufgrund von Folgekosten, wie z. B. Neuplanung, Rückbau, Anpassungen und Terminverzögerungen sind Änderungen in der Planung zu späteren Projektphasen aus Sicht des Bauherrn zu vermeiden. Sobald die Ausschreibung und Vergabe einmal abgeschlossen ist, steigen die Folgekosten für Änderungswünsche. Das sogenannte Nachtragswesen ist durch frühzeitiges Komplexitätsmanagement zu vermeiden.

2.3.5 Inhalte, Prozesse und Elemente der Baulogistik

Die Ver- und Entsorgung von Baustellen ist für das Bauwesen von besonderer Bedeutung, da auf dem Baufeld die wertschöpfende Tätigkeit erfolgt. Personen, Material und Informationen müssen gemäß der „6R der Logistik“ auf dem Baufeld ineinandergreifen können, so dass ein produktiver Baubetrieb entsteht. Als Gegenstände der Baulogistik führt Deml die in der folgenden Tabelle aufgeführten Positionen auf (vgl. Deml A. (2008), S.42). Diese werden im Folgenden eingehend betrachtet.

Tabelle 6: Gegenstände der Baulogistik (eigene Abbildung)



Personen

Der nachfolgenden Abbildung ist eine Auswahl möglicher Projektbeteiligter zu entnehmen. Die Konstellation der Akteure einer Baumaßnahme ist projektspezifisch und maßgebend für die baulogistische Aufgabe. In vielen Projekten stehen die Akteure nur über das Bauprojekt in Beziehung und bilden ein komplexes Gefüge. Dieses besteht aus einer Kombination aus zum Beispiel einseitigen, wechselseitigen, engen, vertraglichen oder losen Verbindungen. Die Verbindungen haben in der Entwicklung eines baulogistischen Systems eine besondere Bedeutung (vgl. Deml A. (2008), S. 43 ff.).

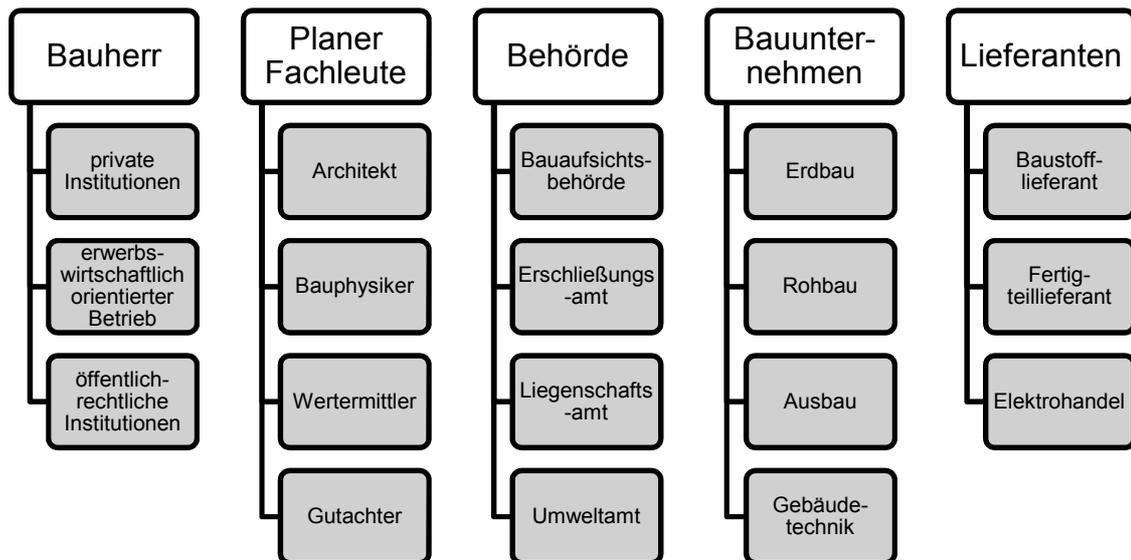


Abbildung 20: vereinfachte Übersicht potenzieller Projektbeteiligter (eigene Darstellung)

Güter

Zu den Gütern einer Baumaßnahme zählen alle produktionsrelevanten Materialien, die Hilfsmittel / Werkzeuge, die zur Erbringung der Bauleistung notwendig sind (vgl. Deml A. (2008), S. 44).

Informationen

Zur Erbringung der Bauleistungen sind den jeweiligen Prozesseignern die notwendigen Informationen zur Verfügung zu stellen. Diese Aufgabe steht im Mittelpunkt der *Tabelle 6*.

Energie

Die Bereitstellung der notwendigen Energie für Produktionsprozesse ist zwingend für den produktiven Baustellenbetrieb notwendig. Üblicherweise umfasst dies die Versorgung mit Baustrom, Wasser, Abwasser und eine Datenleitung zum Informationsaustausch. Dies sind in der Arbeitsvorbereitung zu planende Baustellenparameter (vgl. Deml A. (2008), S. 43 ff.).

Materialfluss

Die Planung und Umsetzung der Baulogistik umfasst die Wegeplanung wie auch Transportmittelwahl für den Materialfluss. Hierbei wird die Baustellenlogistik zu meist in horizontale und vertikale Baustelleneinrichtungselemente untergliedert,

die den Transport der Güter und Materialien auf dem Baufeld in beiden Achsen ermöglicht (vgl. Deml A. (2008), S.51).

Produktionsflussmittel / Informationsflussmittel

In der detaillierteren Baustelleneinrichtungsplanung werden Produktionsflussmittel, wie Informationsflussmittel geplant und für die Ausführungsphase der Maßnahme gewählt. Diese Elemente ermöglichen erst eine produktive Baustelle (vgl. Deml A. (2008), S.49 ff.).

Infrastruktur

Das Umfeld des Systems „Baustelle“ wird mit der externen Infrastruktur beschrieben. Jede Baumaßnahme steht in enger Verflechtung zu ihrer Umwelt und der darin enthaltenen Infrastruktur. Dies umfasst die Versorgung mit Medien wie auch die verkehrsmäßige Anbindung (vgl. Deml A. (2008), S. 48 ff.).

2.4 Ziel: Baulogistik als ganzheitliches und effizientes Bindeglied

Die Vorstellung der Elemente der Baulogistik vermittelt einen Eindruck der möglichen Komplexität baulogistischer Systeme. Ein effizientes, logistisches System ermöglicht eine produktive Baustelle und berücksichtigt die Anforderungen der Mitwelt / Umwelt und Umgebung der Baumaßnahme. Hierzu müssen alle Elemente des baulogistischen Systems in ein stabiles Geflecht überführt werden, das sich flexibel an Änderungen der Mitwelt im Verlauf der Baumaßnahme anpassen kann.

Ziel der Baulogistik ist es, im Verlauf des Bauprojekttablaufs über alle Phasen der Maßnahmen die „6R der Logistik“ effizient zu ermöglichen. Auf die Werkzeuge der Baulogistik, insbesondere auf Baustelleneinrichtungsplanung, wird im *Unterabschnitt 3.1.3 Baulogistik und Baustellenlogistik* detailliert eingegangen.

Anhand einer ganzheitlichen baulogistischen Planung sind schlanke Prozesse in der Ver- und Entsorgung der Baustelle möglich, die die Verschwendung jeglicher Art reduzieren.

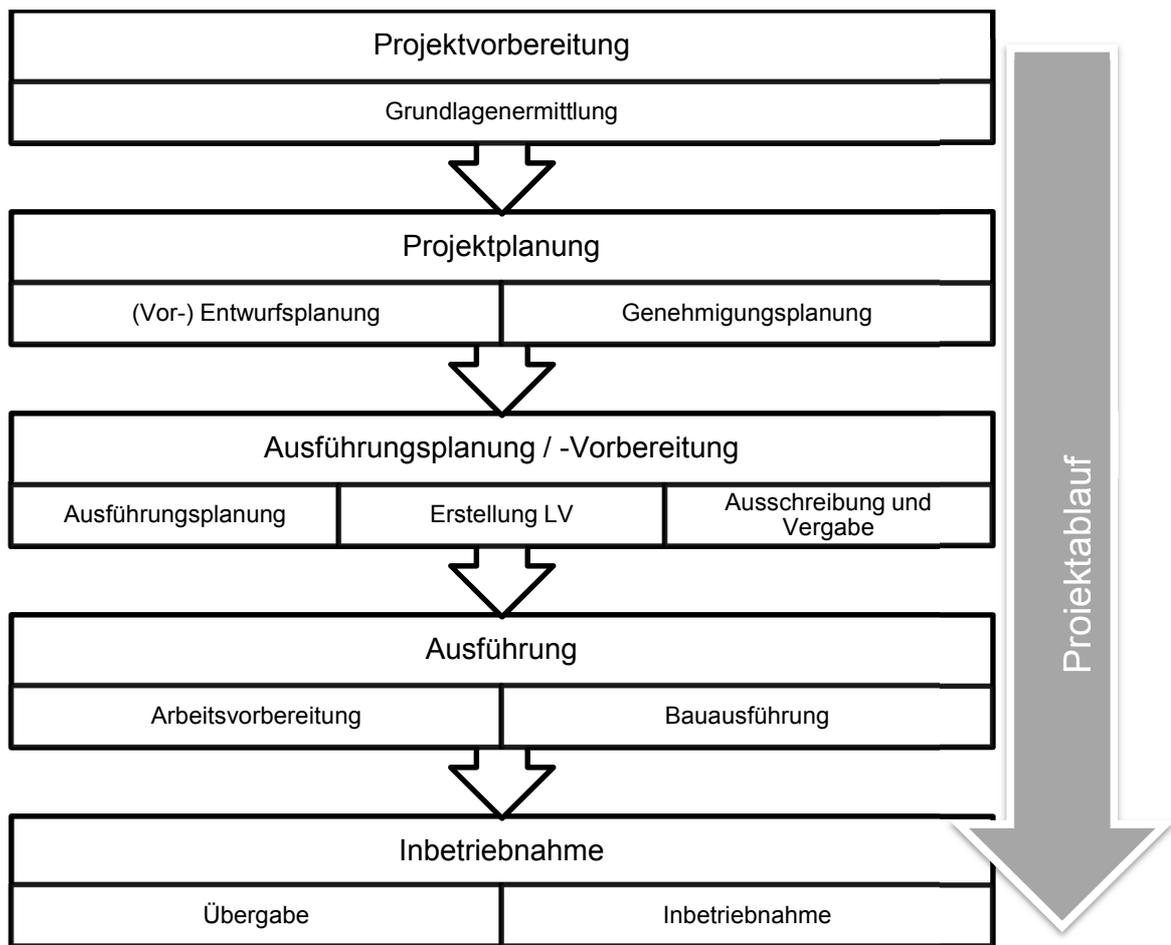


Abbildung 21: vereinfachte Darstellung des idealen Projekttablaufs
(i. A. a. Abbildung 8: Ebel. G. (2011), S. 23)

Die zunehmende Digitalisierung und Vernetzung in der Logistik ermöglicht es der Baulogistik, ein informatives Bindeglied in der Bauausführung zu werden und anhand einer gesteigerten Transparenz das Konfliktpotenzial der jeweiligen Baumaßnahme zu reduzieren.

2.5 Baulogistik aus Sicht der Wissenschaft und Praxis

Dieser Abschnitt umfasst eine Recherche des Stands der praktischen Ansätze und Methoden wie auch eine Übersicht der wissenschaftlichen Betrachtungen zur Logistik, insbesondere Baulogistik und des Komplexitätsmanagements. Die folgende Abbildung stellt eine Übersicht des Abschnitts dar.

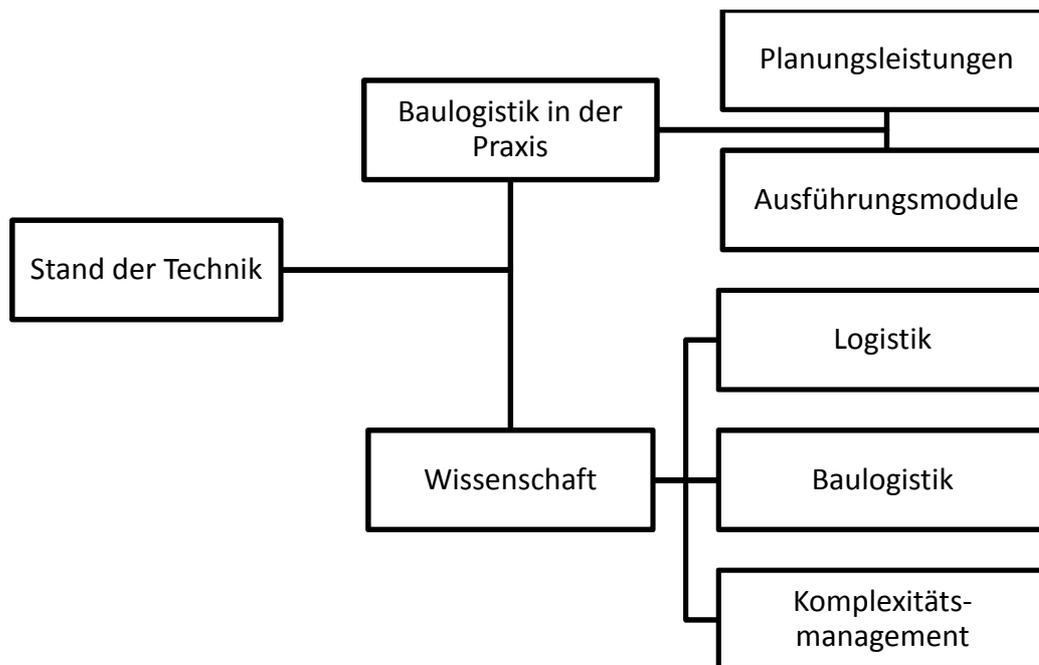


Abbildung 22: Übersicht zur Erläuterung des Stands der Technik (eigene Abbildung)

Das Komplexitätsmanagement wurde bislang nicht in der Baulogistik verwendet. Der Transfer von Methoden bietet somit Forschungs- und Entwicklungspotenzial.

2.5.1 Baulogistik in der Praxis

Alle Produkte und Dienstleistungen unterliegen der Anforderung, der besonderen Struktur von Bauprojekten gerecht zu werden. Diese Struktur wird maßgeblich von den geltenden Ausschreibungsvorschriften beeinflusst. Sie erfordert, dass für öffentliche Maßnahmen gemäß Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen (VOB/ A) anhand eines in Fertigungsabschnitte und Gewerke gegliedertes Leistungsverzeichnis (LV) ausgeschrieben wird. Bauunternehmen, Lieferanten und Nachunternehmer nutzen dieses LV als Planungsgrundlage und stehen zum Zeitpunkt der Ausschreibung im Wettbewerb zueinander (vgl. Uhl (2011), S. 214 in Günther et al.). Die Entwicklung einer optimalen, kooperativen Baulogistik ist dadurch stark eingeschränkt.

Höppner und Uhl führen folgende Defizite in Bauprojekten bzgl. der baulogistischen Planung auf

- das LV weist eine zu grobe Gliederung (fehlende Stücklisten) auf
- es fehlt meist eine bauabschnittsübergreifende Gesamtplanung
- den Positionen im Mengengerüst sind keine Bedarfszeitpunkte zugeordnet

- zur produktneutralen Vergabe werden die Positionen im LV meist durch zeit- und kostenintensives beschreiben der Leistungen formuliert
- Die vollständige Trennung von Planung und Ausführung gemäß VOB/ A führt dazu, dass Bauunternehmen erst mit der Angebotserstellung entsprechend der Positionen im LV Einblick in die Baumaßnahme erhalten (vgl. Günther et al. Höppner, Uhl (2011) in, S. 215).

Unter Berücksichtigung des Prinzips der Wirtschaftlichkeit folgt der logische Schluss, dass beteiligte Anbieter Insellösungen entwickeln und anbieten und ein baulogistisches System in der Ausführung zum Zuge kommt, das womöglich zahlreiche nicht abgestimmte Schnittstellen und Unsicherheiten aufweist. Diese These steht im Mittelpunkt des Bedarfs einer ganzheitlich geplanten Baulogistik.

Wertschätzung von externen konzeptionellen Leistungen

Im Bereich der Baulogistik haben sich zahlreiche Dienstleistungen auf dem Bauproduktmarkt etabliert.

Anhand des in *Abbildung 18* dargestellten Leistungs- und Ablaufplans der Baulogistik können die Dienstleistungen in die Phasen der HOAI eingeordnet und die Ansatzpunkte der Anbieter verdeutlicht werden.

Insbesondere bei komplexen Baumaßnahmen haben Bauherren den Bedarf an übergeordneten Baulogistikkonzepten erkannt. Als prominentes Beispiel wird hier der Bau des „neuen“ Potsdamer Platzes in Berlin genannt. Hier wurde zum ersten Mal in Deutschland eine übergeordnete Baulogistik geplant und vergeben (vgl. Etter, M. (1998), S. 428°-°433.).

Vorstellung der etablierten Dienstleistungen

Baulogistik- Anbieter versprechen eine „Effiziente Baustellenplanung und -Ausführung durch intelligente Baulogistik“; hierzu unterstützen sie den Bauherrn bereits in der Planungsphase (vgl. [Int. Zep]). Zu den Dienstleistungen gehören u. a. die Durchführung von Machbarkeitsanalysen, Erstellung eines Logistikhandbuchs der Baumaßnahme, die Erstellung von Baustelleneinrichtungsplänen bis hin zur Erstellung der Ausschreibungsunterlagen (vgl. [Int. Proj]). Weitere Leistungen, die in der Planungsphase angeboten werden, sind zum Beispiel die Integration der Baulogistik in ein Umweltzertifikatsystem (vgl. [Int. cpc]).

Selbige Anbieter bieten Bauherrn Dienstleistungen, Baustelleneinrichtungselemente zur Miete oder zum Kauf und koordinative Leistungen für die Ausführungsphase der Baumaßnahme an (Informationen aus den Internetpräsenzen der Anbieter [vgl. [Int. Zep], [Int. Pro], [Int. cpc]):

- Baustelleneinrichtung (Infrastruktur und BE-°Elemente)
- Versorgungslogistik
- Bereitstellungslogistik (Baustellenlogistik TUL auf dem Baufeld)
- Entsorgungslogistik
- Zutrittskontrollen und Bewachung / Personenmanagement
- Lean Management in der Bauausführung

Der Bauleiter, der den Bauherrn vor Ort vertritt, überwacht die Bauausführung und wird durch die operative Baulogistik bei der Gestaltung eines effizienten Baubetriebs unterstützt. Der Bauleiter ist nicht in der Lage, Mängel in der Projekt- und insbesondere Ausführungsplanung aufzuholen, da die ihm zur Verfügung stehenden Werkzeuge in der Planungsphase festgelegt werden.

Für den Bauleiter ist es daher von besonderer Bedeutung, dass Mitarbeiter in der Planung der Baumaßnahme ein frühzeitiges und ganzheitliches Verständnis der Aufgabe haben. Dieses bildet die Grundlage für die passende Auswahl praktischer Hilfsmittel und Ansätze für die Ausführungsphase.

Diskussion praktischer Ansätze und Hilfsmittel

Die bereits in der Einleitung beschriebene Zunahme der Komplexität der Baustellen, erfordert für eine reibungslose und wirtschaftliche Bewältigung eine taktische Planung, operative Organisation und Koordination (vgl.°Seemann/ Ebel (2007), S. 46). Insbesondere diese Aufgaben der Baulogistik weisen, wie anhand der Studie zu Vorgängen mit Optimierungspotenzialen in der Bauabwicklung dargestellt, bemerkenswerte Potenziale auf (vgl. Günther/ Zimmermann (2008), S. 17). Ihre Verflechtung durch alle Projektphasen gibt diesen Aufgaben zunehmende Bedeutung.

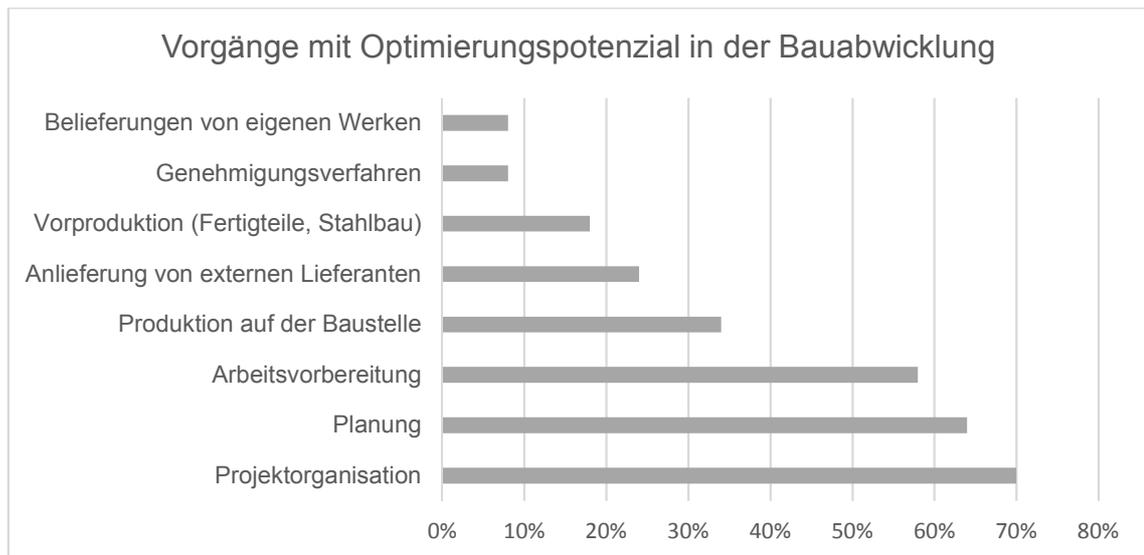


Abbildung 23: Vorgänge mit Optimierungspotenzial in der Bauabwicklung (i. A. a. Günthner/ Zimmermann (2008), S. 13 ff.)

Es besteht ein Bedarf an organisatorischen und unternehmensübergreifenden Optimierungen, wenn man der Meinung der befragten Bauunternehmen, Planungs- und Projektsteuerungsbüros und Forschungseinrichtungen folgt.

2.5.2 Forschung und Entwicklung in der Bauleistik

Dieser Abschnitt stellt den aktuellen Stand der Wissenschaft dar und ermöglicht eine Abgrenzung dieser Arbeit zu bereits betrachteten Themengebieten. Zur Strukturierung werden die veröffentlichten Ansätze in drei Gruppen zusammengefasst. Die Berichte zu Forschungsprojekten, wissenschaftlichen Arbeiten, Dissertationen und Habilitationen werden den Feldern Bauleistik, komplexe Logistik und Komplexitätsmanagement zugeordnet und vorgestellt:

Sanladerer – 2008

In der Arbeit befasst sich Sanladerer mit der Optimierung der Transportlogistik im Bauwesen. Die Unterstützung der Disposition anhand von EDV-Systemen soll die Koordination von Personen und Ressourcen verbessern und zu einer effizienten Bauleistik hinführen (vgl. Sanladerer, S. (2008)).

Beißert – 2010

Diese Dissertation umfasst die Entwicklung eines constraints-basierten Modellierungskonzepts, das zur Ablaufplanung von Hochbaumaßnahmen dient. Anhand detaillierter Spezifikation der Bauprozesse und ihrer Rahmenbedingungen werden Abhängigkeiten hinsichtlich Ressourcen-, Material-, und Kapazitätsplanung

ersichtlich. Anhand von Simulationsstudien werden Prognosen für die simulierten Modelle abgebildet (vgl. Beißert, U. (2012)).

Klaubert – 2011

Klaubert entwickelte im Rahmen des Forschungsvorhabens „ForBAU“ an der Technischen Universität München ein Informations- und Kommunikationssystem. Das System soll direkt in der Bauausführung unterstützend den Informationsfluss zwischen den Gewerken und Unternehmen vereinfachen und zeitgleich dokumentieren. Hierzu wurden durchgängige medienbruchfreie Technologien gewählt und eine an die Baustellensituation angepasste Lösung entwickelt. Insbesondere die Nutzung von RFID (Radiofrequency Identification) zur Identifikation von Ressourcen wird eingehend behandelt (vgl. Klaubert, C. (2011)).

Ebel – 2011

Die Dissertation von Ebel beschreibt ein Vorgehensmodell für die Anforderungsanalyse der Baulogistik. Die entwickelte Methode dient der systematischen Aufnahme der zur Planung notwendigen Informationen und führt den Planer zur Entwicklung eines Lastenhefts der Baulogistik. Zu formulierende Leistungsverzeichnisse können auf diesen Vorleistungen gestaltet werden und eine konsistente Planung kann erfolgen (vgl. Ebel, G. (2011)).

Wortmann – 2011

Im Rahmen dieser Arbeit wird ein Transportkonzept für Hochbaumaßnahmen entwickelt. Nach einer detaillierten Prozessbetrachtung und Aufnahme der Rahmenbedingungen für die Entwicklung, erarbeitet Wortmann neue Belieferungsprozesse für Hochbaumaßnahmen. Die Abläufe finden in der Ausführungsphase eines Projektes Verwendung, müssen jedoch zum Erreichen der angestrebten Optimierung frühzeitig in der Planung berücksichtigt werden. Die Integration von Sensortechnik, wie zum Beispiel Radio Frequency Identification (RFID) wird ebenfalls diskutiert und in der Konzeptentwicklung berücksichtigt (vgl. Wortmann (2011)).

Voigtmann – 2014

Ziel der Forschungsarbeit war die Entwicklung eines Simulationsmodells zur Abbildung der Produktions- und Logistikprozesse einer Baustelle. Anhand eines

constraint-basierten Simulationsmodells sollen die Bauausführungsprozesse einer Hochbaustelle abgebildet werden, so dass Prognosen ermittelt werden könnten. Der Detaillierungsgrad der Abbildung stellt die Herausforderung an die Simulation dar und soll anhand der Wahl der Einflussfaktoren auf ein praktikables Maß gebracht werden (vgl. Voigtmann (2014)).

Lawrens – 2014

Lawrens führt in seiner Masterarbeit „SCHLANKE BAULOGISTIK – Potenzialanalyse von Lean-Management-Ansätzen in der Baulogistik“ eine Analyse der Prozesse in der Ausführung von Hochbaumaßnahmen durch. Die Datenerhebung erfolgt im Rahmen von durch Fragebögen unterstützte Interviews, die sich an Baulogistiker und Großbauunternehmen richten. Insbesondere in den Bereichen Transportkoordination, Lagerung auf dem Baufeld und Terminabstimmung einschließlich Dokumentation werden Potenziale erkannt. Lawrens ordnet den Potenzialen Methoden aus dem Lean Management zu, so dass diese im Rahmen anschließender Baumaßnahmen und Erhebungen erprobt werden könnten (vgl. Lawrens (2014)).

Tabelle 7: Abgrenzung dieser Arbeit zu bestehenden Lösungsansätzen

WISSENSCHAFTLICHE ANSÄTZE	ANALYSE	PLANUNG & ENTWICKLUNG	AUSFÜHRUNG
EBEL		X	
KLAUBERT		X	
BEIßERT	X	X	
SANGLADER		X	
VOIGTMANN		X	
LAWRENS		X	
WORTMANN		X	X
BAULOGISTISCHE / LOGISTISCHE ANSÄTZE UND IM MARKT ETABLIERTE DIENSTLEISTUNGEN			
BAUSTELLEN-EINRICHTUNGSPLANUNG SIGEKO PLANUNG		X	
BAULOGISTIKLEITSTAND VOR ORT		X	X
VERSORGUNGSLOGISTIK		X	X
DIGITALISIERUNG DES BAUFELDS		X	X
ENTSORGUNGSLOGISTIK		X	X

2.5.3 Forschung und Entwicklung der komplexen Logistik

In den letzten Jahren hat sich das Forschungs- und Entwicklungsfeld der Logistik rapide entwickelt. Ausgehend von den grundlegenden Aufgaben der Logistik sind heutzutage weitere Problemfelder und Herausforderungen hinzugekommen: Der zunehmende Wettbewerb und daraus resultierende wirtschaftliche Druck auf einzelne Prozesse führt dazu, dass die Logistik sich stets weiterentwickelt und Optimierungen anstrebt (vgl. Brand et al. (2009), S. 27 ff.). Das Internet und die Digitalisierung führt zu einer vernetzten Logistik und hat das Konzept des „Internet of Things“ initiiert. Neue Anforderungen an bestehende Logistiksysteme wie zum Beispiel das sich ständig ändernde Konsumentenverhalten führen zu dezentralen Prozessen. Herkömmliche statische Systeme sind kaum in der Lage, den schnellen Markt abzubilden und die Ansprüche zu erfüllen. Zur Flexibilisierung wird mit

individuellen, einzelnen Komponenten reagiert, die in Plattformen miteinander kommunizieren und dynamische Netzwerke bilden (vgl. ten Hompel, M.; Kerner, °S. (2015), S. 176 ff.).

Logistikforschung am Fraunhofer IML

Das Fraunhofer IML ist eines der 72 Fraunhofer Institute und setzt sich mit allen Disziplinen der Logistik und ihrer angrenzenden Forschungsfelder auseinander. Im Rahmen von Forschungsprojekten und Entwicklungsaufträgen werden neue Technologien und Lösungen u. a. in dem Bereich der Materialflusstechnik, des Warehouse Managements, der Geschäftsprozessmodellierung, der simulationsgestützten Unternehmens- und Systemplanung sowie in den Bereichen Verkehrssysteme, Ressourcenlogistik und E-Business entwickelt. Der Fachbereich der Baulegistik ist am Fraunhofer IML in der Abteilung der Umwelt- und Ressourcenlogistik beheimatet (vgl. [Int Fra]).

2.5.4 Forschung und Entwicklung des Komplexitätsmanagements

Das Komplexitätsmanagement möchte dem Entscheider anhand von Methoden und Werkzeugen zu besseren Lösungen und Ansätzen verhelfen. Die Digitalisierung unterstützt dabei den Entscheider bei der Datenerhebung und Einschätzung der Ist-Situation (vgl. Fisch, R. und Beck D. Hrsg. (2004), S. 12).

Das Komplexitätsmanagement beschäftigt sich neben den in *Abbildung 9: Zieldreieck von Projekten* dargestellten Zielgrößen: Qualität, Zeit und Kosten, viel mehr mit den sozialen Zusammenhängen eines Projektes. Projektbeteiligte und Betroffene sind zunehmend in der Verantwortung, Lösungen zu ermitteln, die mit dem Umfeld und der Umwelt des Problems möglichst wenig Konfliktpotenzial aufweisen (vgl. [Int Eff]).

In der Automobilindustrie wird das Komplexitätsmanagement bereits seit den 1990er verfolgt und darin geforscht. Die durch erhöhte Komplexität entstehenden Mehrkosten und Ineffizienten entlang der Wertschöpfungskette sollen verringert werden und ein verbessertes, wirtschaftliches Ziel erreicht werden. Im Komplexitätsmanagement wird für die Automobilindustrie insbesondere in den Bereichen:

1. Reduktion der Freiheitsgrade des Systemverhaltens durch das Einführen von Notwendigkeiten und Unmöglichkeiten als Obergrenzen (vgl. Bäcker, D. (1998), °S. 30 und Grossmann, C. (1992), °S.16);

2. Verbesserung des kognitiven Verständnisses durch Strukturierung der Komplexität durch einen ganzheitlichen Ordnungsrahmen (vgl. Friedli, T. (2006), °S. 20);
3. Auflösen von Netzen anhand der Entkopplung von Systemelementen (vgl. Piller, F. T.; Waringer, D. (1999), °S. 38);
4. Einschränkung von Ambiguitäten anhand des Aufzeigens von Komplexitätstreibern (vgl. Gross, P. (1998), °S. 348);
5. Einschränkung der Fragestellung durch Abstraktion der Problembeschreibung anhand der notwendigen und kennzeichnenden Systemgrößen (vgl. Gross, P. (1998) °S. 349); geforscht.

Die zunehmende Komplexität in der Produktion und Logistik wird in produzierenden Unternehmen mit Methoden der Datenverarbeitung bewältigt. Hierzu werden z. B. anhand von Computerprogrammen und Laborversuchen mögliche „Bullwhip-Effekte“ simuliert, um anschließend mit Gegenmaßnahmen diese Ineffizienzen zu vermeiden (vgl. Wirtz, W. (2004), S. 107 ff.). Beratungshäuser, wie z. B. „Schuh & Co.“, erarbeiten Lösungen für komplexe Problemstellungen ihrer Kunden. Hierbei stehen das Prozessmanagement und die Wertstromanalyse zumeist im Mittelpunkt. Prof. Dr. Schuh (WZL RWTH Aachen) setzt hierbei mit seinem Team auf Maßnahmen aus dem Organisationsmanagement und Ansätzen des „Lean Managements“ (vgl. Krumm, °S. (2016), °S. 6 ff.).

Budde – 2016

Die an der Hochschule St. Gallen entstandene Dissertation „Integriertes Komplexitätsmanagement in produzierenden Unternehmen – Ein Modell zur Bewertung von Komplexität“- umfasst die Entwicklung eines Verfahrens zur Komplexitätsbewertung. Anhand eines Berechnungsmodells soll eine Optimierung der Produktion hinsichtlich Kosten-Nutzen der Komplexität und eine Steigerung der operativen Performance eines Unternehmens bestimmt werden. Die Arbeit führt zu einem Kalkulationsmodell, das im nächsten Schritt im Rahmen von „Big Data“ mit Informationen gefüllt werden muss und anschließend Vorschläge zur Optimierung ermittelt.

Meyer – 2007

Meyer verfolgt in der Dissertation die Entwicklung einer Methode zur Integration der Anforderungen des Komplexitätsmanagements in den Führungsprozess der

Logistik. Hierbei legt er den Schwerpunkt auf Komplexitätstreiber und deren Auswirkung. Anhand eines adaptiven Modells werden Wirkungszusammenhänge dargestellt und Balanced-Score-Cards für mehrere Prozesse in einem Unternehmen entwickelt. Prozessuale Verbesserungen werden hierbei angestrebt.

Maune – 2002

Ziel dieser Arbeit ist es, ein ganzheitliches Abbild der Komplexitätsauswirkung im gesamten Unternehmen zu entwickeln. Hierbei ist es jedoch nicht möglich, weiche Kriterien, wie die Unternehmenskultur und soziale Faktoren aus z. B. Abteilungskonstellationen mit abzubilden. Entstanden ist jedoch eine empirische Untersuchung, die auf die sinkende Wiederholhäufigkeit von Prozessen bei Automobilherstellern und deren Zulieferern entstanden ist. Da sich parallel zu der zunehmenden Jahresproduktion eine höhere Variantenvielfalt im Markt etabliert hat, ist die Produktionskomplexität zeitgleich gestiegen. Maune setzt dieser Herausforderung die Methoden der Komplexitätsreduktion entgegen und konzentriert sich hierbei auf die Anwendung von Produktklassifizierungen und Modulen, um somit wieder gehäuft Prozessähnlichkeiten und Häufigkeiten zu entwickeln.

Sander – 2007

Diese Diplomarbeit erfolgt im Rahmen der internationalen Forschungsinitiative „intelligent Logistics for innovative product technologies“ (ILIPT). Ziel des Projektes ist die Entwicklung effizienter Produktionsstrukturen und Konzepte, die eine gesteigerte Variantenvielfalt unter der Berücksichtigung der Produkt- und Prozesskomplexität berücksichtigt. Sander baut hierzu ein Modell der Produkt- und Prozesskomplexität, welches als Grundlage für die Ermittlung der Komplexitätskosten dient. Das detaillierte Modell sowie dessen qualitative und quantitative Auswertung und Optimierung sind nicht veröffentlicht worden.

Schöller – 2009

Die Dissertation mit dem Titel „Internationales Komplexitätsmanagement am Beispiel der Automobilindustrie“ verfolgt die Forschungsfrage, wie die Produktkomplexität eines international anbietenden Serienherstellers in der Automobilindustrie besser beherrscht werden kann. Schöller wählt hierzu den Ansatz der Einfüh-

rung von Kommunalitäten. Dieser findet seinen Ursprung in der Komplexitätsmanagementmethode der Modularisierung. Das Rollout anhand einer ganzheitlichen, internationalen Managementstrategie ermöglicht eine Reduktion der Produktkomplexität.

2.6 Zusammenfassung & Abgrenzung dieser Arbeit

Der methodische und praktische Transfer des Komplexitätsmanagements steht im Mittelpunkt dieser Arbeit. Die Analyse, Planung und Ausführung der Bauleistik einer Baumaßnahme wird anhand einer zu entwickelnden, holistischen Methode durchgeführt. Ein holistisches System berücksichtigt die Parameter und Argumente des Systems ganzheitlich, so dass von einem schlichtenden Verfahren gesprochen wird. Das Komplexitätsmanagement verfügt über die günstige Eigenschaft, dass es auch zu einer späteren Projektphase noch hinzugezogen werden kann, da eine Aufnahme der Parameter und derer Beziehungen untereinander das System zu jedem Zeitpunkt beschreiben.

Einsatzmöglichkeiten der zu entwickelnden Methode

In einem Schlichtungs- oder Mediationsverfahren ermöglicht das Komplexitätsmanagement eine schnelle Identifikation der Systemgrenzen und maßgebender Parameter. Während der Ausführung können Kostentreiber oder Mängel in der logistischen Infrastruktur entdeckt und unter Berücksichtigung der Randparameter behoben werden. Im ungünstigsten Fall eines gescheiterten Projekts kann anhand einer gesteigerten Transparenz eine Schlichtung womöglich leichter herbeigeführt werden.

Abgrenzung

Diese Managementmethode kann ihren Einsatz zu jedem Zeitpunkt des Projektes finden und ist somit allen Dienstleistungen im Markt voraus. Selbst in der Retrospektive eines Projektes kann die Aufnahme der Situation anhand des Verfahrens erfolgen und bei der Aufbereitung von Fehlern und ihren Ursachen helfen. Eine frühzeitige Integration in den Planungsablauf ermöglicht eine als ganzheitliches System geplante Baumaßnahme. Eine späte Nutzung der Methode führt zu einer strukturierten Aufnahme an Handlungsfeldern und kann Maßnahmen zur Optimierung an der maßgebenden Stellgröße empfehlen.

Der Zugewinn an Transparenz, der bei der Verwendung der Methode entsteht, ermöglicht einen vereinfachten Zugang zu Komplexitätstreibern. Die Komplexitätstreiber können nun mit den im *Abschnitt 4.4 Komplexitätsmanagement „Umgang mit Aufgaben gesteigerter Komplexität“* im Sinne des Projektes geleitet und gelenkt werden. Komplexitätsmanagementsmaßnahmen können gezielt gegenüber einzelnen Treibern oder zur Verbesserung des gesamten Baustellensystems eingesetzt werden. Konzepte zur Bewältigung der ermittelten Baustellensituation sind somit von ganzheitlicher Natur.

Relevanz des Ergebnisses

Insbesondere bei der Betrachtung der Trends des Bauwesens (*Abbildung 3: Auswahl aktueller Komplexitätstreiber im Bauwesen*) wird die Anzahl und die Ausprägung an Baumaßnahmen mit erhöhter Komplexität zunehmen. Komplizierte innerstädtische Lagen, überschneidende und gegensätzliche Anforderungen sind nur Beispiele für Komplexitätstreiber, die zu einer Zunahme der Komplexität im Bauwesen führen.

Die Relevanz einer integrativen Methode, die sowohl die Planung als auch die Ausführung mit Werkzeugen des Komplexitätsmanagements unterstützt, ist somit unumstritten:

Lösungsansätze und konkrete Werkzeuge verfolgen das Ziel, den Umgang mit komplexen Systemen zu erleichtern. Hierzu wird die Komplexität reduziert, vereinfacht oder beherrscht. Der Transfer erster Strategien aus der Massenproduktion in die größtenteils individuelle Bauwirtschaft kann zu einer optimierten Baumaßnahme führen. Weiterhin wird anhand des Transfers der Umgang mit komplexen Problemen der Losgröße 1 erarbeitet. Mit Hinblick auf die zunehmende Individualisierung von Produkten können gewonnene Erkenntnisse aus dieser Arbeit in andere Branchen übertragen werden.

3 Situationsanalyse und Handlungsbedarf in der bauleistungsorientierten Planungsaufgabe

Dieses Kapitel umfasst eine detaillierte Analyse der Planungsaufgabe und des Umfelds der Bauleistung. Die Handlungsfelder, wie auch Restriktionen des Planers werden beschrieben, so dass die Komplexität der Planungsaufgabe erkenntlich wird. Die Analyse wird mit der Betrachtung der äußeren Restriktionen hin zu den Inneren durchgeführt und leitet zu der Beschreibung der Aufgaben und Planungsergebnisse hin.

Festlegung der Planungs- und Systemgrenzen

Im anschließenden *Abschnitt 3.1 Abgrenzung des Planungsraums* werden die physischen, wie auch die rechtlichen Grenzen der bauleistungsorientierten Planungsaufgabe beschrieben. Für die weitere Vorgehensweise dieser Arbeit werden diese Grenzen für kongruent erklärt.

3.1 Abgrenzung des Planungsraums

Jedes bauleistungsbearbeitende Konzept und System ist ein Unikat und wird für die jeweilige Baumaßnahme spezifisch erstellt (vgl. Uhl (2011), S. 208). Der Entwicklungsraum der bauleistungsbearbeitenden Planungsaufgabe wird anhand von vielschichtigen Eingrenzungen beschrieben. Dieser Weg ist dem Tätigkeitsfeld des Planers am nächsten, da dieser in dem begrenzten Planungskontext für jede Baumaßnahme ein spezifisches Bauleistungskonzept erarbeitet.

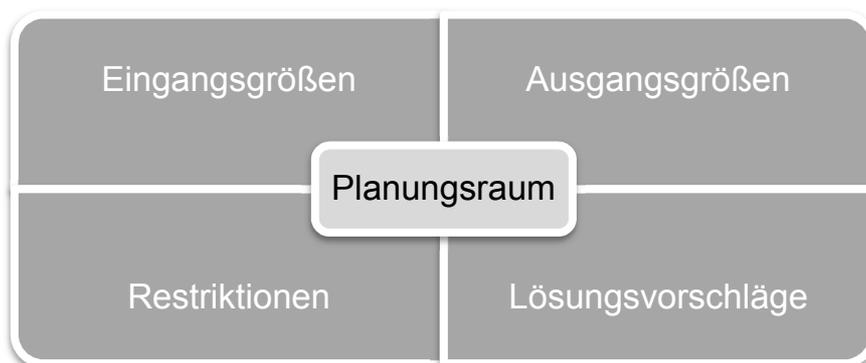


Abbildung 24: vereinfachte Darstellung des Planungsraums (eigene Darstellung)

Im Folgenden werden die marktüblichen Restriktionen und Anforderungen an den Planungsraum erarbeitet. Hierzu wird anhand der nachfolgenden Abbildung von außen nach innen beschreibend vorgegangen.

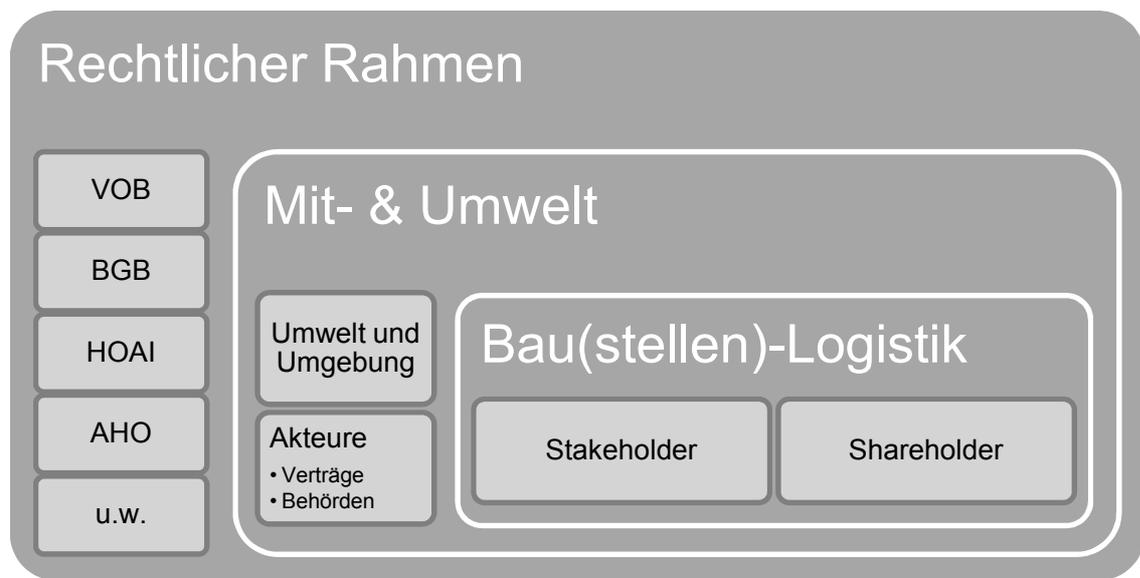


Abbildung 25: mehrstufige, vereinfachte Darstellung des baulegitimierten Planungsraums (vgl. Ebel (2011), S. 26).

Die Vielzahl der Richtlinien, Gesetze und Verordnungen bildet ein kompliziertes Umfeld für die Entwicklung der Bau- und der Baulegitimierten Prozesse. Diese grundlegenden Anforderungen erfordern Fachwissen und Erfahrungen seitens der Planer, so dass ein zulässiger Baustellenbetrieb überhaupt zugelassen wird.

3.1.1 Ausführung des Rechtlichen Rahmens

Zahlreiche Gesetze und Vorschriften die u. a. in der VOB, dem BGB, der HOAI, oder Handlungsempfehlungen des AHO formuliert sind, bilden die Rahmenbedingungen der Baumaßnahme im Innen- wie auch Außenverhältnis. Allen Projektbeteiligten und Betroffenen ist im Sinne einer konstruktiven und effizienten Bauabwicklung anzuraten, alle rechtlichen Bedingungen vor Beginn der Baumaßnahme eingehend zu prüfen, so dass ein möglicher Eingriff einer höheren Instanz bis hin zu einer Stilllegung des Baubetriebs vermieden wird. Jeglicher externe Vorgang führt zumeist zu Projektkostensteigerungen und damit möglicherweise einhergehenden Zeitverzögerungen (vgl. Ebel (2011), S. 26).

Das Innenverhältnis der am Projekt beteiligten Unternehmen wird anhand des Bürgerlichen Gesetzbuches (BGB) und im Rahmen von öffentlichen Baumaßnahmen anhand der Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen (VOB) organisiert. Für öffentliche Baumaßnahmen wird hinzu verpflichtend die HOAI insbesondere zu Definition der Leistungen und deren Verrechnung hinzugezogen.

Eine allgemeine Vertragsfreiheit, die sich in Abschluss- und Gestaltungsfreiheit ausdrückt, ist für Verträge, die nach BGB formuliert sind, zu erhalten (vgl. Gralla (2010), S. 29). Vertragsform und Inhalt, haben sich nur nach dem BGB zu richten, so dass eine Vielzahl von Individualverträgen und Einigungen zwischen der Vielzahl von Akteuren im Bauwesen branchenüblich ist. Umfänge, Gegenstände, Abnahmebedingungen, Vergütungen von Einzel- oder Gesamtleistungen werden zumeist einzeln vereinbart.

Baumaßnahmen der öffentlichen Hand werden anhand der Vergabe- und Vertragsordnung (VOB) für Bauleistungen geregelt. Das bedeutet, dass die öffentliche Hand hier über keine vollständige Vertragsfreiheit verfügen. Es werden unter Berücksichtigung der VOB die Vergabe von Bauaufträgen und auch die Vertragsbedingungen für die Ausführung von Bauleistungen vertraglich festgehalten. Das BGB wird anhand der VOB, in ihren drei Teilen, um bauspezifische Richtlinien ergänzt. Bei zahlreichen, nicht öffentlichen Baumaßnahmen, wird die VOB gerne angewendet und als eine Form der allgemeinen Geschäftsbedingungen (AGB) für das Projekt verwendet (vgl. Güntzer/ Hammacher (2003, S. 5). In § 305 Abs. 1 BGB ist die Definition von AGB wie folgend definiert: „alle für eine Vielzahl von Verträgen vorformulierten Vertragsbedingungen, die eine Vertragspartei (Verwender) der anderen Vertragspartei bei Abschluss eines Vertrages stellt“. Die Nutzung der VOB ermöglicht es dem Bauherrn, eine Vielzahl von Verordnungen in eine übergeordnete Regelung zu übertragen.

Die VOB in der Fassung von 2016 ist wie gewohnt in drei Teile unterteilt:

Teil A: Allgemeine Bestimmungen für die Vergabe von Bauleistungen

Die VOB/ A enthält eine übergeordnet geltende Definition der Bauleistung: „Bauleistungen sind Arbeiten jeder Art, durch die eine bauliche Anlage hergestellt, instandgehalten oder beseitigt wird“ (vgl. § 1 VOB/ A).

Öffentliche Bauherren schreiben nach den hier beschriebenen Vorgaben nationale und internationale Baumaßnahmen in Abhängigkeit ihres Wertes aus. Die Art der Ausschreibung, Form der notwendigen Unterlagen, einzuhaltende Fristen und Vergaberegeln sind in der VOB/ A formuliert.

Eine explizite Formulierung der bauleistungsrechtlichen Planungsleistung oder Bauleistungsrecht im Allgemeinen ist in der VOB nicht enthalten, da sie schließlich nur Hilfe zur Herstellung einer baulichen Anlage ist.

Teil B: Allgemeine Vertragsbedingungen für die Ausführung von Bauleistungen

Inhalte in der VOB Teil B sind:

„die rechtlichen Beziehungen der Vertragspartner nach Abschluss des Bauvertrages bis zur Erfüllung der beiderseitigen Vertragspflichten und damit die ordnungsgemäße und mängelfreie Herstellung des geschuldeten Werkes“ (Gralla (2010), S. 29).

Sie ergänzt somit das BGB um branchenspezifische Regelungen, wie zum Beispiel Gewährleistungsfristen und spezielle Schadensersatzanspruchsfristen durch bauleistungsrechtliche Regelungen. Zur Einbeziehung der VOB/ B müssen die Vertragsparteien diese zur Leistungsvereinbarung ergänzen und gemäß BGB physisch bei Abschluss des Vertrags vorlegen.

Teil C: Allgemeine Technische Vertragsbedingungen (ATV) für Bauleistungen

Sobald die VOB/ B als Vertragsbestandteil anerkannt wurde, tritt der Teil C ebenfalls in Kraft. Dieser spezifiziert die Form und den Inhalt der Leistungsbeschreibung, wie auch die Ausführung von Arbeiten und Nebenleistungen. Technische Materialien, wie Baustoffe sind ebenfalls in dieser Verordnung beschrieben (vgl. Wortmann (2011), S. 14).

Neben der bereits vorgestellten HOAI sind spezielle technische Regelungen in den zusätzlichen technischen Vertragsbedingungen (ZTV) geregelt.

Gesetzliche Trennung von Planung und Ausführung

Hervorzuheben ist an dieser Stelle die für Baumaßnahmen der öffentlichen Hand gesetzlich vorgeschriebene, organisatorische Trennung der Planungs- und Ausführungsphase. Zum Schutz des Nutzers wurde diese Trennung eingeführt und wird auch dem nicht öffentlichen Bauherrn angeraten (vgl. Ebel, G. (2012), S. 23-24). Bauherren werden in der Planungsphase anhand von (Varianten-) Entwürfen durch Planer beraten. Diese verpflichten sich, wenn sie durch den Bauherrn

beauftragt werden, die ordnungsgemäße Leistungserbringung zu überwachen und die Baumaßnahme zu steuern. Einem Bauunternehmen ist der Verdacht zu unterstellen, Bauverfahren, die es selbst erbringen kann, in der Planung zu bevorzugen, so dass der Bauherr ungünstig beraten wäre. Neben dieser „negativen“ Begründung war es auch der Schutz der kleinen und mittelständischen Unternehmen, die zu der Trennung der Planungs- und Ausführungsphase führte.

Die Trennung ist in der HOAI zwischen Phase 7 und 8 manifestiert. Da viele Bauunternehmen und Planer nach dieser ausschreiben, erfolgt auch in der Privatwirtschaft an dieser Stelle häufig ein Wechsel der Projektbeteiligten / Unternehmen.

3.1.2 Beschreibung der Mit- und Umwelt

Die zweite, nähere Ebene der Baumaßnahme, wie in *Abbildung 24* dargestellt, umfasst die direkte Umgebung der Baumaßnahme und die eingebundenen Akteure (*Abbildung 20*). Zu der Umgebung der Baumaßnahme zählt die Umwelt unter ökologischen Gesichtspunkten, jedoch auch die Mitwelt, die sich aus der Bebauung im Umfeld, der Infrastruktur oder Umgebung ergibt.

Die Beziehungen zwischen den Akteuren sind über die vorab vorgestellten Richtlinien und Verträge vereinbart, so dass in diesem Abschnitt auf den konkreten Umgang im Rahmen der bauleistungslogistischen Planung eingegangen wird (vgl. Weber, J. (2007), S. 24).

Der Planungs- und Projektsteuerungsaufwand ist erfahrungsgemäß bei einer innerstädtischen Modernisierungsbaumaßnahme gegenüber den Aufwänden bei einem Neubau auf der „grünen Wiese“ meist höher, da mehr Umwelt- und Umgebungseinflüsse zu berücksichtigen sind.

3.1.3 Bauleistungslogistik und Baustellenlogistik

Das multidisziplinäre **Aufgabenspektrum der Bauleistungslogistik** wurde in den vorangegangenen Abschnitten bereits vorgestellt, so dass an dieser Stelle eine Eingrenzung der Baustellenlogistik der weiterführende Schritt ist. Wie in *Abbildung 16: vereinfachte Darstellung der Bereiche einer Baustelle* und *Abbildung 17: logistische Prozesse im Umfeld einer Baumaßnahme (übernommen aus Bloemecke / Boenert in Wortmann, A. (2011), S. 23)* angedeutet, ist der Bauzaun nicht nur die physische Grenze des Baufelds, sondern stellt auch die Grenze der

Baustellenlogistik dar. Die Baustellenlogistik fängt mit der Anlieferung der Materialien an die Baumaßnahme an und reicht bis hin zu der Abholung von Restmengen, der im Folgenden erläuterten Entsorgungslogistik. Alle Transport-, Umschlags- und Lagerungsprozesse (TUL-Prozesse) an und auf der Baustelle sind Bestandteile der Baustellenlogistik. Diese Prozesse werden maßgebend von folgenden Parameter beeinflusst und / oder müssen sich nach gegebenen Restriktionen richten (vgl. Wortmann (2001), S. 26):

- Vorgaben der Stakeholder (z. B. Behörden in Bezug auf Emissionen)
- Eigenschaften der Baumaßnahmen an sich (wie z. B. Art der Baumaßnahme, Mikro- und Makrolage der Baumaßnahme, gewählte Fertigungsverfahren.
- zu bewegende Güter (physische Dimensionen)
- Gegebenheiten, die aus der Infrastruktur im Umfeld folgen

Die **Planung der Baustellenlogistik** unterscheidet die Wahl der Transportmittel nach horizontalen und vertikalen Transporten. Je nach Materialeigenschaft werden diese zwischengelagert oder umgehend zum Verbauort angeliefert, so dass zum Teil Lagerorte auf dem Baufeld eingeplant werden müssen. In den vorweg genannten Abbildungen wird eine Hochbaubaustelle dargestellt, bei denen üblicherweise Baustoffe ebenerdig gelagert werden und der Innenausbau über Materiallager in den jeweiligen Etagen verfügt.

Weiterführende Aufgaben der Planung der Baustellenlogistik sind die Planung von u. a. baustellensichernden Maßnahmen, Ver- und Entsorgungskonzept und Verkehrskonzept im direkten Umfeld der Baumaßnahme.

Umfang der baulegistischen Planungsleistung

Der umfangreiche Aufgabenkatalog der Baulegistik ist in der *Abbildung 18* zusammengefasst. Die Baustellenlogistik wird AG-seitig bis in die HOAI- Leistungsphase 5 in Form einer Entwurfsphasenplanung umrissen. Die konkrete Ausführungsphase wird erst in Phase 8 spezifisch durch den AN geplant und umgesetzt. Eine gemeinsame Planung erfolgt bei privat Baumaßnahmen in seltenen Fällen. Das Engagement des übergeordneten Planers ist hierfür meist ausschlaggebend.

Die detaillierte Planung ist Teil der Arbeitsvorbereitung (AVOR), die auf Grundlage der Baupläne konkrete bauleistende Abläufe plant. Die Planung eines effizienten Materialflusses zu und auf der Baustelle gewährleistet eine effiziente Produktion und eine effiziente Baustellenlogistik. Die Interaktion der Baustelle zu Stakeholdern in der Umgebung, ihrem Umfeld und den Projektmitgliedern führt zu der gesteigerten Komplexität der Gesamtaufgabe.

Die im Mittelpunkt der bauleistenden Planungsaufgabe stehenden Aufgaben werden im Folgenden vorgestellt:

Baustelleneinrichtungsplanung

Die folgende Abbildung fasst eine Auswahl der verschiedenen Planungsaufgaben der Bauleistenden zusammen. Die Elemente umfassen die Bauteile für die Infrastruktur und die Schnittstellen des Produktionssystems zur Mitwelt. An dieser Stelle ist die erste Gliederungsebene der Elemente der Baustelleneinrichtung aufgeführt. Eine umfangreiche Übersicht ist in der Anlage (Abbildung 52: Elemente der Baustelleneinrichtung [i. A. a. (Brinckmann, Ralf. (2008)) beigefügt.

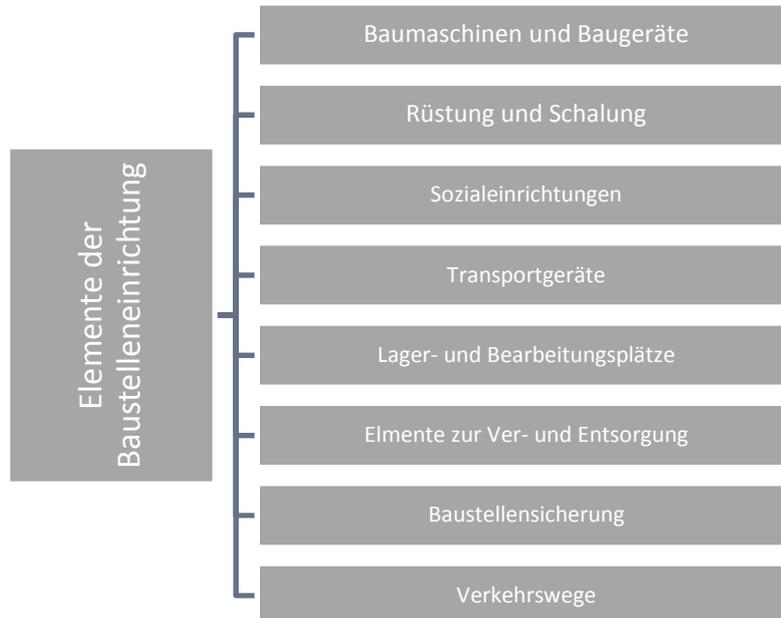


Abbildung 26: Elemente der Baustelleneinrichtung (i. A. a. Brinckmann (2008), S. 215)

Sicherheit auf der Baustelle

Weitere wichtige Elemente der Baustellenlogistik sind Planung und Wahrung der Sicherheit der Menschen auf der Baustelle. Verordnungen und Richtlinien wie z. B. zusätzliche technische Vorschriften (ZTVE), Richtlinien der Berufsverbände, Herstellerrichtlinien- und Vorschriften, Verarbeitungsvorschriften, Gütevorschriften von Gütegemeinschaften, Bestimmungen und sonstigen DIN-Normen sind in der Planung und in der Ausführung der Baumaßnahme zu berücksichtigen. Des Weiteren gelten die örtlichen Verkehrsvorschriften StVO / StVZO, die Unfallverhütungsvorschriften der Berufsgenossenschaften und die Landesvorschriften für Unfall-, Brand- und Feuerschutzbestimmungen.

Diese Aufgabe wird durch den Sicherheits- und Gesundheitskoordinator übernommen. Diese Dienstleistung haben Bauleistungslogistik-Dienstleister in ihr Portfolio aufgenommen und übernehmen sowohl die Planungs- als auch die Überwachungsleistungen für den Bauherrn.

Entsorgungslogistik

Die Entsorgungslogistik im Rahmen von Baumaßnahmen umfasst alle Prozesse, die sich auf den Umgang mit Abfällen beziehen. Zur Wahrung der Vorschriften des § 6 Abs. 1 des KrWG werden bereits auf der Baustelle Maßnahmen getroffen. Das Gesetz zur Förderung der Kreislaufwirtschaft und Sicherung der umweltverträglichen Bewirtschaftung von Abfällen umfasst eine hierarchische Rangfolge der folgenden Maßnahmen zum Umgang mit Ressourcen:



Abbildung 27: Maßnahmen zur Förderung der Kreislaufwirtschaft (i. A. a. [Int BMJV])

Die vorsorgliche und nachhaltige Bewirtschaftung wird anhand der § 7 und 8 gewährleistet, die besagen, dass der gesamte Lebenszyklus des Abfalls für die Erzeugung und Bewirtschaftung der Abfälle zugrunde gelegt wird.

Die Auswirkungen sollen zudem auf den Menschen wie auch die Umwelt betrachtet werden, so dass (Zitat § 7 des KrWG):

1. „die zu erwartenden Emissionen,
2. das Maß der Schonung der natürlichen Ressourcen,
3. die einzusetzende oder zu gewinnende Energie sowie
4. die Anreicherung von Schadstoffen in Erzeugnissen, in Abfällen zur Verwertung oder in daraus gewonnenen Erzeugnissen“

in die Betrachtung einfließen. Für die Umsetzung auf einer Baumaßnahme gilt ebenfalls der im Gesetzestext formulierte Anspruch (Zitat § 7 des KrWG):

„Die technische Möglichkeit, die wirtschaftliche Zumutbarkeit und die sozialen Folgen der Maßnahme sind zu beachten.“

Die Abfalltrennung ist für Baumaßnahmen von nennenswerter Bedeutung, da sie eine große Kostenersparnis für den Bauherrn mit sich führen kann. Durch die „Getrennthaltung“ von Restmengen nach Abfallklassen vermindert sich die kostenintensive Abfallfraktion: „Baumischabfall und Bauschutt“. Diese Pflicht ist in

der Gewerbeabfallverordnung im § 8 vorgeschrieben und wird nur in wenigen Fällen der „technischen Unmöglichkeit“ oder „wirtschaftlichen Unzumutbarkeit“ außer Kraft gesetzt (i. A. a. [Int BMJV2]).

Bauleistungsdienstleister haben spezifische Dienstleistungen für den Bauherrn entwickelt, da dieser aufgrund rechtlicher Auflagen zur Einhaltung einer sicheren und ordentlichen Baustelle verpflichtet ist. Anbieter berufen sich hier auf den § 4 der VOB/ B, der dem Auftraggeber die Verantwortung überträgt, für die allgemeine Ordnung und die Koordination aller Unternehmer auf der Baustelle zu sorgen (vgl. VOB (2016): § 4 Abs. 2, Nr. 1.). Als Beispiel dient hier das regelmäßige Entfernen von Brandlasten in Form von Kartonagen und Holzresten, oder auch das Entsorgen von Brettern, die eine Stolperfalle im Baustellenalltag darstellen können.

Bei Baumaßnahmen, die unter Einbeziehung der VOB/ C ausgeführt werden, sind Auftragnehmer verpflichtet, Versorgung, Transporte und Entsorgungsaufgaben selbstständig durchzuführen. Insbesondere bei Großbaumaßnahmen hat sich jedoch eine zentrale Koordination als vorteilhaft erwiesen, so dass eine Baustellenordnung / ein Baustellenhandbuch zentral formuliert wird und durch eine dritte Partei in der Bauausführungsphase vor Ort umgesetzt wird (vgl. Riedl et al., (2008), S. 843).

3.2 Forschungsbedarf und Anforderungen an die Entwicklung

Die Planung der Bauleistung, in Abstimmung mit den Fertigungsprozessen einer Baumaßnahme, umfasst eine Vielzahl an Disziplinen und ist hinzu mit der Dynamik des gesamten Planungsprozesses und der Ausführung verknüpft. Im Bauprozessmanagement wurden zahlreiche Methoden zur Planung der Fertigung und der Abläufe auf dem Baufeld entwickelt.

Die Schnittstellen zur Ver- und Entsorgung der Baumaßnahme und auch ihrer Schnittstellen mit der Umgebung und Umwelt werden nach der Planung des groben Bauablaufs betrachtet und diesem untergeordnet. Aus der hohen Anzahl an Unternehmen und Gewerken im Rahmen der Bauausführung resultieren häufig Konflikte und Koordinationsschwierigkeiten (vgl. Weber, J. (2008), S. 28).

Hieraus resultiert ein Erfordernis an strategischen Werkzeugen, die alle Einflussgrößen im Rahmen der baulegistischen Planung berücksichtigt. Weiterhin müssen die Anforderungen (und eine Prognose im Rahmen des Verlaufs des Projektes) hinzugezogen werden (vgl. Dörmann, J. (2015), F.7 ff.).

Bedarf eines Werkzeuges zur ganzheitlichen Planung

Es besteht somit der Bedarf eines umfangreichen Planungswerkzeuges. Dieses muss die Einmaligkeit von Bauprojekten und ihrer spezifischen Anforderungen berücksichtigen. Zur Unterstützung der Planenden ist die Entwicklung eines Fragenkatalogs anzustreben.

Die Ergebnisse der strukturierten Aufnahme der Anforderungen werden in der zu entwickelnden Komplexitätsmanagementmethode verwendet, so dass neben den in der HOAI und AHO formulierten Entwicklungsschritten, ein praktisches Werkzeug zur ganzheitlichen Planung entsteht.

Die Methode soll ausgehend von den Ergebnissen der Situationsaufnahme einer einzelnen Baumaßnahme eine Struktur zur weiteren Vorgehensweise in der Planung und Ausführung der Baulegistik vorgeben. Anhand eines Kalkulationswerkzeuges sollen insbesondere kritische Komplexitätstreiber frühzeitig erkannt werden.

Die Auswahl baulegistischer Lösungsansätze findet in der für den Projekterfolg maßgebenden Planungsphase statt, so dass die Methode bereits hier verwendet werden sollte. Im Erkennen der Komplexitätstreiber liegt der erste Schritt des Komplexitätsmanagements, da somit Gegenmaßnahmen eingeleitet werden können.

Die Verwendung desselben Werkzeuges während der Ausführung der Baumaßnahme zur weiterführenden Planung und Anpassung der bisherigen Ergebnisse an die Entwicklung während des Bauablaufs würde eine Vereinheitlichung mit sich führen, die mit einer gesteigerten Transparenz einherginge.

3.2.1 Bedarf einer Methode zum Management der Komplexität für die Baulegistik

Die Baustelleneinrichtungsplanung ist wie in *Unterabschnitt 3.1.3 Baulegistik und Baustellenlogistik* beschrieben, ein wesentlicher Bestandteil des baulegistischen

Konzepts. Die *Tabelle 8* fasst die Einfluss- und Störgrößen einer Baustelleneinrichtungsplanung zusammen (vgl. Bisani, K. (2015) S. 3-4).

Tabelle 8: Einfluss- und Störgrößen einer BE Planung

Bau- vorhaben	Bauherr, Einflussnahme während der Bauausführung
	Disposition, Bauhof, Geräte, Material, Personal
	Öffentlichkeit, Gesetze, Sicherheit
	Besonderheiten des Bauverfahrens
	Art des Bauwerks
	Bauvertrag, Kosten, Termine, Qualität
	Naturschutz, Nachbebauung
	Witterungsbedingungen

Das angestrebte Ziel eines ganzheitlich geplanten Baulegistikkonzeptes umfasst neben der Einzelwirkung der jeweiligen Parameter, insbesondere auch die Wirkungszusammenhänge des gesamten Systems. Die Teilweise im Widerspruch zu einander stehenden Anforderungen der dynamischen Parameter fordern spezifische Lösungen, die in einem logistischen System einen effizienten Baubetrieb gewährleisten.

3.2.2 Ziel und Vorgehensweise der Arbeit

Die Abgrenzung dieser Arbeit erfolgte im *Abschnitt 2.6*, so dass folgend die konkreten Ziele und Eigenschaften der zu entwickelnden Methode in Form eines Lastenhefts für die „Komplexitätsmanagement integrierende Methode für die Baulegistik“ zusammengefasst werden. Die Vorgehensweise zur Entwicklung dieses Lastenhefts wird anhand der einzelnen Ziele vorgestellt und zusammengetragen.

Lastenheft der zu entwickelnden Methode

Tabelle 9: Lastenheft der zu entwickelnden Methode

Lastenheft	Die Methode ist zu allen Phasen einer Baumaßnahme zur Analyse anwendbar. Sie ist für Baumaßnahmen jeglicher Art anwendbar	
	Die Methode integriert das Komplexitätsmanagement in die Bauleistungslogistik, insbesondere ihre Planungsaufgabe.	
	Die Methode ergänzt die vorgestellte Planungs- und Ausführungsstruktur der Bauleistungslogistik um einen ganzheitlichen Ansatz.	Dieser wird nun für das bauleistungslogistische System und seine Umgebung ergänzt.
	Die Methode umfasst einen strukturierten Umgang mit den zahlreichen Anforderungen, Restriktionen und Interdependenzen.	
	Anhand eines Kennzahlensystems sollen Anforderungen und logistische Lösungen des bauleistungslogistischen Systems objektiv darstellbar werden.	
	Es sollen kritische Komplexitätstreiber systematisch erkannt werden.	
	Die Wirkung von Gegenmaßnahmen soll objektivierbar werden.	
	Die Methode soll eine neutrale Diskussionsplattform für alle Stakeholder schaffen	

Die aufgeführten Aufgaben führen zu der Entwicklung eines ganzheitlichen, systemischen Ansatzes, der sich der Methoden des Komplexitätsmanagements bedient.

Vorgehensweise zur Entwicklung der Methode

Zur strukturierten Entwicklung der Methode wird die VDI Richtlinie 2221 herangezogen (vgl. VDI 2221. Entwicklungsprozess: Vorgehensmodell nach VDI 2221). Diese sieht die Phasen Planung, Konzeption, Entwurf und Ausarbeitung

vor. In der folgenden *Abbildung 28* sind die Phasen gemäß der Richtlinie vereinfacht dargestellt.

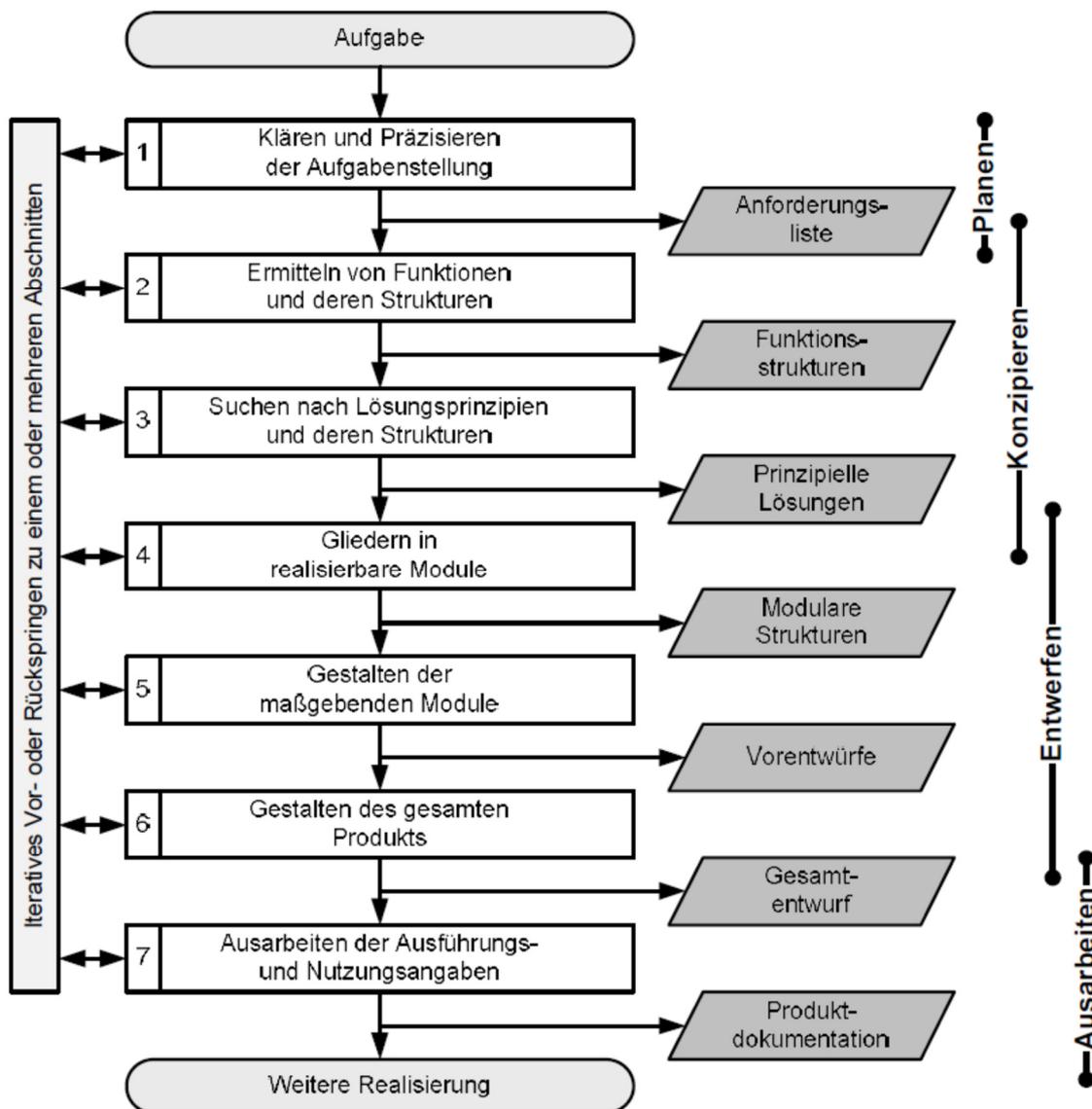


Abbildung 28: Phasen der Entwicklung (i. A. a. VDI Richtlinie 2221)

Das vorangegangene Lastenheft bildet die Anforderungsliste, die nun in die Konzeption und Entwurfsentwicklung übergeben wird. Anhand der Richtlinie wird die Entwicklung der Methode im Rahmen dieser Arbeit strukturiert. Eine umfassende Bearbeitung und Ausarbeitung ist jedoch für diese Entwicklung möglich und notwendig.

Zur Entwicklung der neuen Methode wird das Komplexitätsmanagement im *Kapitel 4 Komplexitätsmanagement* umfassend vorgestellt und auf Maßnahmen zum Umgang mit komplexen Problemen und Systemen eingegangen.

Die Einzelschritte der Entwicklung der Methode stellen sich wie folgend dar:

- Die methodische Kompetenz wird in das Bauwesen, insbesondere die Bauleistung überführt und erprobt.
- Die Auswertung der Managementmethoden wird anhand von Software unterstützten Methoden aufbereitet, so dass eine grafische Auswertung der Analysen einer Baustelle umfangreich und praktikabel umgesetzt wird. Die neue, Komplexitätsmanagement berücksichtigende Methode wird abschließend zusammengefasst und steht somit für die Verwendung bei Baumaßnahmen zur Verfügung.

4 Komplexitätsmanagement

Neben bestehenden Lösungsansätzen zur Planung und Steuerung der Bauleistungen plädiert der Autor für eine systematische Vorgehensweise. Diese soll bei der Lösung von möglichen Konflikten oder zur Verbesserung von Entscheidungsprozessen hinzugezogen werden können.

Der Umgang mit komplexen Problemen stellt sich im Vergleich zum Umgang mit komplizierten Aufgaben weitaus schwerer und kaum greifbar dar (vgl. Fisch, R. und Beck D. Hrsg. (2004), S. 12). Zur Einführung einer einheitlichen Sprache und Systematik wird die Modell- und Systemtheorie verwendet. Zu diesem Zweck folgt eine kurze Einführung in die Systematik der Modell- und Systemtheorie.

4.1 Einführung in die Systematik der Modell- und Systemtheorie

Hachtel beschreibt Modelle als strukturierte und abstrahierte Abbilder von Ausschnitten der Realität zum Zweck der Problemlösung. Der Ersteller eines Modells verfolgt dementsprechend ein Ziel und bildet das Modell mit spezifischen Bezügen zur Realität aus. Hierzu grenzt er möglicherweise Parameter oder Objekte der Realität in der Modellierungsphase aus. Darüber hinaus formuliert Hachtel passend (vgl. Hachtel (2010), S. 14):

„Das Modell dient dazu, Probleme effizienter zu lösen oder Ergebnisse einfacher zu bekommen, als dies unter Benutzung des Realsystems möglich wäre, wobei sich Problemlösung und Ergebnis auf das Realsystem übertragen lassen.“

Der Systemgedanke umfasst die Abstraktion aller Objekte eines Betrachtungsrahmens einschließlich ihrer Relationen, die jedoch nur gedanklich erfolgt. Dies führt zu einer Repräsentation des Systems (z. B. einer Baumaßnahme) im Rahmen eines Modells, das die dargestellten Teile unter Berücksichtigung ihrer Relationen in einem Zusammenhang abbilden.

Modell der Komplexität

Ein Modell ermöglicht anhand der Abstraktion die Darstellung der Realität und dient der vereinfachten, gemeinsamen Betrachtung eines Zusammenhangs.

Im Rahmen der Entwicklung der Komplexitätsmanagementmethode wird ein allgemein geltendes, mathematisches Modell entwickelt. Dieses nutzt die übergeordnete Semantik der Systemtheorie zur Abbildung von Objekten aus der Realität und stellt die Relationen in Form von mathematischen Beziehungen dar.

Abstraktion der Realität

In *Abbildung 29* werden die Objekte des Modells vereinfacht dargestellt:

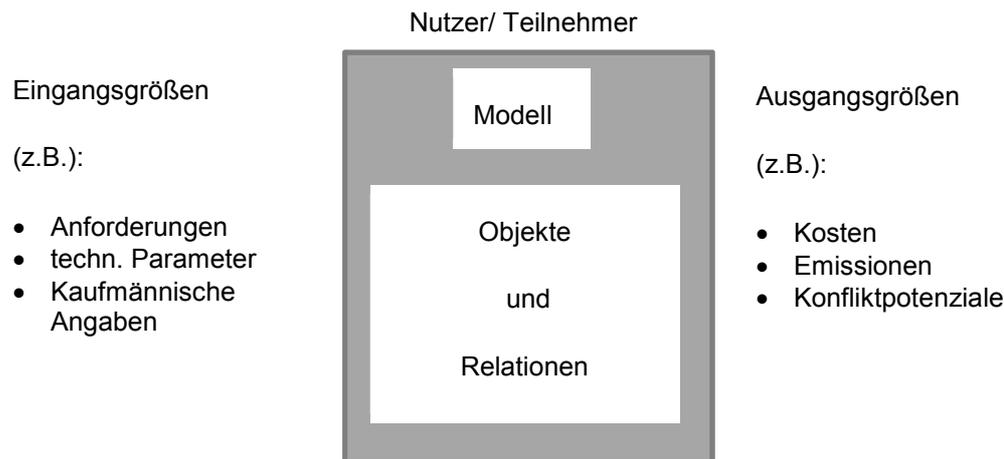


Abbildung 29: vereinfachte Modelldarstellung (i. A. a. Hachtel (2010), S. 13 ff.)

Auf der linken Seite der Abbildung sind beispielhaft Einflussgrößen auf das System aufgeführt. Diese haben direkten Einfluss auf die Systemobjekte und Relationen, die mittig in der Abbildung dargestellt sind. Die Ausgangsgrößen des Systems sind rechts ebenfalls beispielhaft dargestellt.

4.2 Systemisches Denken als Handlungsfeld

Vor dem Hintergrund der Entwicklung einer neuen Methode wird die Systemtheorie zur Grundlage genommen. Sie wird hier zur Erklärung von Mustern und Modellen der Organisationen, ihrer Elemente / Objekte und Prozesse genutzt. Diese grundlegende Annahme ist in der Managementtheorie seit Jahrzehnten üblich (Kirchhof, R. (2013), S. 1 ff.).

Die Systemtheorie verfolgt als interdisziplinäre Wissenschaft das Ziel, alle biologischen, sozialen und mechanischen Systeme zu verstehen und zu beschreiben (i. A. a. [Int GAB 1]). Ein System ist der ganzheitliche Zusammenhang von Einheiten (Elementen / Objekten) und deren Beziehungen, die sich quantitativ und qualitativ von den Beziehungen zu anderen Entitäten unterscheiden (i. A. a. Gabler [Int GAB2]). Die Systemgrenzen werden durch die Beziehungen zwischen den

Systemobjekten und der Mit-/ und Umwelt ausgebildet. Ulrich und Probst definieren ein System wie folgend (Ulrich, H. & Probst, G.J.B. (1991), S. 30):

„Ein System ist ein dynamisches Ganzes, das als solches bestimmte Eigenschaften und Verhaltensweisen besitzt. Es besteht aus Teilen, die so miteinander verknüpft sind, dass kein Teil unabhängig ist von anderen Teilen und das Verhalten des Ganzen beeinflusst wird vom Zusammenwirken aller Teile“.

In folgender Abbildung wird diese Abgrenzung vereinfacht dargestellt.

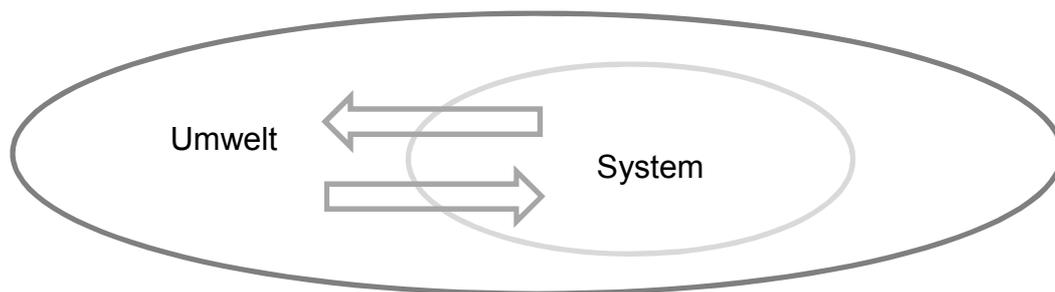


Abbildung 30: schematische Darstellung der Interaktion zwischen System und Umwelt (i. A. a. Ulrich & Probst (1991), S. 51)

Um das Verhalten des Systems ganzheitlich zu verstehen, ist es gemäß der Systemtheorie als Teil eines umfassenderen Systems zu betrachten. Die Systemgrenze ist in der vorangegangenen Grafik bewusst schraffiert angedeutet, da die Interaktion des Systems mit seiner Umwelt für die Analyse des Systems von besonderer Bedeutung ist. Die Relationen zwischen den einzelnen Systemelementen und der Umwelt lassen sich nicht immer uneindeutig formulieren und sind zusätzlich mit der Dynamik des Systems und des Umfelds zu betrachten (vgl. (Ulrich, H. & Probst, G.J.B. (1991), S. 28 ff.).

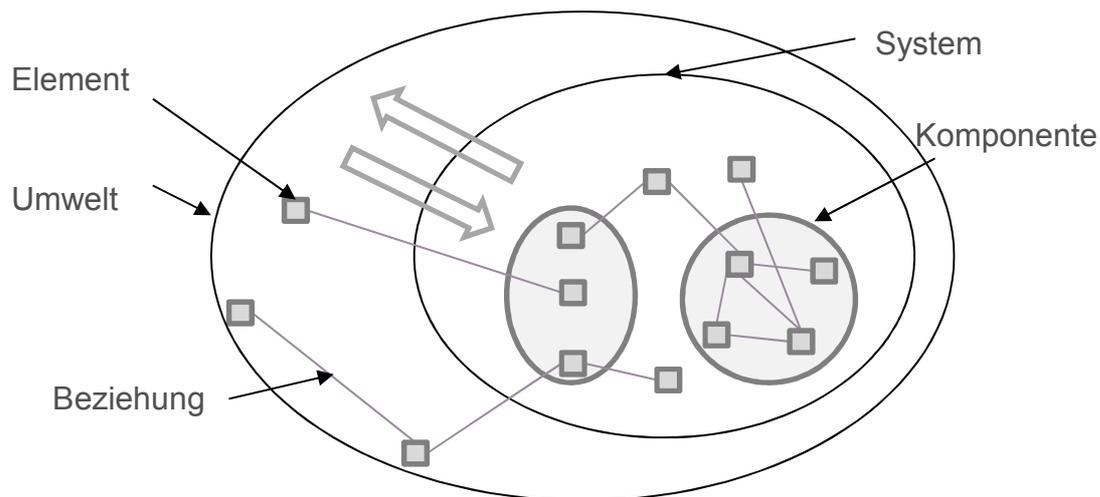


Abbildung 31: erläuternde Darstellung zur Definition des Systems (i. A. a. Ulrich & Probst (1991), S. 51)

Das Ziel des systematischen Denkens ist die Entwicklung einer Struktur und seiner Relationen, anhand der das Verhalten eines Teilbereiches der Realität in einem Modell abgebildet und diskutiert werden kann. Diese Abstraktion ermöglicht das Erkennen von komplexen Zusammenhängen und frühzeitiges Reagieren auf voraussichtlich eintreffende Ereignisse. Funke begründet in seinem Beitrag plausibel, warum für komplexe Probleme kreative Lösungen gefragt sind (Zitat: Funke, J. (2004), S. 21): „Komplexität verlangt vom Handelnden den Einsatz komplexitätsreduzierender Verfahren wie etwa Abstraktion oder Vereinfachung durch Reduktion auf das Wesentliche.“

Das menschliche Gehirn ist in der Lage, sieben Elemente / Faktoren in der Findungsphase einer Entscheidung mit einer +/- Bewertung im Gehirn gleichzeitig zu behalten und zu verarbeiten, so dass Methoden und Werkzeuge zum Umgang mit solchen Systemen notwendig sind (vgl. Fisch, R. und Beck D. Hrsg. (2004), S. 14).

4.3 Einführung in das Komplexitätsmanagement

Dieser Abschnitt umfasst einen Einblick in den Fachbereich des Komplexitätsmanagements. Es werden vorab wichtige Definitionen und die angestrebten Ziele vorgestellt. Methoden und Werkzeuge werden anschließend an typischen Problemen beschrieben, so dass die (Anwendungs-) Systematik für den Transfer in die Planung und Ausführung der Bauleistungsmanagement bereitsteht. Dieser Schritt erfolgt im anschließenden Kapitel 5.

Komplexität stellt für Unternehmen in der heutigen Zeit eine zentrale Herausforderung dar. Produzierende Unternehmen passen ihre Produktportfolios an die individuellen Kundenanforderungen an und versuchen ihre Absatzzahlen mindestens konstant zu halten. Die steigende Komplexität in der Produktion wird hierzu oft in Kauf genommen (vgl. Dittmer, G., (2002), S. 7). Komplexität im Bauwesen ist seit jeher bekannt, da neben der komplizierten Gebäudekonstruktion versucht wird, die Anforderungen des Nutzers hinsichtlich der Gebäudelebenszeit bereits in der Planung zu berücksichtigen. Komplexität wird in der Managementforschung mehrfach als ein facettenreiches oder multidimensionales Konstrukt beschrieben (vgl. Bozarth et al. (2009); Closs et al. (2008); Jacobs & Swink (2011) in Budde, L., S. 22). Das Komplexitätsmanagement kann bei großen, wie auch kleinen Problemstellungen oder Entscheidungen einer Unternehmung unterstützen, die zukünftig einen Einfluss auf die Art, Qualität oder Maßnahmendimension einer Einheit nachhaltig haben wird. Die hier beschriebene Einheit kann eine Unternehmung sein oder eine Gruppe von betroffenen Menschen im Umfeld einer innerstädtischen Großbaumaßnahme.

Abgrenzung zur Kompliziertheit

Die Differenzierung der Begriffe der Kompliziertheit und der Komplexität ist in den letzten Jahrzehnten im Bereich der Systemtheorie entstanden, da bereits Simon ein System mit einer großen Anzahl an Elementen, die untereinander agieren, als ein komplexes System bezeichnete (vgl. Simon, H. A. (1962), S. 467–482). Flood und Carson führten die nächste Ebene der Komplexität und ihrer Definition ein, in dem sie Genauigkeit der Vorhersagbarkeit des Systemzustands gegenüber externer Annahmen reziprok gegenüber der Komplexität des Systems definierten (vgl. Flood, R. L., & Carson, E. R. (1988), S. 252 ff.).

Komplexität wird wie folgend definiert (Zitat: Meier, J. (2007), S. 42):

„Komplexität ist die Eigenschaft eines Systems, die durch die Vielzahl und Vielfalt von Elementen sowie ihren Beziehungen untereinander resultiert. Im Weiteren wird diese Eigenschaft durch die Anzahl verschiedener Systemzustände bestimmt, die ein System im Zeitverlauf annehmen kann (Dynamik). Die Anzahl von Elementen, Beziehungen und Zuständen definieren den Grad der Komplexität.“

kompliziert ≠ komplex

Komplexe Probleme gehen weit über komplizierte Probleme hinaus, als Beispiel kann ein hochkompliziertes Uhrwerk betrachtet werden. Dieses ist mit einer Vielzahl an Zahnrädern, Lagerungen und dem Gehäuse ein kompliziertes System. Die Fertigung dieses Uhrwerks kann wiederum ein komplexes Problem sein, da die Lieferung der Bauteile und die Fertigung der Bauteile von einem unvorhersehbaren Ereignis unterbrochen werden kann. Die Fertigung unterliegt somit dynamischen Prozessen. Die scheinbar komplexe Uhr kann anhand der Reduktion auf das Wesentliche zu einem komplizierten System heruntergestuft werden. Solange das Uhrwerk intakt ist, erfüllt das System seine Regel und nennt dem Nutzer die Uhrzeit. Dieses Verhalten des Systems ist als Regelmäßigkeit oder auch Erfüllung eines Musters zu bezeichnen. Erst durch einen unerwarteten Eingriff interner oder externer Natur, wie der Defekt eines Zahnrades oder der Sturz der Uhr, wird das Ordnungsmuster aufgelöst und das System verliert sein Verhalten.

Für den Planer des Systems „Uhr“ sind somit mehrere Systemzustände / Probleme zu lösen:

- 1. Wie funktioniert das System korrekt? Wie konstruiert man ein Uhrwerk, das die komplizierte Aufgabe erfüllt?**
- 2. Wie bereitet er das Gesamtsystem auf unerwartete Einflüsse von Innen und Außen vor?**

Der erste Planungszustand stellt sich gemäß Ulrich & Probst als „Scheinproblem“ dar. Die Konstruktion lässt sich anhand des Studiums und Planens von Regeln bewältigen und ein regelmäßiges System konstruieren, wie auch fertigen. Die unerwarteten Einflüsse, die in Zukunft auf das System eintreffen werden, lassen sich nicht vollumfänglich ausschalten. Anhand von Maßnahmen kann das System geschützt und ein Regelbetrieb gewahrt werden (vgl. Ulrich & Probst (1991), S. 59 ff.).

Das vollumfängliche Schützen des Systems vor jeglichen externen oder internen Einflüssen wird nicht möglich sein, wenn eine praktische Nutzung des Systems „Uhr“ zeitgleich gewährleistet bleiben soll.

Umgang mit Systemen erhöhter Komplexität

Die Zuordnung der Auswirkung einer Ursache gestaltet sich in einem linear-

geordneten System relativ einfach. Eine Ursache treibt das System in einen neuen Zustand, der sich mit der Ausprägung der Ursache proportional beschreiben lässt. In einem komplexen System ist die Zuordnung der Ursache-Wirkungsmechanismen / Beziehungen nicht verfolgbar. Die Reaktion des Systems erfolgt z. B. zu einem späteren Zeitpunkt oder ist mit vielen indirekten Reaktionen verknüpft. Anhand der variablen und dynamischen Komponenten des Systems ist nur eine Prognose des Reaktionsverhaltens des Systems möglich.

Der Umgang mit einem System, das eine erhöhte Komplexität in sich führt, erfolgt anhand einer Struktur, die mit Reserven und Anpassungskapazitäten an die Handhabungsaufgabe herantritt. Diese Kapazitäten sind stets mit Kosten und Sicherheitsaufschlägen verbunden, die als Komplexitätskosten beschrieben werden (vgl. Meyer, C.M. (2007), S. 31).

Die Planung eines Konzeptes, das auf die vielen Systemzustände einer komplexen Struktur eingeht, erfordert Kenntnis, Erfahrung und Geschick, so dass nicht mit einer Vielzahl an Gegenmaßnahmen eine unwirtschaftliche Überplanung erfolgt.

Definition der Komplexität

Zur Definition der Komplexität wird auf die Grundeigenschaften eines Systems zurückgegangen. Die Parameter „Konnektivität“ und „Varietät“ dienen der Beschreibung eines Systems und ermöglichen die Beurteilung der inhärenten Komplexität. Der Begriff Konnektivität umfasst die Art und die Anzahl der zwischen den Elementen bestehenden Relationen. Einem System wird eine höhere Komplexität zugesprochen, wenn es mehr Relationen und auch vielfältige Formen der Relationen aufweist. Die Varietät beschreibt die Eigenschaften / Arten und Anzahl der Elemente im System, wie auch der angrenzenden Umwelt. Hierbei ist die Art der Elemente / Unterschiedlichkeit bei einer Systemanalyse im Einzelfall zu betrachten. Für eine Baustelle sind mögliche Elemente: Beteiligte, Betroffene, Baumaschinen, Großanlagen, etc. Die Anzahl der Elemente differiert für Baumaßnahmen in der Form des Projektes z. B. Ausführung durch ein Generalunternehmen oder mehrere Subunternehmen, einer Baumaßnahme auf einer Freifläche ohne Anwohner oder einer innerstädtischen Modernisierungsmaßnahme.

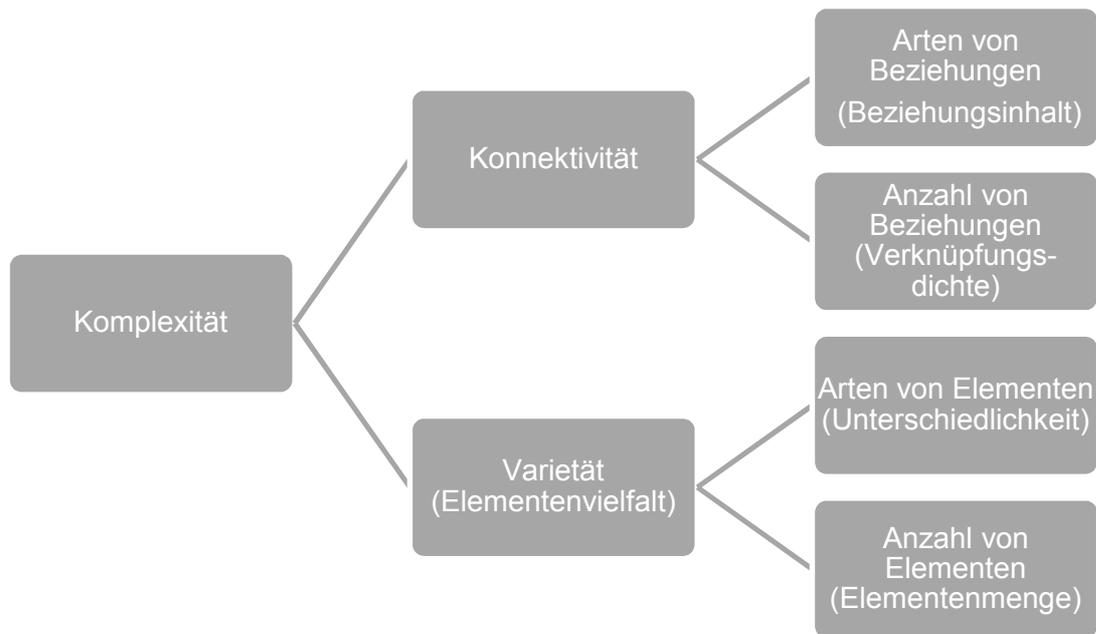


Abbildung 32: Grundelemente eines Systems zur Komplexitätsbestimmung (i. A. a. Williams, T., Management, (2003), S. 76.)

Komplexität ist eine Eigenschaft, die einem System zugeordnet wird, das über eine hohe Dynamik in sich und in seinen Interaktionen mit dem Umfeld verfügt.

Wenn es hinzu noch über eine hohe Vielzahl an Elementen und Relationen (Varianz) verfügt, kann es als ein System mit einer äußerst ausgeprägten Komplexität beschrieben werden.

Dynamik	hoch	Komplexes System	Äußerst komplexes System
	niedrig	Einfaches System	Kompliziertes System
		Niedrig	hoch
		Vielzahl / Varianz	

Abbildung 33: Einordnung von komplexen Systemen (i. A. a. Ulrich, H. & Probst, G.J.B. (1991), S. 60)

Der Umgang mit einem äußerst komplexen System gestaltet sich demnach weit-
aus schwieriger als die Problemlösung eines komplizierten Zusammenhangs.

4.3.1 Elemente und Umfang des Komplexitätsmanagements

Die folgende *Abbildung 34* stellt den Betrachtungsraum des Komplexitätsmanagements dar:

Dieser umfasst die **externe Komplexität**, die **ObjektKomplexität**, die **Prozesskomplexität** und die **finanzielle und operative Performance** des Systems. Es umfasst somit mehr Faktoren, als das typische Projektmanagement und geht auf die internen und externen Beziehungen des Projektes ein.

Der Umgang mit komplexen Systeme und Komplexitätstreibern anhand von Maßnahmen oder Konzepten bildet den Kern des Komplexitätsmanagements.

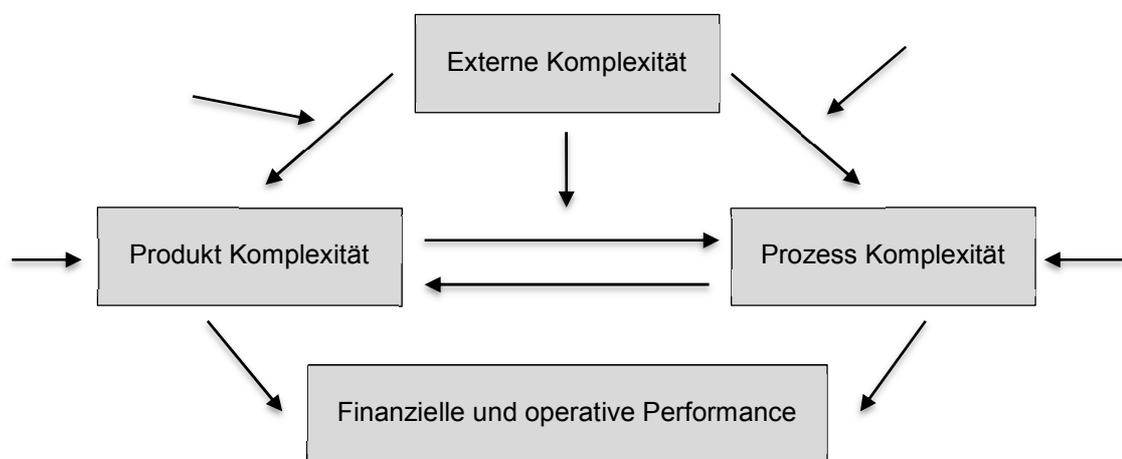


Abbildung 34: vereinfachte Darstellung des Betrachtungsraums des Komplexitätsmanagements (i. A. a. Budde, L., (2016), S. 9)

Dekonstruktion der Komplexität – Komplexitätstreiber

Komplexitätstreiber können interne oder externe Einflussfaktoren auf oder in einem System sein, die das Komplexitätsniveau eines Systems beeinflussen. Das Ergebnis eines nicht prognostizierbaren Prozesses innerhalb des Systems stellt einen inhärenten Komplexitätstreiber dar. Externe Einflüsse wie zum Beispiel unvorhersehbare Ereignisse im Umfeld sind mit dem System verbundene Einflussfaktoren, die ebenfalls das Komplexitätsniveau des Systems beeinflussen (vgl. Meyer, C.M. (2007), S. 26).

Dekonstruktion der Komplexität - Ebenen der Komplexität

Zur weiteren Betrachtung der Komplexität wird ein bestehendes Modell zur Dekonstruktion der Komplexität vorgestellt. Es werden drei Ebenen der Komplexität eingeführt. Anhand eines „outside-in“ Ansatzes wird ein System analysiert, wobei

in der ersten Klassifizierung Komplexitätstreiber eine Einteilung in interne und externe Treiber gemäß ihrem Ursprung erfolgt. Die zweite Ebene sieht eine Einteilung in eine statische und eine dynamische Komplexität vor, so dass die Vielzahl der Treiber in dem System oder ihre Dynamik an dieser Stelle von Relevanz ist. In der dritten und letzten Ausprägungsebene erfolgt eine Zuordnung in strukturelle oder prozessuale Komplexität. Diese kann ihren Ursprung in der Vielzahl der Verwendeten Objekte / Elemente des Systems und deren Eigenschaften finden. Die Vielfalt an einzelnen Komponenten oder deren vielfältige Möglichkeiten an Verbindungen gibt Auskunft über die Ausprägung der Komplexität des Systems.

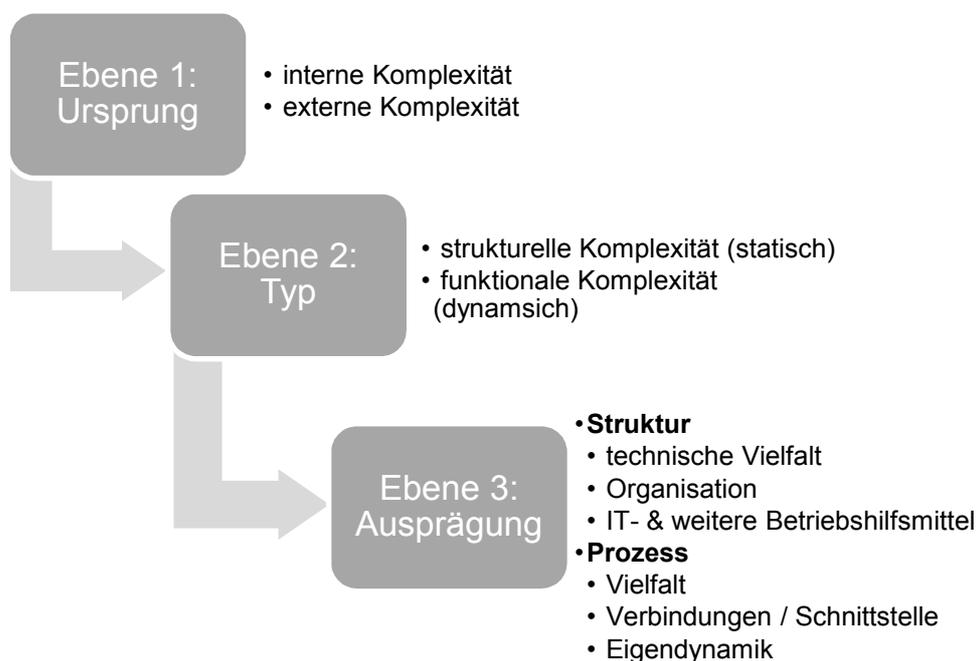


Abbildung 35: Darstellung der Ebenen der Komplexität (i. A. a. Meyer, C.M. (2007), S. 27)

Anhand dieser strukturellen Einordnung der Komplexitätstreiber und der systeminhärenten Komplexität können systematisch Maßnahmen zum Umgang mit der Systemkomplexität entwickelt werden.

4.4 Komplexitätsmanagement „Umgang mit Aufgaben gesteigerter Komplexität“

Das Lösen komplexer Problemstellungen steht im Mittelpunkt des Komplexitätsmanagements. Die Eingangs- wie auch die Ausgangssituation eines komplexen Problems ist mitunter stark verflochten, von Dynamik geprägt und weist durch

partielle Intransparenz besondere Schwierigkeiten auf. Zur Lösung dieses Problems oder Problemen in einem System werden kognitive, emotionale und soziale Fähigkeiten genutzt. Der Austausch mit den problemlösenden Personen / Gruppen wie auch das Hinzunehmen von Fachwissen und Expertise kann eine effiziente Interaktion sein (vgl. Frensch & Funke (1995), S. 18).

Das Lösen eines Problems geht mit der Beeinflussung des Systems einher, so dass die bestehenden Regeln / Relationen zu einem neuen, gewollten Systemverhalten überführt werden. Die erste Voraussetzung hierzu ist die Kenntnis der Systemkomponenten (Personen / Gruppe, Objekte), ihrer Regelmechanismen und ihrer Treiber. Weiterhin sind Kenntnisse über Komplexitätsmanagementmaßnahmen, die zur Reduktion oder auch der Komplexitätserhöhung dienen, notwendig (vgl. Ulrich & Probst (1991), S.56).

4.4.1 Basismaßnahmen des Komplexitätsmanagements

Anhand der im folgenden Abschnitt vorgestellten (Einzel-) Basismaßnahmen des Komplexitätsmanagements werden Lösungen für komplexe logistische Probleme erarbeitet. Die Maßnahmen dienen der Lösung einzelner Problemfelder des Systems oder können auch Teil eines Komplexitätsmanagementkonzepts sein.

Tabelle 10: übergeordnete Einteilung der K-Management Methoden

Komplexitäts- Management- Methoden	1. Reduzierung
	2. Beherrschung
	3. Vermeidung

Die Maßnahmen werden den in der *Tabelle 10* dargestellten Bereichen zugeordnet (vgl. Meyer, C.M. (2007), S. 135). Einzelne Maßnahmen können jedoch wiederum auch in mehreren Bereichen Wirkungen ausweisen (vgl. Meyer, C.M. (2007), S. 63, S.135).

Tabelle 11: mögliche Maßnahmen des Komplexitätsmanagements

<p>Komplexitätsreduzierung</p> <ul style="list-style-type: none">• Standardisierung• Sortimentsbereinigung• Fertigungssteuerung
<p>Komplexitätsbeherrschung / -Vermeidung</p> <ul style="list-style-type: none">• Modularisierung• Fertigungs-, Dienstleistungssegmentierung• Herstellung des richtigen Verhältnisses zwischen Standardleistung und Flexibilität• Herstellung transparenter Kundenanforderungen<ul style="list-style-type: none">• Verbesserung der Transparenz• Prozessdisziplin und Qualitätsmanagement<ul style="list-style-type: none">• Verbesserung des Informationsflusses und verstärkte Zusammenarbeit• Beschaffungsstrategien• Prinzipien der Materialbereitstellung<ul style="list-style-type: none">• Ressourcenmanagement durch Auslastungsplanung und Steuerung der Abwicklung• eindeutige und nachvollziehbare Definition und Umsetzung der Strategie

Komplexitätsreduzierung

Eine Reduzierung der Komplexität des Systems kann anhand der **Standardisierung** von Prozessen erreicht werden. Die Vereinheitlichung und Mehrfachverwendungen von Objekten / Schemata führen Einsparungen an Ressourcen mit sich und tragen zu erhöhten Prozesseffizienzen bei (vgl. Wildemann, H. (2004), S. 114 ff.).

Die Einführung standardisierter Prozesse geht zu Beginn mit einem zusätzlichen Aufwand einher, so dass die Festlegung des richtigen Standardisierungsgrads und eines Prozessverantwortlichen, sowie die nachhaltige Durchsetzung der Abläufe von besonderer Bedeutung ist.

Eine weitere Maßnahme zur Komplexitätsreduzierung ist die **Strukturbereinigung**. Die Streichung verschiedenster weiterer Abläufe, Prozesse oder Vorge-

hensweisen neben den angestrebten Kernprozessen reduziert die Systemkomplexität. Allein die Vorhaltung der Kapazitäten zur individuellen Bearbeitung von Sonderfällen führt zu einer technologischen und wirtschaftlichen Komplexitätsgenerierung, die mit Ineffizienzen einhergeht (vgl. Bliss, C. (1998), S. 27).

Eine **Steuerung des Produktionssystems** hinsichtlich einer Fertigungssteuerung verfolgt bereits die Ziele der Wirtschaftlichkeit und reduziert ineffiziente Prozesse und Verschwendungen im Umfeld der Wertschöpfungskette.

Komplexitätsbeherrschung und -vermeidung

Die Einführung von Leistungsmodulen bietet einen effizienten Mittelweg zwischen schlanken Prozessen und einem effizienten, kundennahen Leistungssystem. Anhand standardisierter **Module** können Prozesse, Objekte und Lösungen von scheinbar individuellen Anforderungen vereinheitlicht werden und ein Mittelweg zwischen Komplexitätsreduzierung und Beherrschung eingeschlagen werden (vgl. Kersten, W. (2004), S. 211).

Die **Segmentierung** der Wertschöpfungskette ermöglicht die Einführung einer Struktur innerhalb des Systems. Es können Verantwortungsbereiche / Segmente beschrieben werden, die anhand fachlicher Expertise dieses Segment beherrschen und zur Senkung der Gesamtkomplexität des Systems beitragen (vgl. Wildemann, H. (2004), S. 26).

Ähnlich der Wahl des richtigen Standardisierungsgrades ist die Vorausplanung von Kapazitäten im System zur Komplexitätsbeherrschung maßgebend. Die Kapazitäten sollten über **Standardleistungen** und Möglichkeiten zur **flexiblen Lösungsgestaltung** reichen.

Die Herstellung **transparenter Kundenanforderungen** umfasst die Ermittlung messbarer Ziele und des Komplexitätsmanagementsystems. Jede Anforderung ist qualitativ und quantitativ beurteilbar und mit einem Stakeholder an das System verbunden.

Eine weitere Maßnahme zur Komplexitätsbeherrschung ist eine hohe **Prozessdisziplin** und ein strukturiertes **Qualitätsmanagement**. Hierzu sind Prozesse (Vorgehensweisen) und Bandbreiten zur Messung der Einhaltung der Abläufe zu definieren. Anhand des frühzeitigen Erkennens (auch kleinerer) Prozessfehler

sind aufwendige Maßnahmen zur Rückkehr zu einem effizienten System vermeidbar (vgl. Bliss, C. (1998), S. 41).

Zum Beherrschen komplexer Systeme empfiehlt Vahrenkamp die frühzeitige Integration des **Beschaffungsmanagements**, der **Materialbereitstellung** und der **Ressourcenplanung**. Eine **Auslastungsplanung** und Steuerung in der Ausführungsphase ist durch diese Maßnahme möglich.

Die frühzeitige Abstimmung mit den Prozesseignern und den Stakeholdern des Systems wird zur Entwicklung effizienter Prozesse angeraten (vgl. Vahrenkamp, (2005), S. 340 ff).

Eine konkrete und in einer Vielzahl von Branchen erprobte Vorgehensweise zum Umgang mit komplexen Systemen wird im folgenden Unterabschnitt vorgestellt.

4.4.2 Funktionelles Phasenschema im Umgang mit komplexen Systemen

Eine Vielzahl an Verfahren zum Umgang mit komplexen Systemen wurde branchenspezifisch oder unter wissenschaftlichen Gesichtspunkten entwickelt. Beck formuliert das folgende funktionelle Phasenschema, das die Lösungsermittlung in sechs Abschnitte (siehe *Abbildung 36: Funktionelles Phasenschema im Umgang mit komplexen Systemen* (i. A. a. Fisch & Beck (2004) – Beck, D., S. 56) untergliedert.

Einzelne Maßnahmen des Komplexitätsmanagements können in den Abschnitten Verwendung finden und zu einem verbesserten Umgang mit dem System führen.

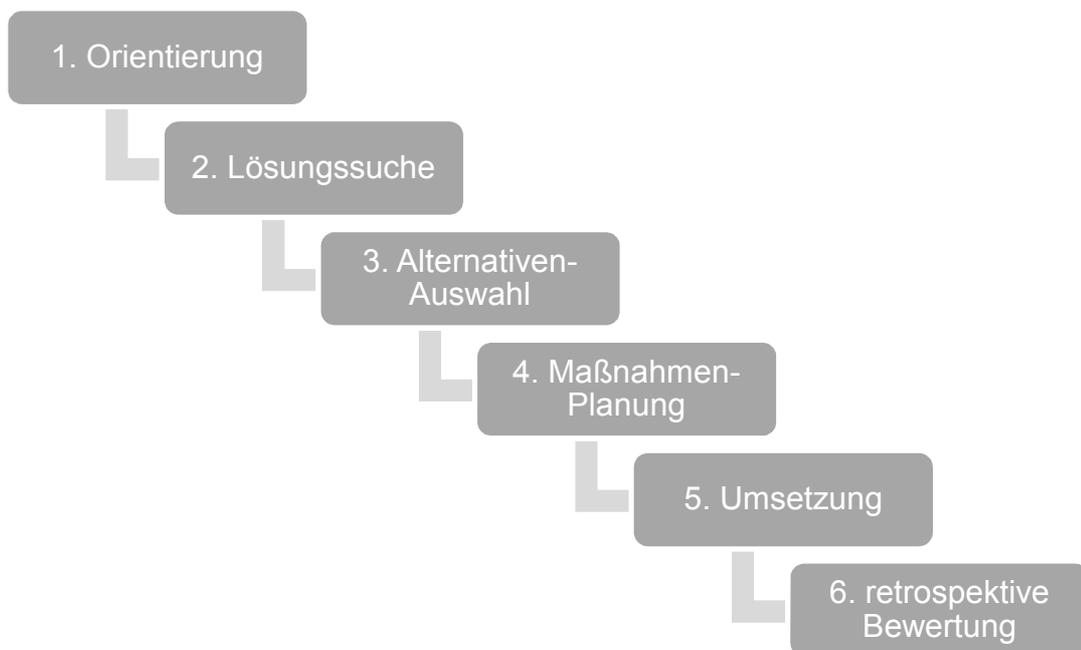


Abbildung 36: Funktionelles Phasenschema im Umgang mit komplexen Systemen
(i. A. a. Fisch & Beck (2004) – Beck, D., S. 56)

Die Orientierungsphase umfasst die Identifikation des Problems, der einzelnen Stakeholder, Treiber und ihrer Verflechtungen untereinander. Im Abschnitt der Lösungssuche werden übergeordnet möglicherweise ganzheitliche Lösungsvorschläge abgewogen, die sich in der Phase der alternativen Auswahl gegenüber ihren Kontrahenten beweisen müssen. Die konkrete Maßnahmenauswahl erfolgt in der Ausarbeitung des Lösungskonzeptes. Diese Maßnahmen adressieren je nach Detaillierungsgrad der Orientierung / Problemerkennung spezifische Einzeltreiber und Probleme oder streben ein übergeordnetes Ziel an.

Während der Umsetzung wird der „Umgang mit dem komplexen System“ begleitet, so dass Korrekturen an dem Lösungssystem vorgenommen werden können. Die retrospektive Bewertung strebt Lerneffekte für den Umgang mit dem nächsten komplexen System an.

Dieses funktionelle Phasenschema ist eng mit dem vernetzten Denken verflochten, das Zusammenhänge zwischen den einzelnen Objekten eines Systems zur Systembeschreibung nutzt (vgl. Beck, D. in Fisch & Beck (2004), S. 56).

Vernetztes Denken

Der Ansatz des „vernetzten Denkens“ stellt ein Verfahren zum Umgang mit komplexen Problemen und Entscheidungsprozessen dar. Dieses systemorientierte

Verfahren verfolgt die Identifizierung kritischer Problemelemente und deren Beziehung und Vernetzung innerhalb des Wirkungssystems (vgl. Vester (2001), S. 160 ff.).

Vester untergliedert den Entwicklungsprozess eines Sensitivitätsmodells in drei Phasen:

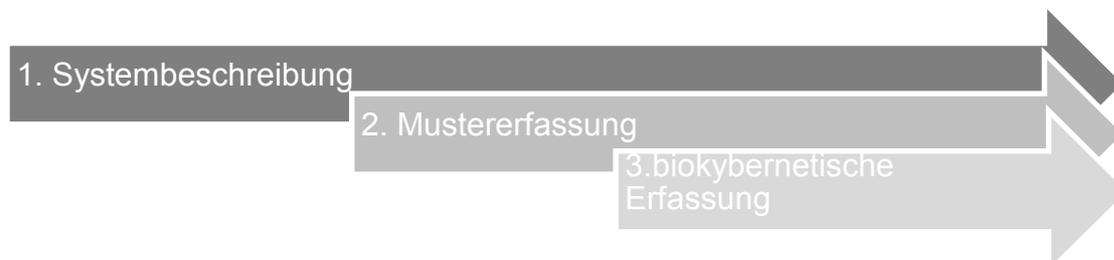


Abbildung 37: vereinfachte Darstellung des Entwicklungsprozesses eines Sensitivitätsmodells (i. A. a. Vester (2001), S. 160)

Die drei Phasen werden in der anschließenden *Tabelle 12* in neun Einzelschritte dekonstruiert. Sie werden im Idealfall sukzessiv durchlaufen, jedoch können Ergebnisse einer vorherigen Phase korrigiert, sogar revidiert werden, wenn in einer späteren Phase neue Erkenntnisse gewonnen werden.

Tabelle 12: Schritte zur Entwicklung des Sensitivitätsmodells

Zwischenschritte zur Entwicklung des Sensitivitätsmodells	1. Systembeschreibung
	2. Erfassung der Einflussgrößen
	3. Prüfung auf Systemrelevanz
	4. Hinterfragen der Wechselwirkungen
	5. Bestimmung der Rolle im System
	6. Untersuchung der Gesamtvernetzung
	7. Kybernetik einzelner Szenarien
	8. Wenn-dann-Prognosen und Policy Tests
	9. System-Bewertung und Strategie

Die Entwicklung des **Sensitivitätsmodells** führt zu einem detaillierten Wirkmodell der Komplexität. Die ersten 6 Zwischenschritte dienen der Definition der System- und Teilsystemgrenzen, der Identifikation der Systembestandteile und der Beziehungen der einzelnen Objekte. Der Ablauf der Aufnahme verfolgt hier einen

outside-in Ansatz. Diese Vorgehensweise bringt eindeutig identifizierbare Haupt- und Teilsysteme hervor. Jeder Systemkomponente werden **Treiber** und **Auswirkungen** zugeordnet, so dass **Einflussmatrizen** die Komplexität des Systems messbar machen (vgl. Ulrich, H. & Probst, G.J.B. (1991), S. 143).

Einflussmatrizen

Für das Komplexitätsmanagement bieten Einflussmatrizen eine systematische Vorgehensweise, die alle Wechselbeziehungen zwischen den Elementen des Systems einschließlich ihrer Einflusspotenziale erfasst.

Die *Tabelle 13* stellt eine beispielhafte Einflussmatrix eines Systems mit den drei Faktoren A, B und C dar. Die Auswertung der Matrix wird im Folgenden dargestellt.

Tabelle 13: vereinfachte Darstellung der Einflussmatrix

Einfluss von \ Auf						Aktiv- summe	Q-Wert
			1	2	3		
1	Faktor	A	-	3	1	4	133
2	Faktor	B	2	-	0	2	50
3	Faktor	C	1	1	-	2	100
Passivsumme			3	4	1		
P-Wert			12	8	2		

Die Einflussmatrix ist in zwei Bereiche unterteilt: der erste ist der Auszufüllende (weiß hinterlegt); der Auswertungsbereich ist hell und dunkel hinterlegt. Die Faktoren werden in der ersten Spalte aufgeführt und finden sich in der ersten Zeile wieder.

Die **Wirkbeziehungen** werden in diesem Beispiel in einer mehrstufigen Skala gekennzeichnet. Beeinflusst ein Faktor einen anderen stark, wird eine 3 in die überschneidende Spalte eingetragen. Liegt keine direkte Beziehung zwischen den Parametern vor, wird eine 0 vermerkt.

Eine Selbstbeeinflussung ist ausgeschlossen, so dass die Diagonale in den Einflussmatrizen gesperrt ist. Dieses Bewertungsverfahren ermöglicht eine Betrachtung der aktiven und passiven Beziehungen jedes Faktors (vgl. Meyer, C.M. (2007), S. 122).

4.4.3 Vorstellung der Auswertungsverfahren

Die Auswertung einer Einflussmatrix kann anhand zweier Verfahren durchgeführt werden:

Summen-Verfahren

Das Summen-Verfahren besteht aus der Bestimmung der Gesamtbeeinflussung eines Parameters auf alle Parameter und der Bestimmung seiner Gesamtbeeinflussung. Anhand dieses Verfahrens können besonders aktive und passive Elemente identifiziert werden, die Aktivsumme wird wie folgt ermittelt:

Tabelle 14: Formeln zur Bestimmung der Aktiv- und Passivsummen der Elemente

$$AS_{Aktivsumme} = \sum_2^n F\chi_{Einfluss\ Faktor\ A\ auf\ Faktor\ (B\dots n)}$$

$$PS_{Passivsumme} = \sum_2^n F\chi_{Einfluss\ Faktor\ (B\dots n)\ auf\ Faktor\ A}$$

Anhand der Summenbildung der Werte in den **Zeilen** wird die **Aktivität** des Faktors im System ermittelt. Die Summe in der **Spalte** stellt die **passive** Eigenschaft des Faktors dar.

Tabelle 15: Bewertungsverfahren zur Einflussmatrix

Summenverfahren	Aktivsumme (Addition in Zeile)
	Passivsumme (Addition in Spalte)

Ein Element mit einer hohen Aktivsumme beeinflusst zu einem starken Maß das System. Faktoren mit einer niedrigen Aktivsumme weisen träge Eigenschaften auf. Für die Systemanalyse, insbesondere in der Orientierungs-, und Analysephase eines Problems sind Faktoren mit einer hohen Aktivsumme und einer hohen Passivsumme von besonderer Bedeutung.

Sie haben starken Einfluss auf das Systemverhalten und sollten anhand von Komplexitätsmanagementmaßnahmen in der Ausführung gesteuert werden (vgl. Ulrich, H. & Probst, G.J.B. (1991), S. 148). Die folgende Tabelle umfasst i. A. a. Hanns Hub (in Fisch & Beck (2004), S. 178) eine Kategorisierung der Elemente in vier Stufen.

Tabelle 16: Elemente des Komplexitätsmanagements

Aktive Elemente	Aktive Elemente nehmen stark Einfluss, werden selbst aber wenig beeinflusst.
Passive Elemente	Passive Elemente nehmen wenig Einfluss, werden selbst aber stark beeinflusst.
Kritische Elemente	Kritische Elemente nehmen stark Einfluss und werden selbst auch stark beeinflusst.
Träge Elemente	Träge Elemente nehmen wenig Einfluss und werden selbst auch wenig beeinflusst.

Eine grafische Auswertung des sogenannten Summenverfahrens ermöglicht eine vereinfachte Übersicht der Faktoren.

In einem Koordinatensystem, in dem die Aktivsumme und die Passivsumme, die Ordinate und Abszisse belegen, werden die einzelnen Faktoren eingetragen. In der folgenden Tabelle ist die Beschreibung der Achsen in dunkel und die vier Quadranten zur Einstufung der Faktoren in weiß hinterlegt.

Tabelle 17: Auswertungsmatrix zu Komplexitätstreibern

hoch	Beeinflussung / PS	reaktiv	kritisch
gering		Träge	aktiv
		Einflussnahme / AS	
		gering	hoch

In der folgenden Tabelle sind die drei Musterfaktoren verortet, so dass auf einen Blick deutlich wird, dass der Faktor A kritisch ist. Das Komplexitätsmanagement sollte explizit eine Maßnahme für den Umgang mit diesem Faktor erarbeiten.

Tabelle 18: Musterauswertung der Muster Einflussmatrix

Beeinflussung / PS	0-4	B	A
		C	D
		Einflussnahme / AS	
		0-4	

P/Q-Werte-Verfahren

Das zweite Auswertungsverfahren „P/Q-Werte-Verfahren“ ermittelt anhand einer rechnerischen Auswertung die Einflussbeziehungen:

Der P-Wert wird anhand der Multiplikation der Aktiv- und Passivsummen ermittelt. Der Q-Wert ist das Ergebnis der Division der Aktivsumme durch die Passivsumme *100.

Tabelle 19: Formeln zur Bestimmung des P- und Q-Wertes der Elemente

$$P = AS_{Aktivsumme} \times PS_{Passivsumme}$$

$$Q = \frac{AS_{Aktivsumme}}{PS_{Passivsumme}} \times 100$$

Anhand dieser Werte können Elemente des Systems ebenfalls in den Quadranten der *Tabelle 17: Auswertungsmatrix zu Komplexitätstreibern* verortet werden. Hinzu bietet dieses Verfahren noch eine differenzierte Abgrenzung von ähnlich ausgeprägten Faktoren.

Tabelle 20: Bewertungsverfahren zur Einflussmatrix

Summenverfahren:	Aktivsumme (Addition in Zeile)
	Passivsumme (Addition in Spalte)
P/Q – Verfahren:	P-Wert= AS*PS
	Q-Wert= AS/ PS *100

Anhand der Nutzung von Einflussmatrizen können qualitative Betrachtungen der Wirkungszusammenhänge durchgeführt werden. Für das Komplexitätsmanagement bedeutet dies eine Identifikation der maßgebenden Objekte im System.

Diese Gestaltungsobjekte können nun in der notwendigen Abstraktionsebene bewertet werden, so dass frühzeitig eine effiziente Planung erfolgen kann. Maßnahmen zum Umgang mit der Komplexität des Systems werden frühzeitig in Bezug auf maßgebende Einflussfaktoren ausgewählt (vgl. Meyer, C.M. (2007), S. 76).

4.4.4 Grafische Auswertung der Systemanalyse

Neben der numerischen und mathematischen Auswertung der Einflussmatrizen ist eine grafische, abstrakte Betrachtung des komplexen Systems möglich. Diese strategische Situationsanalyse ermöglicht dem Verantwortlichen eine bessere Systemkenntnis und die Betrachtung von verschiedenen Szenarien (vgl. Hub H. in Fisch & Beck (2004), S. 174 ff.). Anhand der Darstellung des komplexen Systems in Form eines **Wirkungsgefüges** werden die Relationen zwischen den Elementen und ihrer Ausprägung erkennbar.

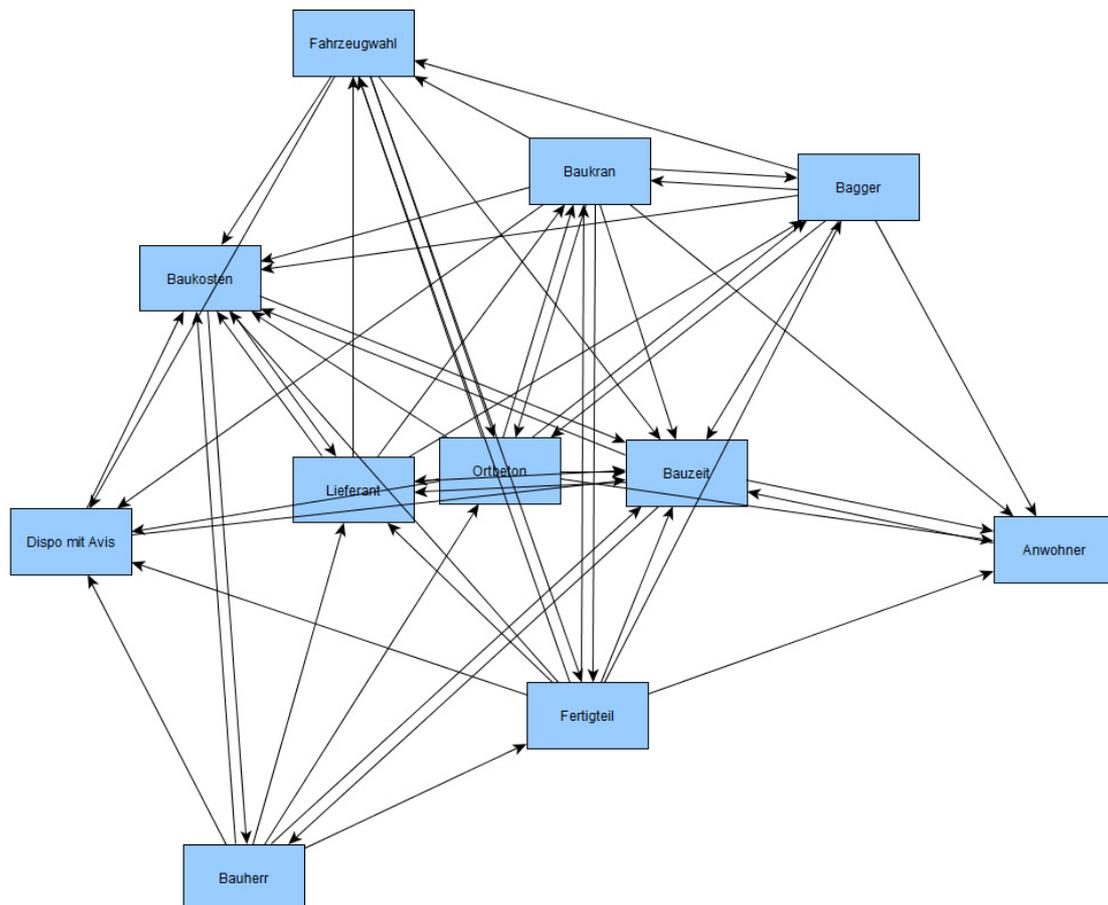


Abbildung 38: Beispiel eines Wirkungsgefüges (eigene Darstellung)

Anhand der Abbildung wird das Modell des Wirkungsgefüges erläutert. Ein Wirkungsgefüge besteht aus Objekten und ihren Relationen untereinander. Ein Objekt wird als Kasten dargestellt.

Von einem Objekt kann ein Einfluss, einschließlich seiner Stärke, zu einem anderen Objekt ausgehen. Die Stärke des Einflusses wird in der grafischen Darstellung in der Nähe / Anziehungskraft des Objekts zu einem anderen Objekt ausgedrückt (vgl. Cedric Ballin in Wilms, F.E.P., (2012), S. 60 ff.).

Szenarien entwickeln – „was wäre, wenn...?“

Eine Betrachtung verschiedener Systemzustände ist anhand der Einflussmatrizen und des daraus ableitbaren Wirkungsgefüges möglich. IT-Systeme unterstützen hierbei bei der grafischen Darstellung, sodass der Systemverantwortliche verschiedene **Szenarien** auswerten kann. Ihm steht es frei, hierbei die Wirkung des Komplexitätsmanagements, einzelner Maßnahmen, ganzheitlicher Lösungsansätze oder auch **Wirkungszusammenhänge** zu verändern und das Systemverhalten prognostizieren zu lassen.

Erkenntnisse aus dieser strategischen Analyse dienen einer besseren, effizienteren Planung. Weiterhin kann der Systemverantwortliche diese Werkzeuge zur Moderation zwischen den Projektbeteiligten und –betroffenen nutzen.

Die Einführung eines **Moderationsverfahrens** ist ein Signal hin zu einer neuartigen Transparenz in der Planungsphase, wie auch der Umsetzung. Transparenz ist Instrument und Ziel der Kommunikation und dient dem Bestreben der Findung einer gemeinschaftlichen Lösung.

Die Kenntnis über die Wirkmechanismen ist maßgebend für die Qualität der Managementmethode. Die handelnden und betroffenen Akteure des Problems können sich jedoch weiterhin hinsichtlich ihrer Akzeptanz und entsprechender Nutzung der Methode frei entscheiden (vgl. Beck, D. in Fisch & Beck 2004, S. 79 ff.).

4.4.5 Weiterführende Analyse- und Rechercheansätze

Im Bereich der Total Quality Managements der Automobil-Branche werden zahlreiche Methoden zur Auswertung von Komplexitätsmatrizen verwendet. Zur Einordnung mehrschichtiger Systeme ist die Multi-Domänen-Matrix hilfreich, die anhand mehrere Vektoren die Komplexitätsmatrix mit Informationen speist. Eine weiter vertiefende Behandlung ist für wiederkehrende Aufgabestellungen empfehlenswert.

5 Integration des Komplexitätsmanagements in die Planung der Bauleistik

Ziel dieser Arbeit ist es, die Planung von bauleistischen Aufgaben um die Expertise des Komplexitätsmanagements zu ergänzen. Hierzu werden Verfahrensweisen und Methoden in die, in *Kapitel 3 Situationsanalyse und Handlungsbedarf in der bauleistischen Planungsaufgabe* vorgestellte Situation überführt. Im Mittelpunkt der Planungsaufgabe steht der Planer oder die Planungsgruppe. Dieser ist üblicherweise ausgebildeter Ingenieur, Architekt oder Logistiker. Die entwickelten Methoden können für Baumaßnahmen jeglicher Art und Dimension verwendet werden: Hierzu zählen kleinere Modernisierungsmaßnahmen an einem Haus oder auch eine komplexe Großbaumaßnahme in einer Innenstadt.

5.1 Ursachen und Auswirkungen einer erhöhten Komplexität in der Bauleistik

Die bauleistische Planung findet in Abhängigkeit zu der Bedeutung, die ihr zugesprochen wird, in verschiedenen Phasen der Planung statt. Eine ganzheitlich durchgeführte Bauleistikplanung genießt Einfluss auf den Entwurf oder die gewählten Bauverfahren der Maßnahme. In gering ausgeprägten bauleistischen Planungsaufgaben umfasst sie den Bereich der bereits vorgestellten Arbeitsvorbereitung. Im *Abschnitt 2.3.5 Inhalte, Prozesse und Elemente der Bauleistik* sind die Objekte und Relationen vorgestellt worden.

Die in einer Baumaßnahme ruhende Komplexität findet ihren Ursprung in der Vielzahl der Projektbeteiligten, der angewandten Technologien, der Laufzeit der Maßnahme und zahlreicher weiterer Komplexitätstreiber.

Ziel des Komplexitätsmanagements

Ziel der Integration des Komplexitätsmanagements in die bauleistische Planung ist ein besseres Planungsergebnis. Anhand der Identifikation echter Komplexitätstreiber und der Auswahl entsprechender Gegenmaßnahmen, soll die Ausführung der Baumaßnahme optimiert werden.

Wenn Verflechtungen frühzeitig erkannt werden und Gegenmaßnahmen entwickelt und getroffen werden, kann z. B. die Kommunikation zwischen allen Projektbeteiligten um ein Werkzeug ergänzt werden. Dieses Werkzeug soll transparent die subjektiven Empfindungen der einzelnen Akteure objektiviert darstellen.

Bereits mit den in *Abschnitt 4.4.3 Vorstellung der Auswertungsverfahren* vorgestellten Verfahren können dezidierte Treiber ermittelt werden. Die Visualisierung des Systems in einem Wirkungsgefüge verdeutlicht ermittelte Zusammenhänge, so dass sowohl die Planenden als auch später die Ausführenden das System auch in der Umsetzung analysieren und Szenarien modellieren können.

5.2 Eigenschaften der das Komplexitätsmanagement integrierenden Planungsmethode

Die Methode des integrierten Komplexitätsmanagements in der bauleistischen Planung umfasst folgende Eigenschaften:

- **Aufnahme der Baumaßnahme:** Anhand einer strukturierten Aufnahme werden maßgebende Eigenschaften der Maßnahme aufgenommen und in einer Übersicht geführt.
- **Komplexitätstreiber:** Erfassung und Berücksichtigung der Wirkungszusammenhänge zwischen Komplexitätstreibern und ihrer Mitwelt: Der Nutzer ist in der Lage, Treiber aufzunehmen, zu bewerten und Wirkungszusammenhänge zu erkennen.
- **Kontinuität:** Die Methode kann während einer laufenden Baumaßnahme ihre erste Verwendung finden oder frühzeitig zur Planung verwendet werden. Die Datenaufnahme und –Aufbereitung ermöglicht einen Zugewinn an Informationen.
- **Bewertung der Komplexität:** Die Methode ermöglicht eine objektive Einschätzung der Maßnahme, so dass subjektive Empfindungen entschärft werden können. Die Verwendung kann während des Bauablaufs zur Schlichtung oder auch bei einer späteren Adjudikation verwendet werden.
- **Einsatz und Aufwand:** Die Methode ist ohne großen Mehraufwand einsetzbar, da ein Planer sich in der Einarbeitung die Baumaßnahme eine Übersicht zum Projekt verschafft.

Die aufgeführten, entstandenen Eigenschaften verbessern die Vorgehensweise und Herangehensweise an die bauleistische Planungsaufgabe. Weiterhin ist die Erfüllung der vertraglich zugesicherten Leistungen in der Ausführung im Sinne aller Projektbeteiligter transparenter und besser zu erbringen.

Schritte in der Verwendung der Methode

Die Verwendung der Methode wird im günstigen Fall einer Erstplanung der Bauleistik einer Baumaßnahme vorangestellt. Die aufeinander aufbauenden Schritte sind in der folgenden Abbildung in einer Kaskade dargestellt, die bei der Aufnahme der Ist-Situation beginnt. Die Kaskade kann jedoch auch von einem „Null“-Szenario begonnen werden kann, so dass Vorarbeiten des Bauherrn mit in die Planung einfließen können.

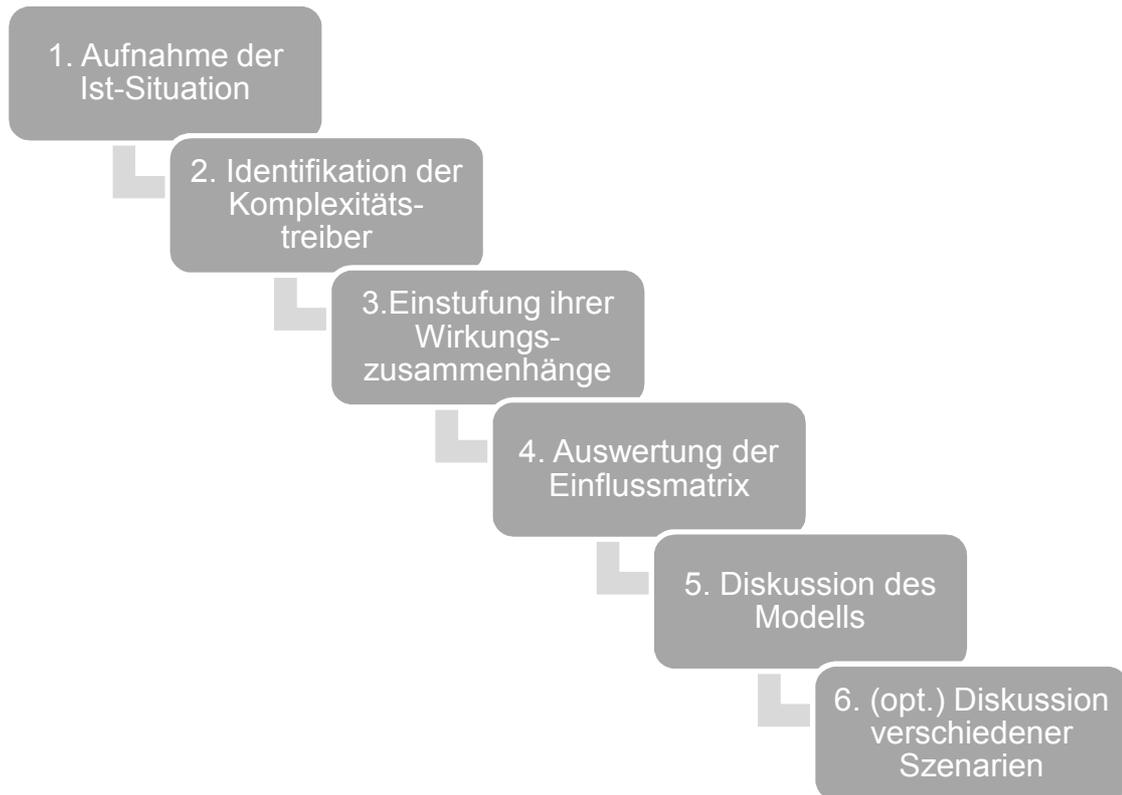


Abbildung 39: Ablauf des Einsatzes der Methode (eigene Darstellung)

Im Rahmen des *Kapitels 4 Komplexitätsmanagement* wurden die einzelnen Schritte detailliert beschrieben und Werkzeuge vorgestellt. Der Transfer in das Bauwesen erfolgt im folgenden Abschnitt.

5.3 Erläuterungen und Werkzeuge für die einzelnen Schritte

1. Aufnahme der Ist-Situation

Die Aufnahme der Systemsituation ist für die Planung des ganzheitlichen Logistikkonzepts von hervorzuhebender Bedeutung. Werden hier wichtige Parameter nicht aufgenommen, hat dies Einfluss auf die Planungs- und folgerichtig auf die Ausführungsphase.

Im Qualitätswesen produzierender Unternehmen hat sich die 6M-Analyse als praktikables Werkzeug bewiesen, so dass diese hier ebenfalls Verwendung findet.

6M Analyse und das Ishikawa-Diagramm

Die 6M Analyse ist ein Verfahren, das der Orientierung und Strukturierung dient. Sie gibt eine einfache Struktur zur Aufnahme der Parameter, Anforderungen und Restriktionen vor. Hierbei wird anhand von Oberbegriffen, die alle mit dem Buchstaben „M“ anfangen, vorgegangen. Für ein System sind das: Mensch, Management, Methode, Maschine, Material, Mitwelt und Messtechnik.

In der anschließenden Tabelle sind Erläuterungen und Beispiele zu den „6M“ eines Systems zusammengefasst:

Tabelle 21: Erläuterungen und Beispiele der 6M-Analyse

Mensch	Management
Im Projektmanagement wird als Stakeholder jede Person oder Organisation bezeichnet, deren Interessen durch den Verlauf oder das Ergebnis des Projekts betroffen ist.	Das Management steuert das System mit der Absicht, vorab definierte Ziele zu erreichen. Hierzu nutzt es Managementmethoden.
<ul style="list-style-type: none"> • Management • Kunden & Kapitalgeber • Projektmitarbeiter • Behörden • Anwohner und Anrainer 	Projektziele: <ul style="list-style-type: none"> • Laufzeit • Kosten • Qualität • physisch messbare Emissionen

Methode	Maschine
Zahlreiche systeminterne Methoden haben Einfluss auf den Ist-Zustand eines Systems. Für die Baulogistik sind Bauverfahren hier von besonderer Bedeutung	Aufnahme der notwendigen Maschinen und ihrer Eigenschaften und Anforderungen
<ul style="list-style-type: none"> • Art der Baumaßnahme • Bestand oder Neubau • Ausschreibungsverfahren • Anzahl Gewerke technische Verfahren	<ul style="list-style-type: none"> • Baumaschinen • Transportmittel • Baustelleneinrichtung • Emissionen zugehörige Prozesse
Material	Mitwelt
Betrachtung der Produktionsmaterialien, u. a. Ver- und Entsorgung	Aufnahme der Umwelt und Mitwelt der Baumaßnahme
<ul style="list-style-type: none"> • Baustoffe (phys. Dimensionen) • Hilfsmittel • C - Teile • zu entsorgende Materialströme • zugehörige Restriktionen (z. B. Abfallverordnung) 	<ul style="list-style-type: none"> • Bebauung • techn. Infrastruktur im Umfeld • Mikro und Makro - Umfeld • technische und verkehrliche Anbindung

Die einzelnen Einflüsse und Systemelemente eines Systems können anhand des Analyseverfahrens durch einen Planer aufgenommen werden. Die 6M-Analyse bietet sich jedoch auch als Verfahren zur Moderation einer Planungsgruppe an, die mit der Aufgabe der Aufnahme der Ist-Situation betraut ist.

Das Ishikawa-Diagramm

Zur Visualisierung der Einflüsse und ihrer Wirkung auf das System ist das Ishikawa-Diagramm ein hilfreiches Werkzeug. Einflüsse werden den „M“ zugeordnet

und an den Fischgräten des Hauptpfades dargestellt. Die Wirkungen der Einflüsse untereinander sind in dieser Form des Diagramms jedoch nur über sogenannte Verbinder erkennbar.

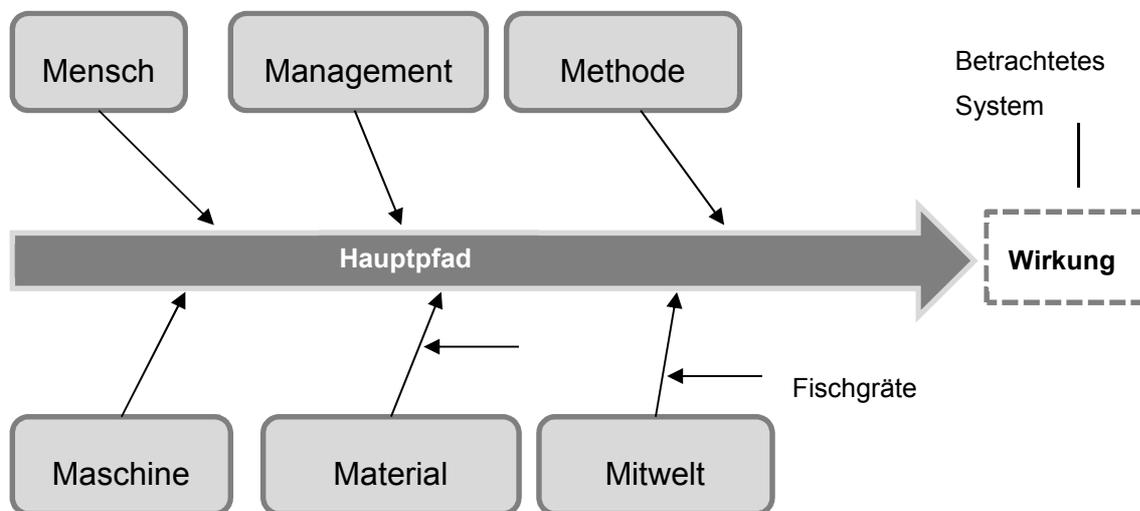


Abbildung 40: erläuternde Darstellung des Ishikawa-Diagramms (i. A. a. [Int TQM])

Die Haupteinflüsse führen direkt an den Hauptpfad des Systems und haben deutliche Wirkung auf Selbiges. Weitere Einflüsse und Ursachen werden Haupteinflüssen je nach Ursprung zugeordnet.

Die 6M- Analyse und das Ishikawa-Diagramm sind für die zu erfüllende Aufgabe passende Werkzeuge. Eine Diskussion der Verfahren führt zu folgendem Ergebnis:

Tabelle 22: Ergebnis der Diskussion der 6M Analyse

Diskussion der 6M Analyse und des Ishikawa Diagramms	
Vorteile	Nachteile
<ul style="list-style-type: none"> • schnelle Ergebnisse durch Gruppendynamik • Als Vorlage einfach zu nutzen 	<ul style="list-style-type: none"> • Wechselwirkungen werden nicht berücksichtigt • Gewichtung kann schwierig sein

2. Identifikation der Komplexitätstreiber

Die Identifikation von Komplexitätstreibern erfolgt im Rahmen der Aufnahme. Es werden Einflussfaktoren in das bauleistische Grundmodell eingetragen, die sich in der Einflussmatrix wiederfinden. Ein Einflussfaktor ist an dieser Stelle eindeutig zu benennen.

Ein Einflussfaktor besteht jeweils aus „Ursprung“, einem „messbaren Wert“ und einer „Dimension“, z. B. Baumaschine / Bagger, Lärmemission 80dB Nennwert.

3. Einstufung ihrer Wirkungszusammenhänge

Die Einstufung der Wirkungszusammenhänge erfolgt durch den Planer. Dieser setzt die einzelnen Einflussfaktoren in einen Zusammenhang. Die Stärke der Relation wird durch die Werte 0-3 bewertet.

Diese Bewertung erfolgt im günstigsten Fall innerhalb einer Gruppe mit Baustellenerfahrung. Im Rahmen von Einzelgesprächen mit Projektbeteiligten kann der Planer ebenfalls die Stärke der Relationen der Einflussfaktoren aufnehmen und die Bewertung in der Einflussmatrix durchführen.

Tabelle 23: Beispiel einer Einflussmatrix einer innerstädtischen Baumaßnahme

Einflussfaktoren	Bauherr	Theaterbetrieb	Klinikbetrieb	Schule	Anwohner/Mieter	Verkehr der Baustelle	Bauverfahren	Bauzeit	Baukosten
Bauherr		1		1	1	1		2	3
Theaterbetrieb	1					2			
Klinikbetrieb		1			3	3			
Schule					2	3			
Anwohner/Mieter		2				2		3	1
Verkehr der Baustelle			3	3	3		1	3	1
Bauverfahren						3		3	3
Bauzeit	3	2	1	1	2	2			3
Baukosten	3	1					2	3	

Zur Diskussion weiterer Szenarien mit verschiedenen Projektbeteiligten können die Wirkungszusammenhänge variiert werden. Der Einfluss verschiedener bauleistischer Maßnahmen kann ebenfalls anhand der Reduktion der Wirkung einzelner Faktoren abgebildet werden.

4. Auswertung der Einflussmatrix

Die Auswertung der Einflussmatrix erfolgt anhand des „Summen“- und des „P/Q-Verfahrens“. Die Verwendung der Einflussmatrix ermöglicht die Beurteilung der Elemente in aktive, passive, kritische und träge Elemente.

Tabelle 24: Beispielauswertung der Einflussmatrix

Einflussfaktoren	Bauherr	Theater- betrieb	Klinik- betrieb	Schule	Anwohner/ Mieter	Verkehr der Baustelle	Bau- verfahren	Bauzeit	Baukosten	Einflussnahme	
										Aktiv- summe	Q-Wert
Bauherr		1		1	1	1		2	3	9	5,67
Theater-betrieb	1					2				3	0,63
Klinik-betrieb		1			3	3				7	1,96
Schule					2	3				5	1,25
Anwohner/ Mieter		2				2		3	1	8	7,04
Verkehr der Baustelle			3	3	3		1	3	1	14	31,36
Bau-verfahren						3		3	3	9	2,43
Bauzeit	3	2	1	1	2	2			3	14	27,44
Baukosten	3	1					2	3		9	8,91
Passivsumme	7	7	4	5	11	16	3	14	11		
P-Wert	63	21	28	25	88	224	27	196	99		

Beeinflussung

Ein kritischer Einflussfaktor (gemäß Tabelle 16: Elemente des Komplexitätsmanagements & S. 87) für eine Baumaßnahme kann zum Beispiel die Verkehrssituation im Umfeld der Baumaßnahme sein. Eine Modernisierung eines Gebäudekomplexes in einer Innenstadt ist mit einer Vielzahl von Transporten verbunden. Die Baumaßnahme wird hierzu über zahlreiche Transporte angedient: Personal, Material und Maschinen werden zugeführt. Bauabfälle müssen verbracht werden, so dass viele Transporte in die bestehende Infrastruktur eingebracht werden. Der Faktor Verkehr sollte somit für diese Baumaßnahme mit einer baulegistischen Lösung (z. B. Transporte mit Anmeldung und Avisierung) versehen werden.

Für den Planer der Bauleistik empfiehlt es sich, **zuerst** technische oder organisatorische Lösungen für **kritische Systemelemente** zu erarbeiten. Die Abbildung der **Verflechtung** der einzelnen Faktoren birgt die Möglichkeit der Planung eines **ganzheitlichen, baulegistischen Konzepts**.

5. Diskussion des Modells zur Darstellung der Komplexität der Baumaßnahme

In der Planungsphase oder auch während Ausführung einer Baumaßnahme ist dieses Planungsmodell nur ein Abbild des (Produktions-) Systems und seiner Interaktionen mit dem Umfeld. Anhand der durchführbaren Abstraktion sind Objekte und Relationen in ein Wirkungsgefüge abbildbar und Szenarien darstellbar. Die folgende Abbildung stellt das Wirkungsgefüge der vorangegangenen Einflussmatrix dar. Die Wirkungsgefüge wurden mit dem yEd Graph Editor erstellt [Int yEd]. Die einzelnen Einflussfaktoren der Baumaßnahme sind als Knoten in

das Diagramm überführt worden. Die Ausrichtung der Einflussfaktoren im Wirkungsgefüge richtet sich anhand der Zentralität des einzelnen Objektes aus. Knoten, die viel Interaktion mit anderen Knoten aufweisen, rücken in den Mittelpunkt des Diagramms. Zusätzlich ist die Wichtung auf den Kanten aufgetragen. Innerhalb der Planergruppe und auch während der Abstimmung mit dem Auftraggeber ist die Diskussion und Abstimmung über das Modell vereinfacht.

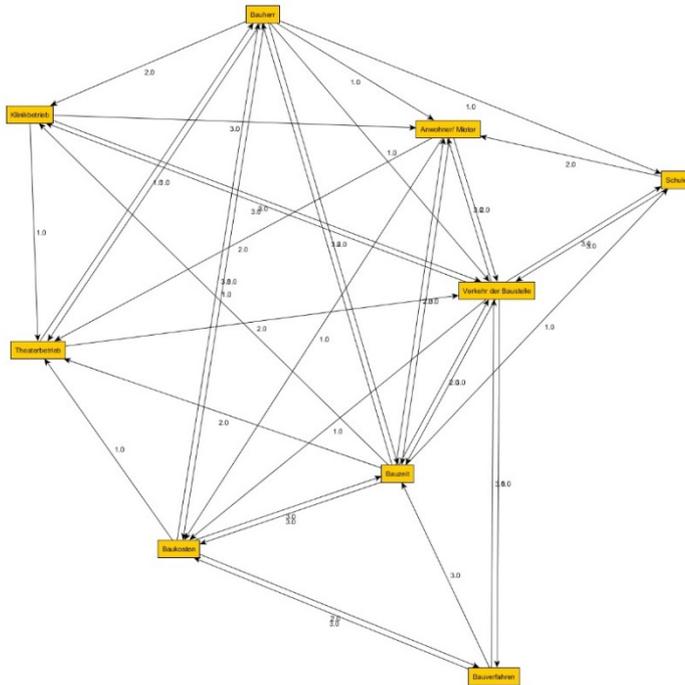


Abbildung 41: Wirkungsgefüge der Beispielmaßnahme (eigene Darstellung)

Des Weiteren ermöglichen die Darstellungen des Wirkungsgefüges und der gewichteten Treiberbewertung die Erstellung ausgerichteter Graphen:

Eine Ausrichtung des Wirkungsgefüges anhand des Einflusses der Objekte, gemessen an Gewicht und Anzahl der Relationen gibt zusätzliche Informationen. Die Zentralität betrachtet die ein- und ausgehenden Relationen zeitgleich. Elemente, die einen hohen Abstimmungsbedarf aufweisen, rücken hier in den Mittelpunkt.

Die *Abbildung 42* beinhaltet ein nach den eingehenden Einflüssen orientiertes Wirkungsgefüge. Die einzelnen Knoten sind von „den meisten“ eingehenden Einflüssen zu dem am „geringsten beeinflussten“ Element eingefärbt und dimensioniert. Der dunkelste und größte Knoten weist ein besonders reaktives Verhalten auf und sollte in der Planung besonders berücksichtigt werden. In der Diskussion

solcher Wirkungsgefüge ist vermehrt aufgefallen, dass sich diese Knoten im Verlauf der Abwicklung eines Projektes zu einem kritischen Element oder sich zum Flaschenhals eines Systems entwickeln (vgl. Schuh, G. (2004), S. 57).

Knoten, die in dieser gerichteten Struktur besonders hell eingefärbt sind und eine größere Entfernung aufweisen, sind besonders träge Elemente:

Diese können durch frühzeitige Entscheidungen im Planungsprozess, wie auch Kommunikation der definierten Vereinbarungen, besser gehandhabt werden.

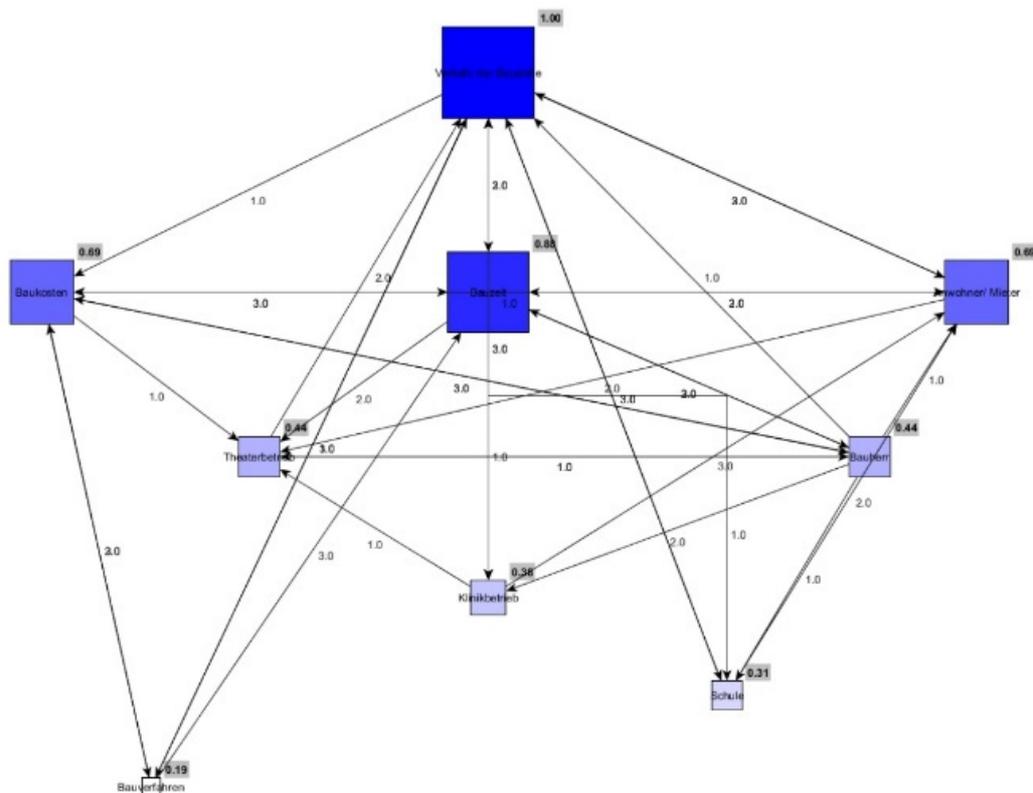


Abbildung 42: nach eingehenden Einflüssen ausgerichtetes Wirkungsgefüge (eigene Darstellung)

Analog zur Ausrichtung des Wirkungsgefüges nach eingehenden Einflüssen ist die Anordnung nach ausgehenden Beeinflussungen in der Planungsphase von Bedeutung. Diese Anordnung hebt besonders aktive Einflussfaktoren hervor, so dass ihre Wirkung und Verflechtung im System erkennbar wird.

Während der ersten Aufnahmen des Projekt Ist-Zustands rücken häufig Einflussfaktoren durch subjektive Meinung in den Mittelpunkt oder werden als maßgebend formuliert, die in der Gesamtbetrachtung eher der zweiten oder dritten Kategorie zugeordnet werden.

Diese **transparente Anordnung** des Geflechts im Rahmen der Planungs- und / oder Ausführungsphase ermöglicht eine Diskussion des Systems in einem **objektiven Raum**.

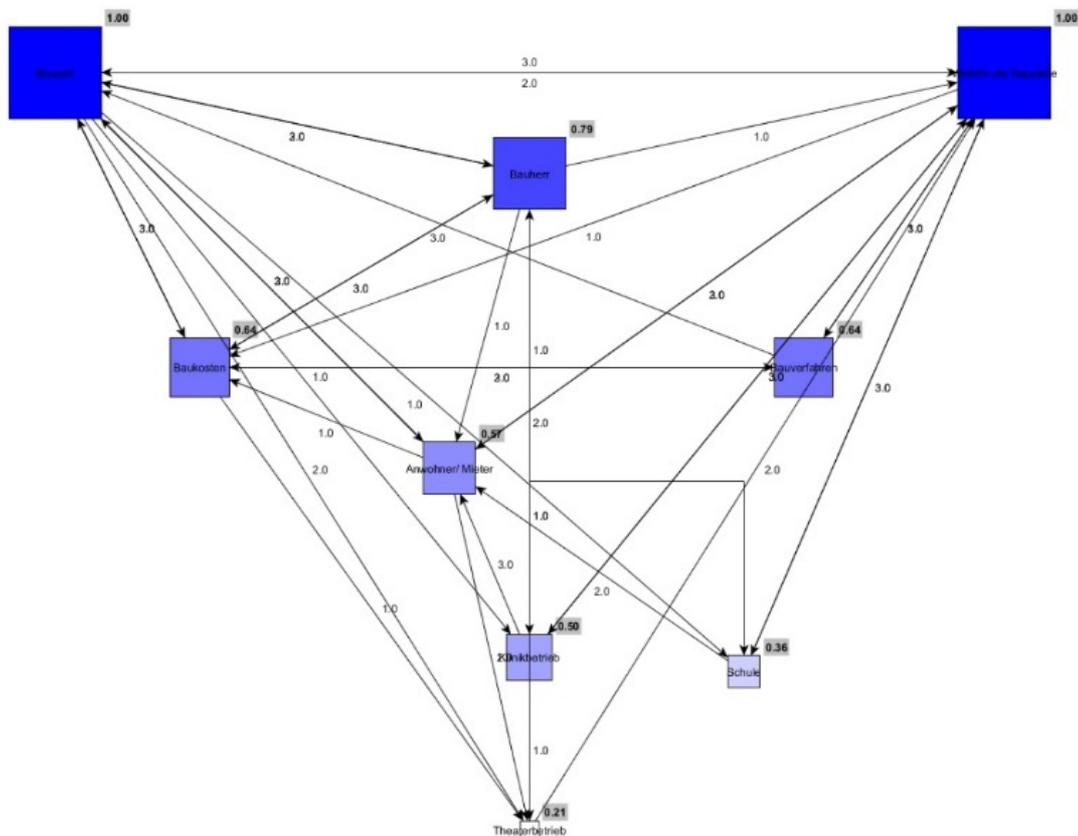


Abbildung 43: nach ausgehenden Wirkungen ausgerichtetes Wirkungsgefüge (eigene Darstellung)

Zur Diskussion der Wirkungsgeflechte wird empfohlen, mehrere Anordnungen und Einstufungen / Kategorisierungen bereitzustellen.

Eine **moderierte Diskussion** der Wirkungszusammenhänge ermöglicht einen **Zugewinn an Informationen** und schafft eine **gesteigerte Akzeptanz** für die Baumaßnahme.

6. (Optional) Diskussion verschiedener Szenarien

Im Rahmen des weiteren Planungsfortschritts oder der wiederkehrenden Gespräche / Diskussionen in der Projektentwicklung ist es möglich, verschiedene Szenarien im Modell abzubilden und zu diskutieren.

Szenarien unterscheiden sich in der Anzahl der Einflussfaktoren und insbesondere in der Einstufung der Wirkungszusammenhänge zueinander. Die Auswertung der Szenarien erfolgt analog zu der Erstausswertung des Ausgangsszenarios

anhand des Summen- und des P /Q-Verfahrens. Jedes Szenario sollte für sich in verschiedene Anordnungen und Einstufungen des Wirkungsgefüges betrachtet werden.

Entwicklung eines Szenarios

Eine in der Aufnahme des IST-Zustands mit „3“ eingestufte Einflussbeziehung kann im Verlauf der Baumaßnahme als weniger kritisch bewertet werden, wenn Gegenmaßnahmen geplant werden:

Die Planung und anschließende Ausschreibung eines Verkehrskonzepts führt zu einer „Entspannung“ des kritischen Elements. Weitere Maßnahmen und insbesondere die Berücksichtigung des Wirkungsgefüges führt zu einer besseren Baulogistik in der Ausführung.

Im Entwickeln verschiedener Szenarien und ihrer Auswertung liegt für die Planung ein hohes Potenzial, das mit der Planung einer effizienten Baulogistik einhergeht.

6 Vorstellung der Komplexitätsmanagement integrierten Methode an einem Fallbeispiel

Die entwickelte Methode wurde zur Entwicklung des Bauleistungskonzepts der Neubaumaßnahme des Probebühnenzentrums (PBZ) des Deutschen Theaters in Berlin in Teilen verwendet. Die Baumaßnahme und insbesondere Planungsaufgabe wird im Folgenden vorgestellt.

6.1 Vorstellung des Fallbeispiels

Neubau des Probebühnenzentrums am Deutschen Theater Berlin



Abbildung 44: Aufnahme des Deutschen Theaters Berlin (eigene Aufnahme vom 28.01.2013)

Die veränderten Bedingungen im Theatergeschäft ließen das Deutsche Theater in Berlin an seine Kapazitätsgrenzen stoßen. Aus diesem Grund wurde der Beschluss gefasst, ein neues Probebühnenzentrum im Hinterhof des Theaters zu erbauen.

Bis Ende der 1980er Jahre wurden erfolgreiche Inszenierungen am Deutschen Theater zwischen 40 und 220 Mal aufgeführt. Heute werden, bedingt durch die wachsenden Ansprüche des Publikums, unterschiedliche Produktionen weniger oft, jedoch täglich wechselnd aufgeführt. Hinzu kommt, dass das Theater nur durch aufwendige und innovative Produktionen mit dem Kino- und Internetangebot konkurrieren kann.

Das Deutsche Theater umfasst drei Bühnen: das Große Haus mit 600 Plätzen, die 230 Sitze umfassenden Kammerspiele und die 2006 eröffneten Blackbox mit 80 Plätzen. Das Gebäude wurde im neoklassizistischen Stil erbaut. Es fehlen jedoch die benötigten Prohebühnen, so dass hierfür Räumlichkeiten, die teilweise in anderen Teilen der Stadt liegen, genutzt werden müssen.

Die Baumaßnahme steht im vierten Quartal 2017 in der Abschlussphase. Zahlreiche Änderungen und Ereignisse in der Planungs- und Bauphase haben den Projektverlauf beeinflusst. Die Ausführung des Abbruchs wie auch des Rohbaus sind bereits verzögert gestartet. Der Rohbau wurde im Zeitraum von knapp neun Monaten abgeschlossen. Aufgrund der komplizierten technischen Gebäudeausstattung dauerte die Phase der Ausbaumaßnahmen verhältnismäßig lang. Die Übergabe war zum Ende des Jahres 2017 geplant.

Projektvorstellung der Neubaumaßnahme PBZ Berlin

Ein optimaler Produktionsablauf soll durch den Neubau des Prohebühnenzentrums mit drei neuen Prohebühnen im Hinterhof des Theaters gewährleistet werden. Als Baufeld steht die rückwärtige, ca. 3.500m² große Teilfläche des Theatergrundstücks in der Schumannstraße 13a in Berlin/°Mitte zur Verfügung. Dieses sehr enge Baufeld auf der keilförmigen Grundstücksfläche stellt hohe Anforderungen an die Gebäude- und Bauleistikplanung. Hinzu kommen zahlreiche weitere Restriktionen, die zum Beispiel durch Nutzer der angrenzenden Gebäude, den fortlaufenden Theaterbetrieb, Zufahrten über Fremdgrundstücke und Denkmäler auf dem angrenzenden Campus der Humboldt Universität verursacht werden.

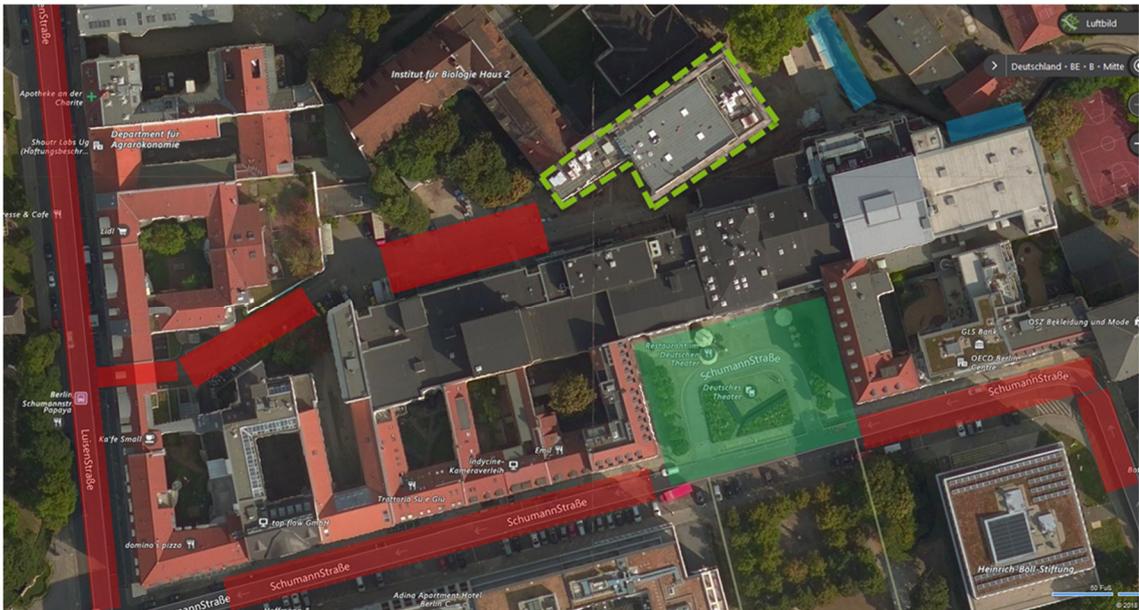


Abbildung 45: Luftbild des Deutschen Theaters und Innenhofs [Int Goo]

Den Wettbewerb der Arbeitsgemeinschaften für „Architekten und Tragwerksplanern“ gewann die Arbeitsgemeinschaft gmp Architekten mit dem Ingenieurbüro Krentel. Der geplante Neubau wird drei Probebühnen sowie Ersatzräume für die durch Abriss des Hofmagazins entfallenden Werkstätten und Lager enthalten. Zusätzliches Ziel der Ausschreibung war es, den Neubau mit Respekt vor den bestehenden Altbauten zu gestalten.



Abbildung 46: Entwurf des Probebühnenzentrums aus zwei Perspektiven (vgl. Meyer, F. (2010): *In historischer Gesellschaft – PBZ des Deutschen Theaters in Berlin* [Int Ber])

Das entworfene L-förmige Gebäude, in dem die drei Probebühnen übereinander angeordnet sind, überzeugte besonders durch die reduziert gestalteten Fassaden und seine Funktionalität. Der Bau grenzt nicht direkt an das Theater, so dass die Baumaßnahme nur im geringen Maße die Bestandsimmobilien beeinflusst [Senatsverwaltung der Stadt Berlin - Int Ber].

Grobterminplanung und Bauphasen

Die Errichtung des neuen Probebühnenzentrums war in zwei Bauabschnitte unterteilt. Zunächst sollte im ersten Bauabschnitt der Abriss des alten Hofmagazins erfolgen und anschließend wurde im zweiten Bauabschnitt mit dem Neubau begonnen. Das neue Probebühnenzentrum soll die Produktionsbedingungen am Deutschen Theater in Berlin nachhaltig verbessern und eine räumliche, technische und ökonomische Optimierung des Probebetriebs gewährleisten (Auszug aus: Ausschreibungsunterlagen Stadt Berlin: Probebühnenzentrum Deutsches Theater Berlin Mitte). Der nachfolgende Terminplan wurde durch gmp Architekten im Rahmen der Entwurfsplanung erstellt (Auszug aus: Hüpeden, J. (2012), Planungsunterlagen gmp Architekten.)

Table 25: Rahmenterminplan des Neubaus des PBZ

		Geplanter Beginn	Geplantes Ende	Dauer in Wochen
1	Rückbau Bestand	24.06.2013	16.08.2013	8
2	Rohbau	19.08.2013	14.02.2013	24
3	Gebäudehülle	17.02.2014	16.06.2014	16
4	TGA grob	17.02.2014	09.05.2014	12
5	TGA fein	23.06.2014	25.11.2014	20
6	Innenausbau	24.03.2014	25.11.2014	32
7	Inbetriebnahme	21.07.2014	Einzugsphase	

Die Rückbau- und Rohbauphase waren hinsichtlich ihrer Machbarkeit innerhalb des geplanten Zeitfensters von nur 2 und 6 Monaten bauleistungslogisch zu planen und ein entsprechendes Ressourcenmanagement auszuarbeiten.

6.2 Integration des Komplexitätsmanagements

Vorstellung der baulogistischen Planungsaufgabe

Die Komplexität der Baumaßnahme wurde bereits frühzeitig durch den Auftraggeber als sehr hoch eingeschätzt, so dass der Planer weitere Expertise hinzunahm, um ein ganzheitliches Baulogistikkonzept zu erstellen.

Das Konzept verfolgt die Ziele der effizienten Ver- und Entsorgung der Baumaßnahme und einer minimalinvasiven Durchführung, da zahlreiche Komplexitätstreiber an der Baumaßnahme und dem Umfeld erkannt wurden.

Insbesondere sind Bedenken hinsichtlich der Machbarkeit der Baumaßnahme vor dem Hintergrund der angrenzenden Klinik und dem laufenden Theaterbetrieb ausgesprochen worden. Kritische und insbesondere Gefahrensituationen sollen anhand eines Baulogistikkonzepts ausgeschlossen und die Einhaltung aller Richtlinien und Verordnungen gewährleistet werden.

Die Planung der Baulogistik wurde in enger Zusammenarbeit zwischen gmp Architekten und Fraunhofer IML durchgeführt.

6.3 Anwendung der Komplexitätsmanagementmethode

Einteilung der Planungsaufgabe und Adaption der Prozessschritte

Die Planung der Baulogistik wurde anhand des funktionellen Phasenschemas (S. 83) vorgenommen. In *Abbildung 47* ist der Ablauf der Planung grafisch dargestellt. Zur Planung des baulogistischen Konzepts wurde das Baufeld und die Umgebung weitläufig begangen und in Gesprächen mit dem planenden Architekten und Vertretern des zukünftigen Nutzers wurden Informationen gesammelt. Weiterhin wurden anhand von Kartenmaterial und Fachinformationen eine Mikro- und Makroanalyse der verkehrlichen Anbindung und bestehenden Belastung durchgeführt.



Abbildung 47: Untergliederung der Planung der baulogistischen Aufgabe (eigene Darstellung)

Orientierung

Der konkrete Einstieg in die Planung der Baulogistik erfolgt anhand der Definition der logistischen Aufgaben und Ziele. Diese sollten konkret und messbar formuliert werden. Weiterhin sind Randbedingungen für den Planungshorizont aufzunehmen. Einschränkungen für die Planung lagen in diesem Projekt anhand des engen Zeitraums, der im Umfeld bereits angefangenen Baumaßnahmen und Vorgaben durch die zu berücksichtigenden Ämter vor.

Die Planungsphase umfasste die Einarbeitung in die geplante Baumaßnahme und die IST-Situation vor Ort: Im Rahmen der ersten Begehung wurden angrenzende Stakeholder und die Verkehrssituation im direkten Umfeld des Projektes

aufgenommen. Im Rahmen der 6M-Analyse wurde von außen nach innen vorgegangen, so dass vom Gesamtkontext (*Abbildung 53: Verortung der Baumaßnahme in ihrer innerstädtischen, prominenten Lage*) zur Makroaufnahme der Maßnahme die Situation erfasst wurde. Restriktionen und Anforderungen von angrenzenden Betrieben (Deutsches Theater, Schulen, der Universitätsklinik Charité, Geschäften, und Anliegern) wurden dokumentiert und in der Einflussmatrix verortet.

Die erste Einschätzung der Einflussfaktoren erfolgte zwischen den Planern der Baulogistik:

Eine besondere, hervorzuhebende Schnittstelle wurde der Verkehrssituation am Baufeld zugewiesen. Der Standort in der Berliner Innenstadt und die der angrenzenden Betriebe weisen spezifische Anforderungen auf, wie zum Beispiel die Gewährleistung der steten Durchfahrbarkeit der Louisenstraße für Krankenwagen, die zur Charité fahren müssen. Die sehr enge Bebauung im Innenhof des Deutschen Theaters führt zusätzlich zu der ungünstigen Lage, dass eine Durchfahrt und auch das Wenden eines LKW im Innenhof umständlich sind.

In der Anlage sind mehrere Photographien der Baustellensituation angefügt. Diese dienen der Verdeutlichung der schwierigen verkehrlichen Situation der Baumaßnahme.

Lösungssuche

Zur Lösungssuche wurden konkrete, logistische Aufgaben / Fragestellungen formuliert: z. B. Ermittlung der Mitarbeiteranzahl auf dem Baufeld, „Welches ist das schwerste Element in der Bauphase?“, Ermittlung des Bauteils mit den größten Ausmaßen, Transportvolumina während der verschiedenen Bauphasen. Hierbei wurden die Plandaten analysiert und kritische Punkte / Problemstellungen für die Baulogistik der Baumaßnahme ermittelt.

Diese Planungsgrundlage wurde als Grundlage zur Ermittlung eines „Null“-Szenarios“ verwendet.

Einflussfaktoren	Bauherr	Theaterbetrieb	Klinikbetrieb	Schule	Anwohner/ Mieter	Verkehr der Baustelle	Bauverfahren	Bauzeit	Baukosten	Einflussnahme	
										Aktivsumme	Q-Wert
1. Bauherr	1				1	2	2	3	3	11	8,47
2. Theaterbetrieb	1					1				2	0,24
3. Klinikbetrieb					2	3				5	0,75
4. Schule				1	3					4	0,48
5. Anwohner/ Mieter		1			2			3	2	8	5,76
6. Verkehr der Baustelle		2	2	2	3		1	3	1	14	31,36
7. Bauverfahren						3		3	3	9	4,05
8. Bauzeit	3	2	1	1	2	2			3	14	29,4
9. Baukosten	3	1					2	3		9	9,72
Passivsumme	7	6	3	3	9	16	5	15	12		
P-Wert	77	12	15	12	72	224	45	210	108		

Abbildung 48: Einflussmatrix des „Null“-Szenarios des PBZ (eigene Darstellung)

Aus dieser Matrix konnten maßgebende Einflussfaktoren / Treiber umgehend identifiziert werden. Die folgende Abbildung umfasst die Einflussfaktoren, die unter Berücksichtigung ihrer Beeinflussung und Einflussnahme in einem Diagramm verortet wurden. Hierbei wird die Gewichtung der Einflussfaktoren der „Bauzeit“ und des „Verkehrs der Baustelle“ in Relation zu den anderen Faktoren deutlich. Lösungen für die Anforderungen dieser kritischen Elemente standen im Mittelpunkt der Entwicklung einer effizienten Bauleistik.

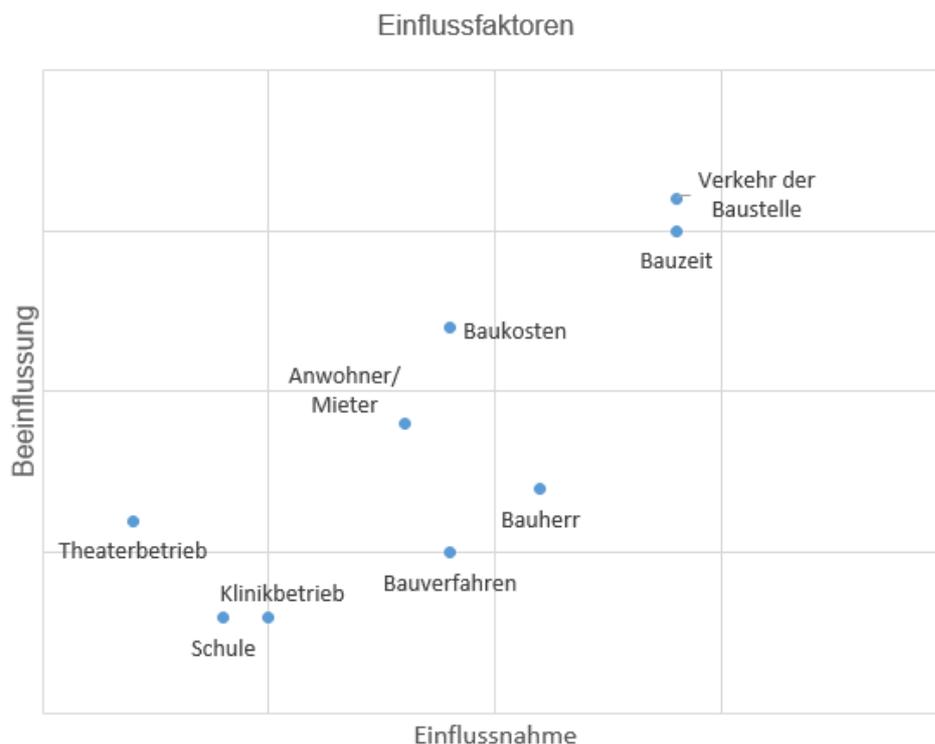


Abbildung 49: Einflussfaktoren der bauleistischen Planungsaufgabe (eigene Darstellung)

Dieses „Null“-Szenario ging von einer schlanken Bauleistik aus, die zum Beispiel die Verwendung nur eines Baukrans und der Verwendung des Theatervorplatzes als Umschlagsfläche beinhaltete.

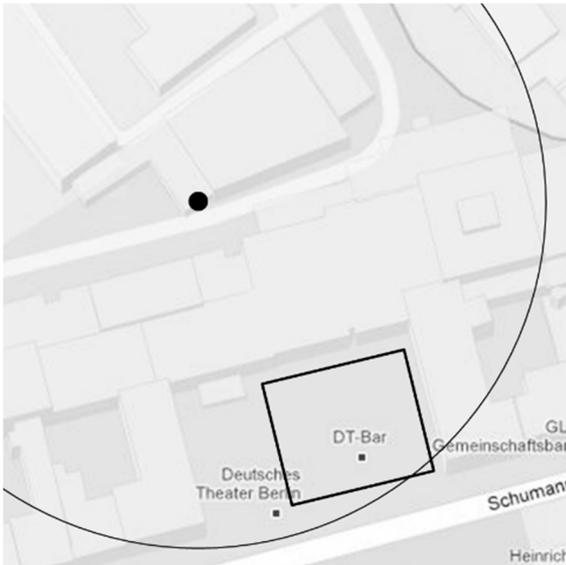


Abbildung 50: „Null“-Szenario (ein Kran, Vorplatz als Logistikfläche) (eigene Darstellung)

Eine Detailbetrachtung zentraler Komplexitätstreiber erfolgte während der Entwicklung und Diskussion von Lösungsalternativen.

Entwicklung von Alternativen

Anhand der Einflussmatrix, der Auswertung und der Visualisierung wurde das Ausgangs-/ „Null“-Szenario beurteilt. Im Rahmen des Komplexitätsmanagements setzten sich Planer mit Maßnahmen zur „Verkehrssteuerung“ und Verfahren zur „Bauzeit“-Verkürzung auseinander. Der Umschlag des Rückbau- und des Neubaumaterials wurde hierbei genauer betrachtet und Alternativen zum „Null“-Szenario entwickelt. Anhand der Vorgaben des gewählten Bauverfahrens stellt der Baukran die strengsten Restriktionen an die Planung, so dass dieser den Flaschenhals / das Bottleneck für die Versorgung der Baumaßnahme darstellt. Die Entwicklung des Krankonzepts und die Verortung von Lagerflächen standen somit für diesen Komplexitätstreiber im Mittelpunkt. Zur Entwicklung von Alternativen zum Nullszenario wurden verschiedene Szenarien mit 1 bis n Kranen (auch verschiedener Hublasten und Auslegerlängen, wie auch Überlagerungen der Arbeitsträume) aufgezeichnet. Diese wurden mit erfahrenen Bauleitern und Vermietern und Baustelleneinrichtungen diskutiert.

Weiterhin wurden Maßnahmen, wie zum Beispiel die Beantragung einer Sonderbaugenehmigung in Tagesrandlagen diskutiert, die zu einer Verkürzung der Gesamtbauzeit beitragen sollte. Es wurden Abwägungen getroffen, ob eine kürzere, intensive Bauzeit auf eine gesteigerte Akzeptanz im Umfeld treffen würde, als

Komplexitätsbeherrschung / -Vermeidung	
<ul style="list-style-type: none"> • Modularisierung <ul style="list-style-type: none"> • Fertigungs-, Dienstleistungssegmentierung 	<ul style="list-style-type: none"> • Empfehlung der Vergabe zu technisch-abhängigen Losen • Bautechnische Lose, Dienstleistungslose, wie Baustellenentsorgung, Sicherheit und Koordination
<ul style="list-style-type: none"> • Herstellung des richtigen Verhältnisses zwischen Standardleistung und Flexibilität 	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Durch den baulichen Entwurf vorgegeben, somit nicht beeinflussbar.</i>
<ul style="list-style-type: none"> • Herstellung transparenter Kundenanforderungen <ul style="list-style-type: none"> • Verbesserung der Transparenz 	<ul style="list-style-type: none"> • In den Ausschreibungsunterlagen aller Nachunternehmer ist eine detaillierte Darstellung der logistischen Situation und Anforderungen zu berücksichtigen.
<ul style="list-style-type: none"> • Prozessdisziplin und Qualitätsmanagement <ul style="list-style-type: none"> • Verbesserung des Informationsflusses und verstärkte Zusammenarbeit 	<ul style="list-style-type: none"> • Enge Abstimmung mit Bauleitung und Logistikkoordination
<ul style="list-style-type: none"> • Beschaffungsstrategien <ul style="list-style-type: none"> • Prinzipien der Materialbereitstellung • Ressourcenmanagement durch Auslastungsplanung und Steuerung der Abwicklung 	<ul style="list-style-type: none"> • Da eine Bauleistungsvergabe nach VOB erfolgt, ist der Einfluss auf die Materialbereitstellung eingeschränkt • Lieferwege und die Avisierung von Anlieferungen wird im Baustellenhandbuch vorgeschlagen
<ul style="list-style-type: none"> • eindeutige und nachvollziehbare Definition und Umsetzung der Strategie 	<ul style="list-style-type: none"> • Das Ziel einer minimalinvasiven Baumaßnahme wird allen Beteiligten kommuniziert.

Hierzu zählten u. a. die Formulierung eines Baustellenhandbuches. Dieses wurde allen Projektbeteiligten als Werkzeug zur Projektsteuerung verpflichtend übergeben. Als Beispiel zur Komplexitätsbeherrschung und Projektsteuerung wurde die Baulogistik als fester Bestandteil in die regelmäßig stattfindenden Baubesprechungen aufgenommen. Diese Maßnahme aus dem Komplexitätsmanagement wurde in verschiedenen Einflussmatrizen und Wirkungsgefügen dargestellt und diskutiert. Die Diskussion der relevanten Treiber, ihrer Entwicklung und Wirkung im Gefüge ermöglichte das frühzeitige Entgegensteuern mit Regelinmaßnahmen.

Maßnahmenplanung

Das erarbeitete Baulogistikkonzept wurde in ein Leistungsverzeichnis für einen Baulogistikdienstleister überführt und durch den koordinierenden Fachplaner in eine Ausschreibung überführt. Einzelne Elemente, die in Unterabschnitt 2.5.1 Baulogistik in der Praxis vorgestellten Lösungselemente wurden ausgeschrieben und in der Ausführungsphase umgesetzt.

Umsetzung

Die Baumaßnahme wird in enger Zusammenarbeit zwischen Projektsteuerer und operativem Baulogistikdienstleister durchgeführt. Während der Umsetzung ist die Verantwortung für die baulogistischen Prozesse an den operativen Baulogistiker übertragen worden:

Zur Durchführung der Baumaßnahme wurde eine zentrale Baustelleneinrichtung geplant und umgesetzt. Zu diesen zählten u. a. die Sicherungsmaßnahmen des Baufelds, die Versorgung der Maßnahme mit Baustrom / -Wasser. Weiterhin wurde ein zentraler Baustellenwertstoffhof eingerichtet. Abfälle wie z. B. Verpackungsmaterialien wurden zentral gesammelt und mit Hilfe eines Transports abgeholt, statt der Durchführung zahlreicher Einzelabholungen. Die Versorgung der Baustelle mit Materialien wurde anhand eines Avisierungssystems für Transporte gesteuert, so dass Stau im direkten Umfeld der Baumaßnahme reduziert werden konnte.

Der Projektsteuerer prüft diese baulogistischen Maßnahmen im Auftrag des Bauherrn.

Retrospektive Bewertung

Im Abschluss der Baumaßnahme ist eine rückblickende Betrachtung der Baulogistik angedacht, so dass für zukünftige Projekte ähnlicher Komplexität eine gute baulogistische Lösung vereinfacht erarbeitet werden kann.

6.4 Ergebnisse des Komplexitätsmanagements im Pilotprojekt

Das Komplexitätsmanagement ermöglicht eine ganzheitliche Planung der Baulogistik, die auf die zahlreichen Aspekte und Belange der Baumaßnahme und ihres Umfelds eingeht. Es können konkrete logistische Maßnahmen für die Anforde-

rungen der Komplexitätstreiber der Baumaßnahme ermittelt werden. Diese werden hinsichtlich ihrer Einflüsse vorab untersucht. Das Ergebnis des Komplexitätsmanagementprozesses wurde durch den Berater zusammengefasst und in das Leistungsverzeichnis des Bauherrn zur Ausschreibung des operativen Baulogistikers überführt:

Die Wirkungen, insbesondere Wechselwirkungen der Komplexitätstreiber, werden hierbei frühzeitig abgeschätzt und im Baulogistikkonzept berücksichtigt. Vorgespräche mit Stakeholdern und Behörden beinhalten bereits frühzeitig die wesentlichen Planungsparameter, da auf die relevanten Komplexitätstreiber eingegangen wird. Ineffiziente Abläufe in der Planung werden somit stark reduziert.

Zur Koordination der logistischen Prozesse vor Ort wird ein operativer Baulogistikdienstleister beauftragt. Angrenzende Betriebe / Anwohner und weitere Stakeholder werden noch vor Beginn der Baumaßnahme über die erkannten Schwierigkeiten in Kenntnis gesetzt und die erarbeiteten Lösungen vorgestellt.

Beispielhaft werden folgende drei gewählte Werkzeuge genannt. Zur Steuerung der Anlieferungsverkehre wurde im Baustellenhandbuch vorgeschrieben, dass ein online- Transportavisierungsportal eingerichtet wird. Mithilfe einer Webseite werden Transporte (Anlieferungen und Abholungen) vorab angemeldet und durch den Logistiker auf der Baustelle gesteuert. Eine zentrale Baustelleentsorgung wird eingerichtet und durch ein Unternehmen durchgeführt, so dass eine Vielzahl an Einzelbehältern ausgeschlossen wird. Im Rahmen einer täglichen Reinigung des Baufelds wird die Ordnungspflicht des Bauherrn gewahrt und die Anzahl der Einzeltransporte stark reduziert. Zur Einrichtung von Lagerräumen, ob für Neumaterial oder verwendetem Werkzeug, wurden Räume im Hauptgebäude zur Verfügung gestellt. Somit wurde die Anzahl der mobilen Baustellencontainer reduziert und Wegstrecken auf dem Baufeld verkürzt.

Anhand dieser Vorgehensweise wird ein verbessertes Miteinander angestrebt und eine ganzheitliche Lösung mit dem Ziel einer minimalinvasiven Baumaßnahme entwickelt.

7 Fazit und Ausblick

Die Arbeit „Integration des Komplexitätsmanagements in die Bauleistung“ umfasst die systematische Entwicklung einer neuen und umfangreichen Planungsmethode für Bauleistungskonzepte. In diesem abschließenden Kapitel werden die Ergebnisse gegenüber den Anforderungen aus der Aufgabenstellung überprüft. Darüber hinaus werden weitere Anwendungsfelder und -Möglichkeiten für die entwickelte Methode vorgestellt.

7.1 Übersicht der Ergebnisse bei der Entwicklung der Methode

Die Entwicklung der Planungs- und Entwicklungsmethode ist zu einem Teil vom Transfer bestehender Expertise im Komplexitätsmanagement in die Bauleistung geprägt. Hierzu dient eine umfassende Recherche der Planungsaufgabe und Umgebung und eine Betrachtung von bestehenden Planungsverfahren als Grundlage. Anschließend werden die zu überführenden Elemente des Komplexitätsmanagements ausgearbeitet und entsprechende Werkzeuge und Methoden vorgestellt. Der Transfer der Methoden anhand von analog zu definierenden Akteuren, Nutzern und Elementen ermöglicht einen neuen Ansatz zur ganzheitlichen Planung in der Bauleistung.

Der Abgleich der angestrebten Entwicklungsziele und deren Umsetzung ist in der anschließenden Tabelle zusammengefasst.

Tabelle 27: Übersicht der Vorgehensweise und Entwicklungsergebnisse ggü. den angestrebten Zielen

Geplante Vorgehensweise und Entwicklungsziele	Umsetzung und Hinweise
<ul style="list-style-type: none"> • Situationsanalyse hinsichtlich der Berücksichtigung der Bauleistungsplanung in der Bauprozessplanung 	<ul style="list-style-type: none"> • In den Kapiteln 3 und 4 wurden sowohl der Untersuchungsbereich als auch der Stand der Technik umfassend analysiert. • Anforderungen und Restriktionen an die Entwicklung wurden ebenfalls erfasst.
<ul style="list-style-type: none"> • Entwicklung eines Vorgehensmodells der integrativen Bauleistungsplanung 	<ul style="list-style-type: none"> • Das Kapitel 5 umfasst eine Vorstellung des Komplexitätsmanagements. • Dieses wird in Kapitel 6 in die bauleistungstische Planung integriert.
<ul style="list-style-type: none"> • Ermittlung der Komplexitätstreiber in der Bauleistungstik 	<ul style="list-style-type: none"> • Hierzu wird in Kapitel 4.4.2 das Sensitivitätsmodell überführt. • Treiber wie auch ihre Auswirkungen werden in der Einflussmatrix vorgestellt
<ul style="list-style-type: none"> • Entwicklung der Projektanfrage 	<ul style="list-style-type: none"> • Hierzu wurden die 6M-Analyse und das Ishikawa-Diagramm ausgewählt.
<ul style="list-style-type: none"> • Transfer der Vorgehensmodelle der Projektplanung aus der IT in die Bauleistungstik mit dem Ziel der passenden Planung für die jeweilige Komplexitätsausprägung 	<ul style="list-style-type: none"> • Eine Festlegung auf eines der Planungsmodelle aus der IT wurde begründet auf die phasenweise Untergliederung eines Bauprojekts gemäß der HOAI abgelehnt.
<ul style="list-style-type: none"> • Vorstellung des Systems an einem Projektbeispiel 	<ul style="list-style-type: none"> • Im Kapitel 7 wurde die entwickelte Methode an einem Beispielprojekt vorgestellt und nebst ihren Vorteilen vorgestellt.

Im Mittelpunkt stand hierbei ein Werkzeug zur Ermittlung von Komplexitätstreibern und ihrer Zusammenhänge im System. Die Darstellung des Systems „Baustelle und Umwelt“ in einer Einflussmatrix und einem Wirkungsgefüge war der Schwerpunkt dieser Arbeit. Aus dieser Vorarbeit lässt sich in der Planung eines Baustellenkonzepts anhand eines „Null“-Szenarios die Wirkung verschiedener Szenarios bewerten und ein möglichst effizientes Bauleistungstikkonzept erarbeiten.

Zusammenfassung der Leistungen des Systems

Anhand des in *Tabelle 9: Lastenheft der zu entwickelnden Methode* formulierten Lastenhefts wird die Entwicklungsleistung überprüft.

Tabelle 28: Abgleich mit dem Lastenheft der Methode

Angestrebte Eigenschaften der Methode	
<ul style="list-style-type: none"> • Die Methode ist zu allen Phasen einer Baumaßnahme zur Analyse anwendbar. Sie ist für Baumaßnahmen jeglicher Art anwendbar. 	<ul style="list-style-type: none"> • Die Methode ist ausreichend abstrakt für diese vielfältige Anforderung.
<ul style="list-style-type: none"> • Die Methode integriert das Komplexitätsmanagement in die Bauleistik, insbesondere ihre Planungsaufgabe. 	<ul style="list-style-type: none"> • Die Methode hat ihren Ursprung im Komplexitätsmanagement.
<ul style="list-style-type: none"> • Die Methode ergänzt die vorgestellte Planungs- und Ausführungsstruktur der Bauleistik um einen ganzheitlichen Ansatz. 	<ul style="list-style-type: none"> • Anhand der Methode ist eine ganzheitliche, strukturierte Planung möglich.
<ul style="list-style-type: none"> • Dieser wird nun für das bauleistische System und seine Umgebung ergänzt. <ul style="list-style-type: none"> ○ Die Methode umfasst einen strukturierten Umgang mit den zahlreichen Anforderungen, Restriktionen und Interdependenzen. 	<ul style="list-style-type: none"> • Auf die Restriktionen und Anforderungen der Bauleistik wurde eingegangen.
<ul style="list-style-type: none"> • Anhand eines Kennzahlensystems sollen Anforderungen und logistische Lösungen des bauleistischen Systems objektiv darstellbar werden. 	<ul style="list-style-type: none"> • Die Einflussmatrix und die Auswertungsverfahren stellen ein Kennzahlensystem dar.
<ul style="list-style-type: none"> • Es sollen kritische Komplexitätstreiber systematisch erkannt werden. 	<ul style="list-style-type: none"> • Anhand der verwendeten Auswertungsverfahren sind Komplexitätstreiber ermittelbar.
<ul style="list-style-type: none"> • Die Wirkungen von Gegenmaßnahmen sollen objektivierbar werden. 	<ul style="list-style-type: none"> • Die Einflussmatrix bietet einer Diskussion der Maßnahmen eine objektive Ebene.
<ul style="list-style-type: none"> • Die Methode soll eine Diskussionsplattform für alle Stakeholder schaffen <ul style="list-style-type: none"> ○ in der Planungs- ○ wie auch in der Bauphase. 	

7.2 Mehrwerte der Methode und ermittelte Einsatzfelder

Die entwickelte Methode ist in der Planung von komplexen Projekten oder Problemfeldern einsetzbar. Diese können zum Beispiel aus dem Bauwesen oder auch dem Anlagenbau- oder Rückbau stammen. In der Planungsphase unterstützt die Methode den Planer / die Planergruppe intern und in der Abstimmung mit dem Auftraggeber oder ihren Auftragnehmern.

In der Ausführung einer Maßnahme / Problemlösungsphase ist die Methode begleitend einsetzbar:

Die strukturierte Aufnahme der Randbedingungen der Baumaßnahme, die Aufnahme der Anforderungen der Baumaßnahme an sich und dem Umfeld münden in einen vollständigen Anforderungskatalog. Die Abfrage und Anordnung anhand der 6M- Analyse erleichtert die Übersicht in der internen Bearbeitung oder in einem moderierten Workshop. Anhand der gewonnenen Übersicht können die Beziehungen der Parameter untereinander transparent dargestellt werden. Dem Planer ist es anhand der Methode möglich, die Belange der Stakeholder darzustellen und auch die Wirkungen der gewählten Gegenmaßnahmen zu verorten.

Das anschließende Ausarbeiten einer Einflussmatrix der Komplexitätstreiber ermöglicht es dem Planer, frühzeitig kritische Elemente zu erkennen und diesen die notwendige Bedeutung in der Lösungssuche zuzuweisen.

Weiterführend ist die im Komplexitätsmanagement beheimatete Methode der Entwicklung eines Wirkungsgefüges eine Maßnahme zur Darstellung der Zusammenhänge im Baustellensystem.

Dieses Geflecht ermöglicht eine Reduktion der Komplexität und bietet Möglichkeiten zur Optimierung des Planungsaufwands.

7.3 Fortführende Forschungsfelder und Fragen

In der Entwicklung und Diskussion dieser Arbeit wurden einzelne Forschungsfragen und / oder Entwicklungsfelder identifiziert. Unter anderen sind folgende Entwicklungsaufträge formuliert worden:

1. Entwicklung eines digitalen Configurators für Baulogistikkonzepte
 2. Entwicklung eines über Sensortechnik gespeisten Abbilds der Baumaßnahme / Social networked Industry / Construction
- Eine Arbeitsthese kann das Herleiten von standardisierten, modularen Baulogistikkonzepten sein. Für das wiederkehrende Wirkungsgefüge „Baustelle“ sind Konzepte zu entwickeln und zu formulieren. Diese Leistung branchenspezifisch oder sogar übergreifend (z. B. Maschinen und Anlagenbau) zu standardisieren, gilt es im ersten Arbeitsschritt zu betrachten. Sind wiederkehrend bestimmte Komplexitätstreiber für die Abwicklung von Baumaßnahmen von Bedeutung, könnten für diese standardisierten Baulogistiklösungsmodule entwickelt werden. Das Konfigurieren von Baulogistikkonzepten anhand ihrer Komplexitätstreiber reduziert den Planungsaufwand auf die maßgebenden Parameter. Ein Vergleich dieser Vorgehensweise gegenüber der marktüblichen, individuellen Planung ist für den Nachweis der Wirkung notwendig.
 - Ein Ansatz zur Forschung und Entwicklung wird in der folgenden Fragestellung formuliert: Anhand welcher Mess- und Sensortechnik kann eine Baumaßnahme mit Informationen / Daten gespeist werden oder ein digitales Abbild mit Daten versorgen? Kann daraus eine kooperative Baumaßnahme objektiv / physikalisch messbar gemacht werden?
 - Die vernetzte Logistik geht mit der Entwicklung des Internets einher; Maschinen, Anlagen und Produkte oder Bauteile mit Sensoren oder eigene Informationssystemen in das Internet zu integrieren, beschreibt den Sektor des Internet of Things (IoT). Eine Baumaßnahme anhand ihrer Komponenten (Personal, Ressourcen wie z. B. Baumaschinen) zu digitalisieren, ermöglicht den Zugang zu einer umfangreichen, möglicherweise in Echtzeit erfolgenden Fernbetreuung einer Baumaßnahme.

Der Autor verfolgt im nächsten Schritt den Transfer der entstandenen Planungsmethode in weitere Branchen (Maschinen- und Anlagenbau). Weiterhin möchte er die Methode, die bislang hauptsächlich in der Planungsphase verwendet wurde, ebenfalls in die Ausführungsphase überführen.

Ausblick

Die Forschung und Entwicklung im Bereich der Baulogistik und dem Bauprozessmanagement konzentrieren sich auf Lösungen für komplexe Großprojekte. Insbesondere innerstädtische Baumaßnahmen, wie z. B. Infrastrukturbauten für den zunehmenden Bedarf im Personenverkehr oder der weiterhin andauernde Trend der Urbanisierung wird das Bauen auch in Zukunft vor große Herausforderungen stellen.

In Deutschland wird von den Bauunternehmen und der Logistik in Zukunft eine noch schnellere und emissionsärmere Baumaßnahme erwartet werden. Für den innerstädtischen Stau bis hin zu Großprojekten, die sich über Jahre verzögern, wird die Akzeptanz der Anwohner tendenziell sinken.

Das Bauwesen und die Logistik stehen somit für die Entwicklung von Lösungen für emissionsarme Logistikkonzepte bis hin zu einer ganzheitlich optimierten Großprojektentwicklung in der Verpflichtung.

Literaturverzeichnis

- AHO e.V.:** AHO-Arbeitskreis „Baulogistik“ (2011): Leistungen für Baulogistik, Nr. 25, Bundesanzeiger Verlag, Berlin 2011. – ISBN 978-3-89817947-8
- Bäcker, D. (1998):** Einfache Komplexität, Ahlemeyer, H. W./Königswieser, R. Komplexität managen: Strategien, Konzepte und Fallbeispiele, Frankfurter Allgemeine, Frankfurt 1998
- Baumgarten, H. (2001):** Logistik im E-Zeitalter-Die Welt der globalen Logistiknetzwerke, 1. Aufl. Berlin Frankfurter Allgemeine Buch, Berlin 2008. – ISBN 978-3898430050
- Bargstädt, H-J. (2004):** HOCH & TIEFBAU 1/2.2004 Baustellentechnik – Optimierung der Planung von Baustelleneinrichtung mit 3-D-Technologien (2004)
- Beißert, U. (2012):** Constraint-basierte Simulation zur Terminplanung von Ausführungsprozessen – Repräsentation baubetrieblichen Wissens mittels Soft Constraints, Verlag der Bauhaus-Universität Weimar, Weimar
- Bisani, K. (2015):** Bauproduktionsplanung,- Steuerung, Baustelleneinrichtung, Fachbereich 02 Bauingenieurwesen, Fachhochschule München
- Bliss, C. (1998):** Management von Komplexität - Ein integrierter, systemtheoretischer Ansatz zur Komplexitätsreduktion, Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH
- Bosch, G., Rehfeld, D. (2006):** Zukunftschancen für die Bauwirtschaft – Erkenntnisse aus der Zukunftsstudie NRW, Informationen zur Rahmenentwicklung, Jg. 2006, Nr. 10
- Brand, L., Hülser, T.; Grimm, V., u. a. (2009):** Internet der Dinge - Perspektiven der Logistik. (Übersichtsstudie) Düsseldorf: VDI e.V.
- Brinckmann, R. (2008):** Baustelleneinrichtung und Baulogistik. [Buchverf.] Armin Proporowitz. Baubetrieb - Bauverfahren, Carl Hanser Verlag, München 2008.
- Budde, L. (2016):** Integriertes Komplexitätsmanagement in produzierenden Unternehmen, Difo-Druck GmbH, Bamberg 2016

- Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR) (2014):** Bericht zur Lage und Perspektive der Bauwirtschaft 2014, Bonn 2014
- Buschmann, B. (2003):** Vertragsrecht für Planer, Bauherrn und Baubetriebe, Ernst & Sohn Verlag für Architektur und technische Wissenschaften GmbH & Co. KG, Berlin.
- Clausen, U. (Hrsg.), (2005):** Baulogistik-Konzepte für eine bessere Ver- und Entsorgung im Bauwesen, Praxis Wissen, Dortmund 2006.
- Clausen, U. Dörmann, J. (2017):** Konzepte für die Kreislaufwirtschaft, Konzept zur Kreislaufführung von Abbruchmaterial im Bauwesen, Jahrbuch der Logistik 2017, unikat GmbH, 2017
- Danilovic, M.; Browning, T. (2004):** A Formal Approach for Domain Mapping Matrices (DMM) to Complement Design Structure Matrices (DSM). In: Proceedings of the 6th Design Structure Matrix (DSM) International Workshop, Cambridge. Cambridge, UK: University of Cambridge, Engineering Design Centre
- DEML, A. (2008):** Entwicklung und Gestaltung der Baulogistik im Tiefbau - Dargestellt am Beispiel des Pipelinebaus, Verlag Dr. Kovač.
- Dittmer, G. (2002):** Rationales Management – Komplexität methodisch meistern, Springer Verlag, Berlin/ Heidelberg
- Dobrindt, A. (2015):** Große Bauvorhaben meistern: Reformkommission „Bau von Großprojekten“, Public Governance Frühjahr 2015, Institut für den öffentlichen Sektor e.V. (2015)
- Dörmann, J. (2012):** Construction logistics - transparent communication as a means to success (Baulogistik - transparente Kommunikation als Mittel zum Erfolg). UnternehmerBrief Bauwirtschaft 11:3-9
- Dörmann, J. (2012a):** Minimal Invasive Construction Sites – An Approach to reduce resource consumption in a building and maintaining infrastructure, Efficiency and Logistics, U. Clausen, Michael ten Hompel, Matthias Klumpp (Eds.), Springer Verlag, Berlin / Heidelberg (2012)

- Dörmann, J. (2014):** Komplexitätsmanagement im Bauwesen, Konferenzbeitrag zum 5. VDMA Baustellentag, VDMA Frankfurt am Main (2014)
- Dörmann, J. (2015):** Komplexität in der bauleistungslogistischen Planungsphase, Konferenzbeitrag zur Last Mile Logistics Konferenz: Warum Bauleistungslogistik?, IHK Frankfurt am Main (2015)
- Ebel, G. (2011):** Vorgehensmodell für die Anforderungsanalyse in der Bauleistungslogistik, Dortmund (2012)
- Etter, M. (1998):** Baustellenlogistik für den Potsdamer Platz; Schweizer Ingenieur und Architekt, Nr. 23
- Fisch, R. und Beck D. Hrsg. (2004):** Komplexitätsmanagement, Methoden zum Umgang mit komplexen Aufgabenstellungen in Wirtschaft, Regierung und Verwaltung, Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH
- Flood, R. L., & Carson, E. R. (1988):** Dealing with complexity: an introduction to the theory and application of systems science / Robert L. Flood and Ewart R. Carson. New York, NY Plenum Press 1988.
- Frensch, A. & Funke I.:** in Brehmer, B. (1995). Feedback delays in complex dynamic decision tasks. Complex problem solving: The European perspective (pp. 103-130). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates
- Friedli, T. (2006):** Technologiemanagement – Modelle zur Sicherung der Wettbewerbsfähigkeit Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York 2006
- Funke, J. (2004):** Psychologische Erkenntnisse zum Umgang mit komplexen Problemstellungen und zu Bedingungen kreativer Problemlösungen, Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH
- Gralla, M. (2010):** Baubetriebslehre – Bauprozessmanagement, Werner Verlag, Köln
- Gross, P. (1998):** Komplexität und Option in: Ahlemeyer, H. W./ Königswieser, R. Komplexität managen: Strategien, Konzepte und Fallbeispiele, Frankfurter Allgemeine, Frankfurt 1998
- Grossmann, C. (1992):** Komplexitätsbewältigung im Management – Anleitung, integrierte Methodik und Anwendungsbeispiele Dissertation der Hochschule St. Gallen, St. Gallen 1992

- Gudehus, T. (2010):** Logistik 1 – Grundlagen, Strategien, Anwendungen, 4. Auflage, Springer Verlag, Berlin/ Heidelberg
- Günthner, W. A. und Bormann A., Hrsg. (2011):** Digitale Baustelle. Innovativer Planen, effizienter Ausführen, Springer Verlag, Berlin / Heidelberg
- Günthner, W.A., Zimmermann, T. (2008):** Logistik in der Bauwirtschaft; Bayern Innovativ Gesellschaft für Innovation und Wissenstransfer mbH, München.
- Güntzer, Karl H., Hammacher, P. (2003):** Handbuch der Auftragsabwicklung, 2. Auflage, GHC-Verlag und Seminare, Heidelberg/ Pulheim.
- Hachtel, G., Holzbaur, U. (2010):** Management für Ingenieure, Vieweg+Teubner, Wiesbaden, 2010.
- Heiserich, et al. (2011) Heiserich, O.-E.; Helbig, K.; Ullmann, W.:** Logistik. Eine praxisorientierte Einführung, Wiesbaden, Gabler, 2011.
- Hüpeden, J. (2012):** Planungsunterlagen zum Neubau des Probebühnenzentrums am Deutschen Theater Berlin, gmp Architekten und Ingenieure, interne Projektdokumente, Berlin 2012
- [Int BMJV] Bundesministerium der Justiz und Verbraucherschutz,** Gesetz zur Förderung der Kreislaufwirtschaft und Sicherung der umweltverträglichen Bewirtschaftung von Abfällen (Kreislaufwirtschaftsgesetz - KrWG) § 6 Abfallhierarchie: https://www.gesetze-im-internet.de/krwg/__6.html [Zitat vom 20.01.18]
- [Int BMJV2] Bundesministerium der Justiz und Verbraucherschutz,** Verordnung über die Bewirtschaftung von gewerblichen Siedlungsabfällen und von bestimmten Bau- und Abbruchabfällen (Gewerbeabfallverordnung – GewAbfV): https://www.gesetze-im-internet.de/gewabfv_2017/BJNR089600017.html#BJNR089600017BJNG000300000 [Zitat vom 20.01.18]
- [Int Ber] Senatsverwaltung der Stadt Berlin,** begrenzt offener Realisierungswettbewerb „Probebühnenzentrum Deutsches Theater“ : <http://www.stadtentwicklung.berlin.de/aktuell/wettbewerbe/ergebnisse/2010/probeuehnenzentrum/ausschreibung.shtml> [Zitat vom 20.01.18]

- [Int Cpc] **cpc bauleistik GmbH**: <http://www.cpc-bauleistik.de/unsere-leistungen/konzeptplanung/> [Zitat vom 20.01.18]
- [Int DBI] **Hauptverband der Deutschen Bauindustrie e.V.**: Wirtschaftszweig Bauwirtschaft [Online] <http://www.bauindustrie.de/zahlen-fakten/statistik-anschaulich/bedeutung-der-bauwirtschaft/> [Zitat vom 20.01.18]
- [Int DUD] **Duden 2017** – Definition des Begriffs Komplexität, URL: <http://www.duden.de/rechtschreibung/Komplexitaet>, [Zitat vom 20.01.18]
- [Int Eff] **Effizienzcluster Logistikruhr**: Projektbericht des Verbundprojektes „minimalinvasive Baumaßnahmen“, http://www.effizienzcluster.de/de/leitthemen_projekte/projekt.php?proPid=21 [Zitat vom 20.01.18]
- [Int Fra] **Fraunhofer IML 2017**: https://www.iml.fraunhofer.de/de/unsere_institut.html [Zitat vom 20.01.18]
- [Int GAB1] **Gabler Wirtschaftslexikon 2017**: <http://wirtschaftslexikon.gabler.de/Definition/systemtheorie.html#definition> [Zitat vom 20.01.18]
- [Int GAB2] **Gabler Wirtschaftslexikon 2017**: <http://wirtschaftslexikon.gabler.de/Definition/system.html#definition> [Zitat vom 20.01.18]
- [Int GAB3] **Gabler Wirtschaftslexikon 2017**: <http://wirtschaftslexikon.gabler.de/Definition/anspruchgruppen.html> [Zitat vom 20.01.18]
- [Int Goo] **Google Maps Aufnahme zur Verortung der Baumaßnahme in der Berliner Innenstadt**: <https://www.google.de/maps/place/Deutsches+Theater+Berlin> [Zitat vom 20.01.18]
- [Int HOAI] **Honorarordnung für Architekten und Ingenieure**: http://www.hoai.de/online/HOAI-Text/teil_2.php#10 [Zitat vom 20.01.18]
- [Int KIT] **Karlsruher Institut für Technologie**: <http://blm.ieb.kit.edu/> [Zitat vom 20.01.18]
- [Int yEd] **yWorks the diagramming company**: <https://www.yworks.com/products/yed> [Zitat vom 20.01.18]
- [Int Zep] **Zeppelin STREIF Bauleistik**: <http://www.zeppelin-streif-bauleistik.com/bauleistik/> [Zitat vom 20.01.18]

- [Int Pro] ProSite GmbH:** <http://www.prosite-baulegistik.de/leistungen/logistikplanung/> [Zitat vom 20.01.18]
- Jakoby, W. (2010):** Projektmanagement für Ingenieure, Vieweg+Teubner, Wiesbaden, 2010.
- Jomini, A. H. (2009):** Abriss der Kriegskunst - eBook, Zürich 2009.
- Jünemann, R. (1989):** Materialfluss und Logistik. Berlin 1989.
- Kersten, W.; Koppenhagen. F.; Mayer, C. M. (2004):** Strategisches Komplexitätsmanagements durch Modularisierung in der Produktentwicklung, in: Spath. D. (Hrsg.); Forschungs-und Technologiemanagement; München; S. 211-218
- Kirchhof, R. (2013):** Ganzheitliches Komplexitätsmanagement: Grundlagen und Methodik des Umgangs mit Komplexität im Unternehmen, Springer Verlag, Berlin/ Heidelberg
- Klaubert, C. (2011):** Entwicklung eines RFID-basierten Informations- und Kommunikationssystems für die Baulegistik, fml – Lehrstuhl für Fördertechnik Materialfluss Logistik, Technische Universität München, Zugleich: Dissertation, München, TU München, 2011
- Kochendörfer, B. (2010):** Bau-Projekt-Management, Vieweg+Teubner, Wiesbaden, 2010.
- Kostka, G. (2015):** Studie: Großprojekte in Deutschland – Zwischen Ambition und Realität, [Int Bau] Hertie School of Governance, Prof. Kostka, G. ; <https://www.baulinks.de/webplugin/2015/0766.php4> [Zitat vom 28.10.2017]
- Krauß, S. (2005):** Die Bauausführung in der schlüsselfertigen Bauausführung, Dissertation Berlin, Bauwerk Verlag GmbH, 2005.
- Krumm, S. (2016):** Chefsache Komplexitätsmanagement; Schuh & Co Komplexitätsmanagement, Würselen
- Lawrens, F. (2014):** Schlanke Baulegistik – Potenzialanalyse von Lean-Management-Ansätzen in der Baulegistik, Masterarbeit. ITL Institut für Transportlogistik, TU Dortmund

- Maune, G. (2002):** Möglichkeiten des Komplexitätsmanagements für Automobilhersteller auf Basis durchgehender IT-gestützter Systeme, Dissertation. [Hrsg.] Univ. Prof. Dr. Otto Rosenberg. Universität GH Paderborn, Paderborn
- Meyer, C. M. (2007):** Integration des Komplexitätsmanagements in den strategischen Führungsprozess der Logistik, Haupt Verlag, Bern- Stuttgart- Wien
- Meyer, F. (2015):** In historischer Gesellschaft – PBZ des Deutschen Theaters in Berlin, Bauwelt 15/ 2010, Bauverlag BV, Gütersloh
- Meier, J. (2007):** Produktarchitekturtypen globalisierter Unternehmen (1., Aufl.), Shaker Verlag, Aachen.
- Morgenstern, O. (1955):** Note of the Formulation of the Theory of Logistics, in: Princeton University Press, S. 129-136.
- Österreichische Bautechnik Vereinigung (2013):** Merkblatt Kooperative Projektabwicklung – Empfehlung zur erfolgreichen Umsetzung Komplexer Bauvorhaben, Starmühler Agentur & Agentur, Wien
- Pastors, P. (2002):** Einleitende Sichtweisen in die Logistik, in: Pastors P.: Logistik-Denk und Handwerkzeuge, Innovationen, logistische Erfolge, Mering
- Piller, F. T.; Waringer, D. (1999):** Modularisierung in der Automobilindustrie – neue Formen und Prinzipien Shaker-Verlag, Aachen, 1999
- Sander, H. (2007):** Varianten- und Komplexitätsmanagement in industriellen Produktionsprozessen, Diplomarbeit. [Hrsg.] Prof. Dr.-Ing. Hans-Heinrich Schleich. Leuphana Universität Lüneburg Fachbereich: Umwelt und Technik, Fachrichtung: Industrial Engineering, Lüneburg
- Sanladerer, S. (2008):** EDV-gestützte Disposition mit Telematikeinsatz und mobiler Datenerfassung in der Baulogistik, Dissertation. [Hrsg.] Univ. Prof. Dr.-Ing. Willibald A. Günthner. München: fml - Lehrstuhl für Fördertechnik Materialfluss Logistik TU München
- Scheller, T. (2017):** Auf dem Weg zur agilen Organisation, Wie Sie Ihr Unternehmen dynamischer, flexibler und leistungsfähiger gestalten, Verlag Franz Vahlen München

- Schöller, N. (2009):** Internationales Komplexitätsmanagement am Beispiel der Automobilindustrie, Dissertation [Hrsg.] Univ.-Prof. Dr. Günther Schuh, Online Bibliothek der RWTH Aachen
- Schuh, G. (2004):** „Forschung für die Produktion von morgen“ des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF), „Entwicklung eines Geschäftskonzeptes für mobile Fabriken“, Günther Schuh. Aachen, 2004, Shaker Verlag
- Schuh, G. (2009):** Beschaffungslogistik im Maschinen- und Anlagenbau, Studie – Potenziale – Trends, [Hrsg.] Prof. Dr. Günther Schuh. Aachen, 2009, Apprimus Verlag, Wirtschaftsverlag der RWTH Aachen
- Seemann, Y. F., Ebel, G (2007):** Schlüssel zur Wirtschaftlichkeit – Die fachlich geplante Baulogistik dürfte ein lohnendes Feld für Planer sein; Deutsches Ingenieurblatt, Jahrgang 2007, Ausgabe 5, S. 46-49.
- Simon, H. A. (1962):** The Architecture of Complexity. Proceedings of the American Philosophical Society, 106(6), 467–482.
- Stacey, R.D. (2002):** Strategic Management and Organizational Dynamics: The Challenge of Complexity. 4. Auflage, Financial Times/ Prentice Hall, London 2002
- Streck, S. (2010):** Leitbild Bau – Zur Zukunft des Planens und Bauens in Deutschland, Bauingenieur Band 85, Februar 2010
- ten Hompel, M.; Kerner, S. (2015):** „Logistik 4.0: Die Vision vom Internet der autonomen Dinge“. In: Informatik-Spektrum. 38 (3), S. 176–182,
- Uhl, S. (2011):** Rahmenbedingungen und Herausforderungen des Logistikmanagements in der Bauwirtschaft, in: **Günthner, W.A. und Bormann A., Hrsg. (2011):** Digitale Baustelle. Innovativer; Planen, effizienter Ausführen, Springer Verlag, Berlin/ Heidelberg
- Ulrich, H. & Probst, G.J.B. (1991):** Anleitung zum ganzheitlichen Denken und Handeln – ein Brevier für Führungskräfte, Haupt, Bern
- Vahrenkamp, R. (2005):** Logistik - Management und Strategien. 5. Aufl. München

- Vester, F. (2001):** Die Kunst des vernetzten Denkens. Ideen und Werkzeuge für einen neuen Umgang mit Komplexität. 7. Auflage. Stuttgart: Deutsche Verlags-Anstalt.
- Voigtmann, J. (2014):** Simulation bauleistungsprozesse, Weimar (2014)
- Weber, J. (2007):** Simulation von Logistikprozessen aus Baustellen auf Basis von 3D-CAD-Daten, Dissertation, Technische Universität Dortmund
- Wildemann, H. (2004):** Komplexitätsmanagement – Leitfaden zur Einführung eines durchgängigen Komplexitätsmanagements, München
- Williams, T. (2003):** Management von komplexen Projekten, Weinheim: Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA.
- Wilms, F.E.P., (2012):** Wirkungsgefüge – Einsatzmöglichkeiten und Grenzen in der Unternehmensführung, Haupt Verlag Bern Stuttgart Wien
- Wirtz, W. (2004):** „richtiger Umgang mit Komplexität“ Essay erschienen in „a3 VOLT“, Ausgabe 12/2004 S. 107-108
- Wortmann, A. (2011):** Entwicklung eines Transportkonzepts für Hochbaustellen im Rahmen der bauleistungswirtschaftlichen Abwicklung, Masterarbeit, Hochschule Bochum Fachbereich Wirtschaft, Fertigungswirtschaft und Logistik, Fraunhofer IML, Geschäftsfeld Bauleistungswirtschaft, Dortmund

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Stacey-Matrix (i. A. a. Stacey, R. D., (2002))	1
Abbildung 2: Entwicklung der technischen und wirtschaftlichen Aspekte in Bauprojekten (eigene Abbildung i. A. a. Bogner in Österreichische Bautechnik Vereinigung (öbv) (2013), S. 4 ff.)	4
Abbildung 3: Auswahl aktueller Komplexitätstreiber im Bauwesen (eigene Darstellung)	6
Abbildung 4: Problem Lösungsablauf in Bauprojektmanagement (eigene Abbildung i. A. a. Kochendörfer, B. (2010),°S. 21)	8
Abbildung 5: schematische Darstellung der Vorgehensweise der Entwicklung (eigene Abbildung)	11
Abbildung 6: Aufbau der Arbeit (eigene Darstellung)	14
Abbildung 7: Prozessentwicklung über Stückzahl und Wiederholungshäufigkeit (i. A. a. Schuh, G.(2009), S. 6)	18
Abbildung 8: Typisierung und Klassifizierung von Projekten (i. A. a. DIN 69901)	19
Abbildung 9: Zieldreieck von Projekten (i. A. a. Jakoby, W. (2010), S. 72)	20
Abbildung 10: beteiligte Akteure an einem Bauvorhaben (i. A. a.: Gralla, M. (2010), S. 9)	21
Abbildung 11: vertragliche Relationen der Akteure (i. A. a. Buschmann (2003),°S. 2 ff.)	22
Abbildung 12: steigende Komplexität in der Produktionsleistung (i. A. a. Schuh, G. (2009), S. 6)	23
Abbildung 13: Unternehmen und Umsätze im deutschen Bauhauptgewerbe nach Umsatzgrößenklassen in Prozent 2012	26
Abbildung 14: Die „6R der Logistik“ über einem Projektverlauf dargestellt (eigene Abbildung)	28
Abbildung 15: chronologische Entwicklung der Logistik in Dekadenschritten (in Anlehnung vgl. Baumgarten (2001), S. 10	30
Abbildung 16: vereinfachte Darstellung der Bereiche einer Baustelle (übernommen aus Clausen, U. (2006), S. 48)	31
Abbildung 17: logistische Prozesse im Umfeld einer Baumaßnahme (übernommen aus Bloemecke / Boenert in Wortmann, A. (2011), S. 23	32
Abbildung 18: Verortung der bauglogistischen Aufgaben in die Leistungsphasen der HOAI (übernommen aus Dingethal, C., in AHO e. V. (2011), S. 1)	34

Abbildung 19: vereinfachte Darstellung der Kostenbeeinflussbarkeit im Verlauf einer Baumaßnahme (übernommen aus Gralla, M. (2011), S. 93)	35
Abbildung 20: vereinfachte Übersicht potenzieller Projektbeteiligter (eigene Darstellung)	37
Abbildung 21: vereinfachte Darstellung des idealen Projektablaufs (i. A. a. Abbildung 8: Ebel, G. (2011), S. 23)	39
Abbildung 22: Übersicht zur Erläuterung des Stands der Technik (eigene Abbildung)	40
Abbildung 23: Vorgänge mit Optimierungspotenzial in der Bauabwicklung (i. A. a. Günthner/ Zimmermann (2008), S. 13 ff.)	43
Abbildung 24: vereinfachte Darstellung des Planungsraums (eigene Darstellung)	53
Abbildung 25: mehrstufige, vereinfachte Darstellung des bauleistungsorientierten Planungsraums (vgl. Ebel (2011), S. 26).	54
Abbildung 26: Elemente der Baustelleinrichtung (i. A. a. Brinckmann (2008), S. 215)	59
Abbildung 27: Maßnahmen zur Förderung der Kreislaufwirtschaft (i. A. a. [Int BMJV])	61
Abbildung 28: Phasen der Entwicklung (i. A. a. VDI Richtlinie 2221)	66
Abbildung 29: vereinfachte Modelldarstellung (i. A. a. Hachtel (2010), S. 13 ff.)	70
Abbildung 30: schematische Darstellung der Interaktion zwischen System und Umwelt (i. A. a. Ulrich & Probst (1991), S. 51)	71
Abbildung 31: erläuternde Darstellung zur Definition des Systems (i. A. a. Ulrich & Probst (1991), S. 51)	72
Abbildung 32: Grundelemente eines Systems zur Komplexitätsbestimmung (i. A. a. Williams, T., Management, (2003), S. 76.)	76
Abbildung 33: Einordnung von komplexen Systemen (i. A. a. (Ulrich, H. & Probst, G.J.B. (1991), S. 60)	76
Abbildung 34: vereinfachte Darstellung des Betrachtungsraums des Komplexitätsmanagement (i. A. a. Budde, L, (2016), S. 9)	77
Abbildung 35: Darstellung der Ebenen der Komplexität (i. A. a. Meyer, C.M. (2007), S. 27)	78
Abbildung 36: Funktionelles Phasenschema im Umgang mit komplexen Systemen (i. A. a. Fisch & Beck (2004) – Beck, D., S. 56)	83
Abbildung 37: vereinfachte Darstellung des Entwicklungsprozesses eines Sensitivitätsmodells (i. A. a. Vester (2001), S. 160)	84
Abbildung 38: Beispiel eines Wirkungsgefüges (eigene Darstellung)	89

Abbildung 39: Ablauf des Einsatzes der Methode (eigene Darstellung) __	93
Abbildung 40: erläuternde Darstellung des Ishikawa-Diagramms (i. A. a. [Int TQM])_____	96
Abbildung 41: Wirkungsgefüge der Beispielmaßnahme (eigene Darstellung) _____	99
Abbildung 42: nach eingehenden Einflüssen ausgerichtetes Wirkungsgefüge (eigene Darstellung)_____	100
Abbildung 43: nach ausgehenden Wirkungen ausgerichtetes Wirkungsgefüge (eigene Darstellung) _____	101
Abbildung 44: Aufnahme des Deutschen Theaters Berlin (eigene Aufnahme vom 28.01.2013) _____	103
Abbildung 45: Luftbild des Deutschen Theaters und Innenhofs [Int Goo]	105
Abbildung 46: Entwurf des Probebühnenzentrums aus zwei Perspektiven (vgl. Meyer, F. (2010): In historischer Gesellschaft – PBZ des Deutschen Theaters in Berlin [Int Ber]) _____	105
Abbildung 47: Untergliederung der Planung der bauleistungslogistischen Aufgabe (eigene Darstellung)_____	108
Abbildung 48: Einflussmatrix des „Null“-Szenarios des PBZ (eigene Darstellung) _____	110
Abbildung 49: Einflussfaktoren der bauleistungslogistischen Planungsaufgabe (eigene Darstellung) _____	110
Abbildung 50: „Null“-Szenario (ein Kran, Vorplatz als Logistikfläche) (eigene Darstellung) _____	111
Abbildung 51: Entwicklung verschiedener Maßnahmen zur Reduktion (eigene Darstellung)_____	112
Abbildung 52: Elemente der Baustelleneinrichtung [i. A. a. (Brinckmann, Ralf. (2008))] _____	144
Abbildung 53: Verortung der Baumaßnahme in ihrer innerstädtischen, prominenten Lage [Int Goo] _____	145
Abbildung 54: Aufnahmen der Makroanalyse(Verkehr/ Charité) des Umfelds der Baumaßnahme (Aufnahme des Autors (28.01.2013)) _____	146
Abbildung 55: beengte Zufahrtsituation/ Schumannstraße Berlin (Aufnahme des Autors (28.01.2013)) _____	146
Abbildung 56: Aufnahme des Innenhofs des Deutschen Theaters (Aufnahme des Autors (28.01.2013)) _____	146

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: eigens gewählte Übersicht langfristiger Trends im Bauwesen	7
Tabelle 2: eigens gewählte Beispiele für Managementmethoden	9
Tabelle 3: Herausforderungen der Bauwirtschaft	16
Tabelle 4: Gründe für eine zunehmende Komplexität	24
Tabelle 5: Phasen der HOAI	33
Tabelle 6: Gegenstände der Baulogistik (eigene Abbildung)	36
Tabelle 7: Abgrenzung dieser Arbeit zu bestehenden Lösungsansätzen	46
Tabelle 8: Einfluss- und Störgrößen einer BE Planung	64
Tabelle 9: Lastenheft der zu entwickelnden Methode	65
Tabelle 10: übergeordnete Einteilung der K-Management Methoden	79
Tabelle 11: mögliche Maßnahmen des Komplexitätsmanagements	80
Tabelle 12: Schritte zur Entwicklung des Sensitivitätsmodells	84
Tabelle 13: vereinfachte Darstellung der Einflussmatrix	85
Tabelle 14: Formeln zur Bestimmung der Aktiv- und Passivsummen der Elemente	86
Tabelle 15: Bewertungsverfahren zur Einflussmatrix	86
Tabelle 16: Elemente des Komplexitätsmanagements	87
Tabelle 17: Auswertungsmatrix zu Komplexitätstreibern	87
Tabelle 18: Musterauswertung der Muster Einflussmatrix	88
Tabelle 19: Formeln zur Bestimmung des P- und Q-Wertes der Elemente	88
Tabelle 20: Bewertungsverfahren zur Einflussmatrix	88
Tabelle 21: Erläuterungen und Beispiele der 6M-Analyse	94
Tabelle 22: Ergebnis der Diskussion der 6M Analyse	96
Tabelle 23: Beispiel einer Einflussmatrix einer innerstädtischen Baumaßnahme	97
Tabelle 24: Beispielauswertung der Einflussmatrix	98
Tabelle 25: Rahmenterminplan des Neubaus des PBZ	106
Tabelle 26: Maßnahmen zur baulogistischen Optimierung	112
Tabelle 27: Übersicht der Vorgehensweise und Entwicklungsergebnisse ggü. den angestrebten Zielen	118
Tabelle 28: Abgleich mit dem Lastenheft der Methode	119
Tabelle 29: umfassende Beschreibung der Aufgaben in der HOAI	137

Abkürzungsverzeichnis

Abkürzung	Begriff
3D	dreidimensional
AG	Auftraggeber
AN	Auftragnehmer
ATV	Allgemeine Technische Vertragsbedingungen
AVOR	Arbeitsvorbereitung
BE	Baustelleneinrichtung
BGB	Bürgerliches Gesetzbuch
HOAI	Honorarordnung für Architekten und Ingenieure
IoT	Internet of Things
KMT	Komplexitätsmanagement
MA	Mitarbeiter
max.	maximal
min.	minimal
PBZ	Probephänomenzentrum
SCM	Supply Chain Management
TGA	Technische Gebäudeausstattung
VOB	Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen
VOF	Vergabeordnung für freiberufliche Leistungen
VOL	Vergabe- und Vertragsordnung für Leistungen
ZTV	Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen

Anhang

Tabelle 29: umfassende Beschreibung der Aufgaben in der HOAI¹

Grundleistungen	Besondere Leistungen
<p>1. Grundlagenermittlung</p> <ul style="list-style-type: none"> • Klären der Aufgabenstellung • Beraten zum gesamten Leistungsbedarf • Formulieren von Entscheidungshilfen für die Auswahl anderer an der Planung fachlich Beteiligter • Zusammenfassen der Ergebnisse <p>2. Vorplanung (Projekt- und Planungsvorbereitung)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Analyse der Grundlagen • Abstimmen der Zielvorstellungen (Randbedingungen, Zielkonflikte) • Aufstellen eines planungsbezogenen Zielkatalogs (Programmziele) • Erarbeiten eines Planungskonzepts einschließlich Untersuchung der alternativen Lösungsmöglichkeiten nach gleichen Anforderungen mit zeichnerischer Darstellung und Bewertung, zum Beispiel versuchsweise zeichnerische Darstellungen, Strichskizzen, gegebenenfalls mit erläuternden Angaben • Integrieren der Leistungen anderer an der Planung fachlich Beteiligter • Klären und Erläutern der wesentlichen städtebaulichen, gestalterischen, funktionalen, technischen, bauphysikalischen, wirtschaftlichen, energiewirtschaftlichen (z. B. hinsichtlich rationeller Energieverwen- 	<ul style="list-style-type: none"> • Bestandsaufnahme • Standortanalyse • Betriebsplanung • Aufstellung eines Raumprogramms • Aufstellen eines Funktionsprogramms • Prüfen der Umwelterheblichkeit • Prüfen der Umweltverträglichkeit <ul style="list-style-type: none"> • Untersuchen von Lösungsmöglichkeiten nach grundsätzlich verschiedenen Anforderungen • Ergänzen der Vorplanungsunterlagen auf Grund besonderer Anforderungen • Aufstellen eines Finanzierungsplanes • Aufstellen einer Bauwerks- und Betriebs-Kosten-Nutzen-Analyse • Mitwirken bei der Kreditbeschaffung • Durchführen der Voranfrage (Bauanfrage) • Anfertigen von Darstellungen durch besondere Techniken, wie zum Beispiel Perspektiven, Muster, Modelle • Aufstellen eines Zeit- und Organisationsplanes • Ergänzen der Vorplanungsunterlagen hinsichtlich besonderer Maßnahmen zur Gebäude- und Bauteiloptimierung, die über das übliche Maß der Planungsleistungen hinausgehen, zur Verringerung des Energieverbrauchs sowie der Schadstoff- und CO₂-

¹ http://www.hoai.de/online/HOAI-Text/teil_2.php#10 [09.08.2017]

dung und der Verwendung erneuerbarer Energien) und landschaftsökologischen Zusammenhänge, Vorgänge und Bedingungen sowie der Belastung und Empfindlichkeit der betroffenen Ökosysteme

- *Vorverhandlungen mit Behörden und anderen an der Planung fachlich Beteiligten über die Genehmigungsfähigkeit*
- *Bei Freianlagen: Erfassen, Bewerten und Erläutern der ökosystemaren Strukturen und Zusammenhänge, zum Beispiel Boden, Wasser, Klima, Luft, Pflanzen- und Tierwelt, sowie Darstellen der räumlichen und gestalterischen Konzeption mit erläuternden Angaben, insbesondere zur Geländegestaltung, Biotopverbesserung und -vernetzung, vorhandenen Vegetation, Neupflanzung, Flächenverteilung der Grün-, Verkehrs, Wasser-, Spiel- und Sportflächen; ferner Klären der Randgestaltung und der Anbindung an die Umgebung*
- *Kostenschätzung nach DIN 276 oder nach dem wohnungsrechtlichen Berechnungsrecht*
- *Zusammenstellen aller Vorplanungsergebnisse*

3. Entwurfsplanung (System- und Integrationsplanung)

- *Durcharbeiten des Planungskonzepts (stufenweise Erarbeitung einer zeichnerischen Lösung) unter Berücksichtigung städtebaulicher, gestalterischer, funktionaler, technischer, bauphysikalischer, wirtschaftlicher, energiewirtschaftlicher (z. B. hinsichtlich rationeller Energieverwendung und der Verwendung erneuerbarer Energien) und landschaftsökologischer Anforde-*

Emissionen und zur Nutzung erneuerbarer Energien in Abstimmung mit anderen an der Planung fachlich Beteiligten. Das übliche Maß ist für Maßnahmen zur Energieeinsparung durch die Erfüllung der Anforderungen gegeben, die sich aus Rechtsvorschriften und den allgemein anerkannten Regeln der Technik ergeben

- Analyse der Alternativen/ Varianten und deren Wertung mit Kostenuntersuchung (Optimierung)
- Wirtschaftlichkeitsberechnung
Kostenberechnung durch Aufstellen von Mengengerüsten oder Bauelementkatalog
- Ausarbeitung besonderer Maßnahmen zur Gebäude- und Bauteiloptimierungen, die über das übliche Maß der Planungsleistungen hinausgehen, zur Verringerung des Energieverbrauchs sowie der Schadstoff- und

rungen unter Verwendung der Beiträge anderer an der Planung fachlich Beteiligter bis zum vollständigen Entwurf

- *Integrieren der Leistungen anderer an der Planung fachlich Beteiligter*
- *Objektbeschreibung mit Erläuterung von Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen nach Maßgabe der naturschutzrechtlichen Eingriffsregelung*
- *Zeichnerische Darstellung des Gesamtentwurfs, z. B. durchgearbeitete, vollständige Vorentwurfs- und/oder Entwurfszeichnungen (Maßstab nach Art und Größe des Bauvorhabens; bei Freianlagen im Maßstab 1:500 bis 1:100, insbesondere mit Angaben zur Verbesserung der Biotopfunktion, zu Vermeidungs-, Schutz-, Pflege- und Entwicklungsmaßnahmen sowie zur differenzierten Bepflanzung; bei raumbildenden Ausbauten: im Maßstab 1:50 bis 1:20, insbesondere mit Einzelheiten der Wandabwicklungen, Farb-, Licht- und Materialgestaltung), gegebenenfalls auch Detailpläne mehrfach wiederkehrender Raumgruppen; Verhandlungen mit Behörden und anderen an der Planung fachlich Beteiligten über die Genehmigungsfähigkeit*
- *Kostenberechnung nach DIN 276 oder nach dem wohnungsrechtlichen Berechnungsrecht*
- *Zusammenfassen aller Entwurfsunterlagen*
- *Kostenkontrolle durch Vergleich der Kostenberechnung mit der Kostenschätzung*

4. Genehmigungsplanung

- *Erarbeiten der Vorlagen für die nach öffentlich-rechtlichen Vorschriften*

CO₂-Emissionen und zur Nutzung erneuerbarer Energien in Abstimmung mit anderen an der Planung fachlich Beteiligter. Das übliche Maß ist für Maßnahmen zur Energieeinsparung durch die Erfüllung der Anforderungen gegeben, die sich aus Rechtsvorschriften und den allgemein anerkannten Regeln der Technik ergeben

- *Mitwirken bei der Beschaffung der nachbarlichen Zustimmung*

erforderlichen Genehmigungen oder Zustimmungen einschließlich der Anträge auf Ausnahmen und Befreiungen unter Verwendung der Beiträge anderer an der Planung fachlich Beteiligter sowie noch notwendiger Verhandlungen mit Behörden

- *Einreichen dieser Unterlagen*
- *Vervollständigen und Anpassen der Planungsunterlagen, Beschreibungen und Berechnungen unter Verwendung der Beiträge anderer an der Planung fachlich Beteiligter*
- *Bei Freianlagen und raumbildenden Ausbauten: Prüfen auf notwendige Genehmigungen, Einholen von Zustimmungen und Genehmigungen*
- *5. Ausführungsplanung*
- *Durcharbeiten der Ergebnisse der Leistungsphasen 3 und 4 (stufenweise Erarbeitung und Darstellung der Lösung) unter Berücksichtigung städtebaulicher, gestalterischer, funktionaler, technischer, bauphysikalischer, wirtschaftlicher, energie-wirtschaftlicher (z. B. hinsichtlich rationeller Energieverwendung und der Verwendung erneuerbarer Energien) und landschaftsökologischer Anforderungen unter Verwendung der Beiträge anderer an der Planung fachlich Beteiligter bis zur ausführungsfähigen Lösung*
- *Zeichnerische Darstellung des Objekts mit allen für die Ausführung notwendigen Einzelangaben, z. B. endgültige, vollständige Ausführungs-, Detail- und Konstruktionszeichnungen im Maßstab 1:50 bis 1:1, bei Freianlagen je nach Art des Bauvorhabens im Maßstab 1:200 bis 1:50, insbesondere Bepflanzungspläne mit den erforderlichen textlichen Ausführungen*

- Erarbeiten von Unterlagen für besondere Prüfverfahren
- Fachliche und organisatorische Unterstützung des Bauherrn im Widerspruchsverfahren, Klageverfahren oder ähnliches
- Ändern der Genehmigungsunterlagen infolge von Umständen, die der Auftragnehmer nicht zu vertreten hat

- Aufstellen einer detaillierten Objektbeschreibung als Baubuch zur Grundlage der Leistungsbeschreibung mit Leistungsprogramm*
- Aufstellen einer detaillierten Objektbeschreibung als Raumbuch zur Grundlage der Leistungsbeschreibung mit Leistungsprogramm*
- Prüfen der vom bauausführenden Unternehmen auf Grund der Leistungsbeschreibung mit Leistungsprogramm ausgearbeiteten Ausführungspläne auf Übereinstimmung mit der Entwurfsplanung*
- Erarbeiten von Detailmodellen
- Prüfen und Anerkennen von Plänen Dritter, nicht an der Planung fachlich Beteiligter auf Übereinstimmung mit den Ausführungsplänen (zum Beispiel Werkstattzeichnungen von Unternehmen, Aufstellungs- und Fundamentpläne von Maschinenlieferanten), soweit die Leistungen Anlagen betreffen, die in den anrechenbaren Kosten nicht erfasst sind

- *Bei raumbildenden Ausbauten: Detaillierte Darstellung der Räume und Raumfolgen im Maßstab 1:25 bis 1:1, mit den erforderlichen textlichen Ausführungen; Materialbestimmung*
- *Erarbeiten der Grundlagen für die anderen an der Planung fachlich Beteiligten und Integrierung ihrer Beiträge bis zur ausführungsfähigen Lösung*
- *Fortschreiben der Ausführungsplanung während der Objektausführung*

6. Vorbereitung der Vergabe

- *Ermitteln und Zusammenstellen von Mengen als Grundlage für das Aufstellen von Leistungsbeschreibungen unter Verwendung der Beiträge anderer an der Planung fachlich Beteiligte*
- *Aufstellen von Leistungsbeschreibungen mit Leistungsverzeichnissen nach Leistungsbereichen*
- *Abstimmen und Koordinieren der Leistungsbeschreibungen der an der Planung fachlich Beteiligten*

7. Mitwirken bei der Vergabe

- *Zusammenstellen der Verdingungsunterlagen für alle Leistungsbereiche*
- *Einholen von Angeboten*
- *Prüfen und Werten der Angebote einschließlich Aufstellen eines Preisspiegels nach Teilleistungen unter Mitwirkung aller während der*

*Diese besondere Leistung wird bei Leistungsbeschreibung mit Leistungsprogramm ganz oder teilweise Grundleistung. In diesem Falle entfallen die entsprechenden Grundleistungen dieser Leistungsphase, soweit die Leistungsbeschreibung mit Leistungsprogramm angewandt wird.

- Aufstellen der Leistungsbeschreibungen mit Leistungsprogramm unter Bezug auf Baubuch/ Raumbuch*
- Aufstellen von alternativen Leistungsbeschreibungen für geschlossene Leistungsbereiche
- Aufstellen von vergleichenden Kostenübersichten unter Auswertung der Beiträge anderer an der Planung fachlich Beteiligter

*Diese besondere Leistung wird bei Leistungsbeschreibung mit Leistungsprogramm ganz oder teilweise Grundleistung. In diesem Falle entfallen die entsprechenden Grundleistungen dieser Leistungsphase, soweit die Leistungsbeschreibung mit Leistungsprogramm angewandt wird.

- Prüfen und Werten der Angebote aus Leistungsbeschreibung mit Leistungsprogramm einschließlich Preisspiegel*
- Aufstellen, Prüfen und Werten von Preisspiegeln nach besonderen Anforderungen

*Diese besondere Leistung wird bei Leistungsbeschreibung mit Leistungsprogramm ganz oder teilweise Grundleistung.

Leistungsphasen 6 und 7 fachlich Beteiligten

- *Abstimmen und Zusammenstellen der Leistungen der fachlich Beteiligten, die an der Vergabe mitwirken*
- *Verhandlung mit Bietern*
- *Kostenanschlag nach DIN 276 aus Einheits- oder Pauschalpreisen der Angebote*
- *Kostenkontrolle durch Vergleich des Kostenanschlags mit der Kostenberechnung*
- *Mitwirken bei der Auftragserteilung*

8. Objektüberwachung (Bauüberwachung)

- *Überwachen der Ausführung des Objekts auf Übereinstimmung mit der Baugenehmigung oder Zustimmung, den Ausführungsplänen und den Leistungsbeschreibungen sowie mit den anerkannten Regeln der Technik und den einschlägigen Vorschriften*
- *Überwachen der Ausführung von Tragwerken nach § 63 Abs. 1 Nr. 1 und 2 auf Übereinstimmung mit dem Standsicherheitsnachweis*
- *Koordinieren der an der Objektüberwachung fachlich Beteiligten*
- *Überwachung und Detailkorrektur von Fertigteilen*
- *Aufstellen und Überwachen eines Zeitplanes (Balkendiagramm)
Führen eines Bautagebuches*
- *Gemeinsames Aufmaß mit den bauausführenden Unternehmen*
- *Abnahme der Bauleistungen unter Mitwirkung anderer an der Planung und Objektüberwachung fachlich Beteiligter unter Feststellung von Mängeln*

tion. In diesem Falle entfallen die entsprechenden Grundleistungen dieser Leistungsphase, soweit die Leistungsbeschreibung mit Leistungsprogramm angewandt wird.

- *Aufstellen, Überwachen und Fortschreiben eines Zahlungsplanes*
- *Aufstellen, Überwachen und Fortschreiben von differenzierten Zeit-, Kosten- oder Kapazitätsplänen*
- *Tätigkeit als verantwortlicher Bauleiter, soweit diese Tätigkeit nach jeweiligem Landesrecht über die Grundleistungen der Leistungsphase 8 hinausgeht*

- *Rechnungsprüfung*
- *Kostenfeststellung nach DIN 276 oder dem wohnungsrechtlichen Berechnungsrecht*
- *Antrag auf behördliche Abnahme und Teilnahme daran*
- *Übergabe des Objekts einschließlich Zusammenstellung und Übergabe der erforderlichen Unterlagen, zum Beispiel Bedienungsanleitungen, Prüfprotokolle*
- *Auflisten der Gewährungsfristen*
- *Überwachen der Beseitigung der bei der Abnahme der Bauleistungen festgestellten Mängel*
- *Kostenkontrolle durch Überprüfen der Leistungsabrechnung der bauausführenden Unternehmen im Vergleich zu den Vertragspreisen und dem Kostenanschlag*

9. Objektbetreuung und Dokumentation

- *Objektbegehung zur Mängelfeststellung vor Ablauf der Verjährungsfristen der Gewährleistungsansprüche gegenüber den bauausführenden Unternehmen*
- *Überwachen der Beseitigung von Mängeln, die innerhalb der Verjährungsfristen der Gewährleistungsansprüche, längstens jedoch bis zum Ablauf von fünf Jahren seit Abnahme der Bauleistungen auftreten*
- *Mitwirken bei der Freigabe von Sicherheitsleistungen*
- *Systematische Zusammenstellung der zeichnerischen Darstellungen und rechnerischen Ergebnisse des Objekts*

- Erstellen von Bestandsplänen
- Aufstellen von Ausrüstungs- und Inventarverzeichnissen
- Erstellen von Wartungs- und Pflegeanweisungen
- Objektbeobachtung
- Objektverwaltung
- Baubegehungen nach Übergabe
- Überwachen der Wartungs- und Pflegeleistungen
- Aufbereiten des Zahlungsmaterials für eine Objektdatei
- Ermittlung und Kostenfeststellung zu Kostenrichtwerten
- Überprüfen der Bauwerks- und Betriebs-Kosten-Nutzen-Analyse

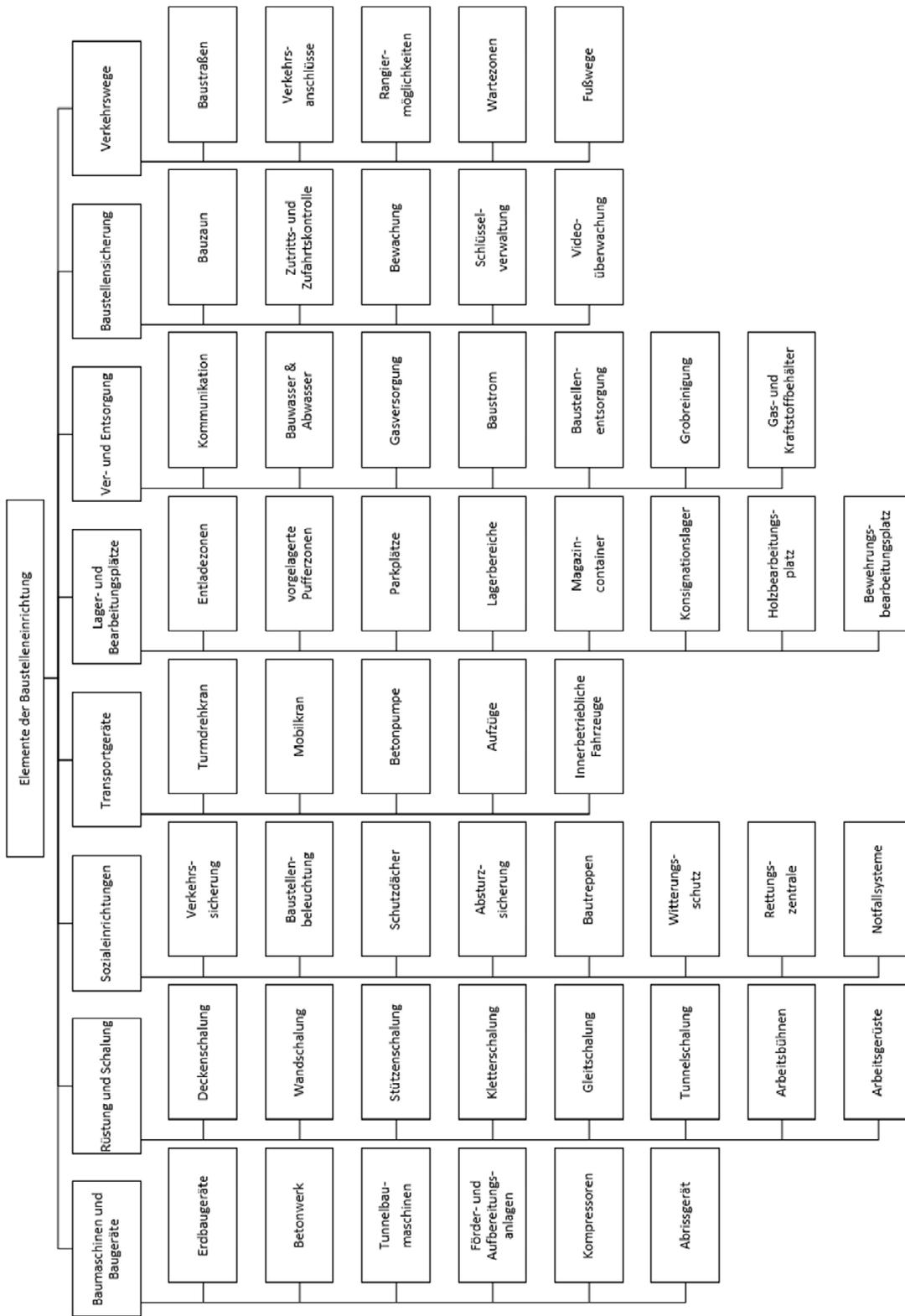


Abbildung 52: Elemente der Baustelleneinrichtung [i. A. a. (Brinckmann, Ralf. (2008))

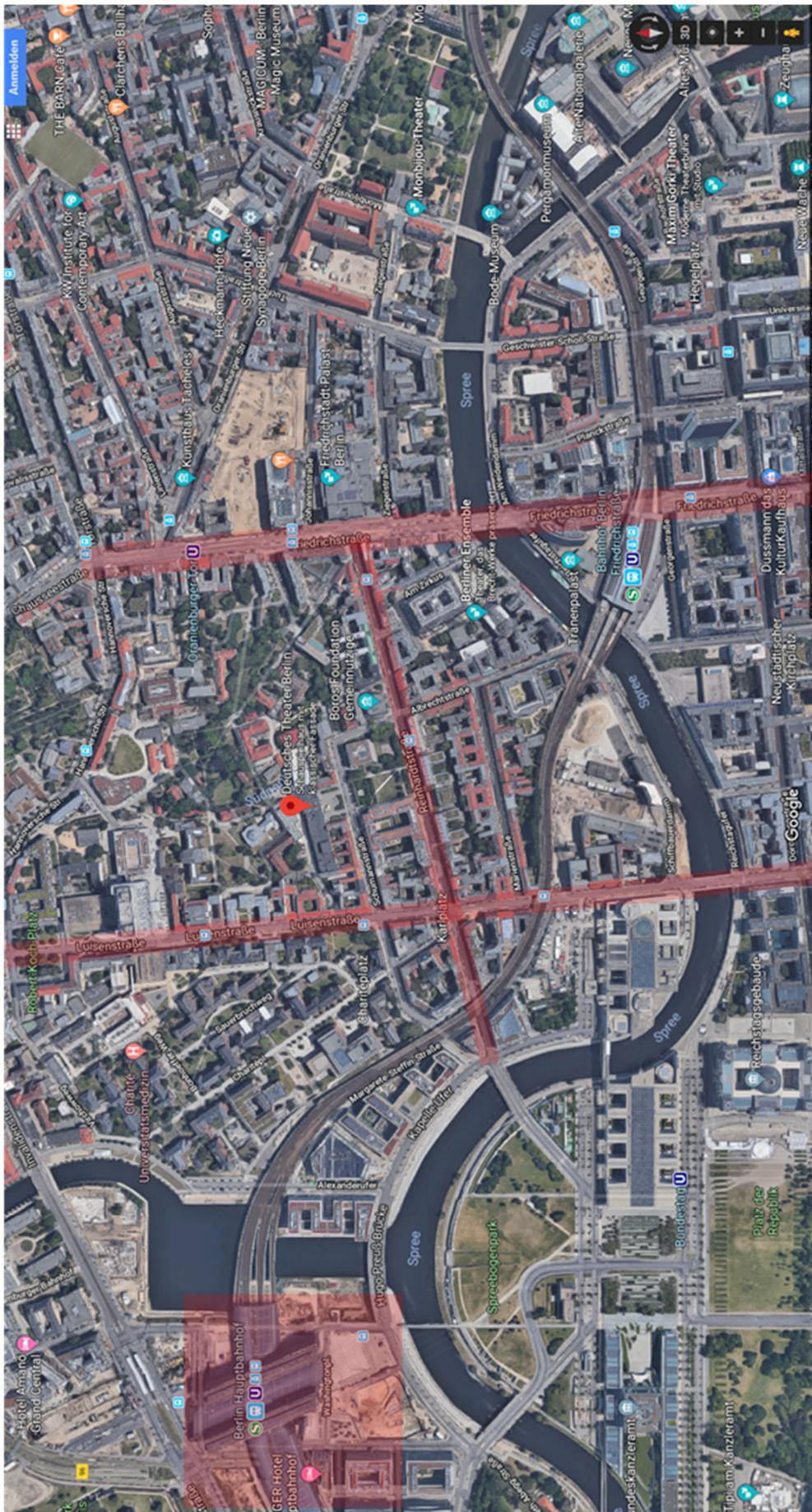


Abbildung 53: Verortung der Baumaßnahme in ihrer innerstädtischen, prominenten Lage [Int Goo]



Abbildung 54: *Aufnahmen der Makroanalyse(Verkehr/ Charité) des Umfelds der Bau-
maßnahme (Aufnahme des Autors (28.01.2013))*



Abbildung 55: *beengte Zufahrtsituation/ Schumannstraße Berlin (Aufnahme des Au-
tors (28.01.2013))*



Abbildung 56: *Aufnahme des Innenhofs des Deutschen Theaters (Aufnahme des Au-
tors (28.01.2013))*

Diese Arbeit beschreibt die Vorgehensweise der Integration des Komplexitätsmanagements in die Baulogistik mit dem Ziel, einen Ansatz zu einer ganzheitlichen Planung zu erreichen.

Baumaßnahmen sind Projekte der Losgröße 1. Kein Bauwerk ist dem Anderen gleich oder wird unter exakt denselben Bedingungen erstellt. Mit zunehmendem Wettbewerb, Komplexität und Diversifikation der Gewerke ist der logistische Aufwand während der Bauphase in den letzten Jahren rapide gestiegen. Bisher wurde die Planung der Baulogistik als Nebendisziplin wahrgenommen und zumeist nur bei kritischen Projekten berücksichtigt.

Ziel dieser Arbeit ist die Entwicklung eines Verfahrens zur Integration des Komplexitätsmanagements in die Planung der Baulogistik einer jeden Baumaßnahme.

Aus der individuellen Baumaßnahme leiten sich sowohl der Bedarf als auch das Verfahren der Planung der konkreten logistischen Maßnahmen ab.

Sowohl der Über- als auch der Unterdimensionierung der einzusetzenden Technologien wie auch Ressourcen soll anhand einer Abfragemethodik vorgebeugt werden. Eine strategische Projektanfrage ermöglicht die Klassifikation eines Bauprojektes hinsichtlich seines Grades der Komplexität und gibt Aufschluss über das zu entwickelnde Logistikkonzept. Anhand des Transfers verschiedener Modelle wird eine Vorgehensweise zur Planung des projektspezifischen Baulogistikkonzepts entwickelt.

ISBN 978-3-8396-1428-0



9 783839 614280