

Forschungsprojekt

am

Fachgebiet Baubetrieb und Bauwirtschaft

im Sommersemester 2020

zum Thema:

„Inwiefern findet Lean im Bauprozess Anwendung und welche Projektphasen profitieren davon am meisten?“

Autor: Robert Czopek (3519667)

Betreuung: Gastprofessor Dirk Krutke

Monika Frenzel

Cottbus, 21.08.2020

Inhaltsverzeichnis

INHALTSVERZEICHNIS.....	II
ABBILDUNGSVERZEICHNIS	III
TABELLENVERZEICHNIS	IV
ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS.....	V
1 EINLEITUNG	1
2 KLASSISCH, AGIL UND LEAN	2
2.1 Klassisches Projektmanagement.....	2
2.2 Agiles Projektmanagement	3
2.3 Lean Management	5
2.4 Die Entstehung von Lean – das Toyota-Produktionssystem	6
2.5 Vielfache Verwendung von Lean	8
3 ANWENDUNG DES LEAN MANAGEMENTS IM BAUPROZESS.....	9
3.1 Bau- vs. Produktionsprozess	9
3.2 Lean-Construction	11
3.3 Anwendung von Lean im Bauprozess	13
4 ERGEBNISSE.....	29
5 FAZIT	36
6 AUSBLICK.....	37
7 LITERATURVERZEICHNIS.....	VI
8 SELBSTSTÄNDIGKEITSERKLÄRUNG	XIII

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Scrum-Ablauf	3
Abbildung 2: Lean-Philosophie	7
Abbildung 3: Fünf Fragen Methode.....	26
Abbildung 4: Auswertung der Methodencharakteristika.....	29
Abbildung 5: Beispiel für eine optimale Verwendung der LC-Methoden	30
Abbildung 6: Studie zur Lean-Intensität.....	31
Abbildung 7: Studie zur Designqualität.....	32

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Untersuchung der Auswirkungen der LC-Methoden auf Projektphasen 33

Abkürzungsverzeichnis

Abkürzung	Bedeutung
5F	Fünf Fragen Methode
BGB	Baugesetzbuch
BIM	Building-Information-Modellings
GU	Generealunternehmer
HOAI	Honorarordnung für Architekten und Ingenieure
IPD	Integrated Project Delivery
IPDS	Intergated Project Delivery System
IPD-Team	Integriertes Projektabwicklungsteam
KPI	Key-Performance-Indikatoren
KVP	Kontinuierlicher Verbesserungsprozess
LBMS	Location-Based Management Systeme
LBS	Location-Based Scheduling
LC	Lean Construction
LCI	Lean Construction Institut
LCM	Lean Construction Management
LM	Lean Management
LPDS	Integrated Project Delivery
LPH	Leistungsphasen
LPS	Last Planer System
LV	Leistungsverzeichnis
OTP	On-Time-Performance
PM	Projektmanagement
SFB	Schlüsselfertigbau
SiGeKo	Sicherheits- und Gesundheitskoordinator
TPS	Toyota Production System (deutsch: Toyota Produktionssystem)
TPTS	Taktplanung und Taktsteuerung
TVD	Target Value Design
VOB	Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen

1 Einleitung

Die Bauwirtschaft kann sich der immer schnelllebigeren Welt nicht mehr entziehen. Viele Projekte werden aufgrund der an sie gestellten, höheren Ansprüche schlichtweg komplexer. Standards des Arbeits- und Gesundheitsschutzes, die schärferen Umweltschutzmaßnahmen, steigende Bedürfnisse der Bewohner sind nur drei, der vielen Dinge, welche die Komplexität der Projekte steigern. Die erhöhte Komplexität zieht außerdem eine Baukostensteigerung mit sich. Auch der Fachkräftemangel verstärkt dieses Phänomen. Für Unternehmer ist es z.B. besonders schwer Nachunternehmer zu finden und diese mit genügend Vorlauf für Projekte zu verpflichten. Das macht viele Bauprojekte sehr volatil und deswegen ist auch der Ausgang dieser nur schwer vorherzusehen. Aufgrund der vielen Faktoren ist es für Bauunternehmen schwieriger geworden, eine ausreichende Gewinnmarge zu erzielen. So setzt der boomende Wohnungsmarkt Unternehmer vor neue Herausforderungen. Die klassischen Managementmethoden sind für viele Unternehmer deshalb nicht effizient genug, um mit der Konkurrenz mithalten. Nun verspricht Lean genau in solchen Fällen Abhilfe zu schaffen, die Reaktionsgeschwindigkeit der Projektbeteiligten zu verbessern sowie für eine höhere Transparenz zu sorgen. Es besteht die Frage, warum sich Lean von anderen Projektmanagementmethoden so stark absetzt. Ferner wird in dieser Arbeit beleuchtet, inwiefern Lean im Bauprozess Anwendung findet und welche Projektphasen davon am meisten profitieren.

2 Klassisch, agil und Lean

„Heute ist Lean Management ein Eckpfeiler moderner Unternehmensführung.“¹ – solche Aussagen sind heutzutage in aller Munde. Es resultiert zunächst die Frage, was genau unter dem Begriff Lean zu verstehen ist. Um außerdem ein Verständnis dafür zu entwickeln, wieso Lean eine immer größere Rolle in der Planung spielt, muss man sich zunächst mit den ursprünglichen Zwängen auseinandersetzen, die zur Etablierung von Lean geführt haben. Im Allgemeinen unterscheidet man im Projektmanagement (PM) zwischen klassischen und agilen Managementmethoden. Lean wird häufig fälschlicherweise zu den agilen Managementmethoden zugeordnet.² Nachfolgend werden kurz die wesentlichen Merkmale des klassischen und agilen PMs sowie derer Methoden beschrieben. Ferner wird der Begriff Lean von den vorgenannten Typen des PMs abgegrenzt.

2.1 Klassisches Projektmanagement

Das klassische PM entstand bereits in den 30er Jahren. Das erste Projekt, welches mithilfe dieser Methode durchgeführt wurde, war der Bau des Hoover Damms in den USA. Parallel wurde das wichtigste Tool des klassischen PM entwickelt: das Gantt-Diagramm. Dieses stellt ein Zeitplanungsinstrument dar. Das klassische PM ermöglicht es bei großen Projekten, durch intensive Planung am Anfang des Projektes, eine Struktur zu schaffen und komplizierte Aufgaben in handhabbare kleine Teilschritte zu gliedern.^{3 4} Im Rahmen des klassischen PMs ist häufig die Rede vom Wasserfallmodell. Der Begriff Wasserfallmodell wurde erstmals von Herbert D. Benington im Jahre 1956 verwendet.⁵ Es beschreibt ein lineares Vorgehen bei der Durchführung von Projekten. Dabei wird das Projekt in Phasen gegliedert und diese werden eine nach der anderen abgearbeitet. Wichtig für die erfolgreiche Arbeit in Projekten, die nach dieser Methode durchgeführt werden, ist die Tatsache, dass die Phasen nicht simultan bearbeitet werden. Bezogen auf ein Bauprojekt bedeutet das, dass nach Abschluss der Planungsphase die Ausschreibungsphase beginnt und erst danach mit der Bauphase begonnen werden darf. In der Theorie wird gesagt, dass nach der Planungsphase am Anfang eines Projekts keine Änderungen mehr an der Planung vorgenommen werden sollen. Es ist festzuhalten, dass in der Praxis ein ideelles Wasserfallmodell häufig nicht funktionieren kann. Allzu oft kommt es zu Überschneidungen unterschiedlicher Projektphasen. Aber auch Nachbesserungen des Plans sind oft nicht vermeidbar, wenn neue Erkenntnisse zutage kommen, die Änderungen notwendig machen. Planungsanpassungen im Nachgang sind ferner im Bauwesen oftmals nicht vermeidbar⁶. Dennoch wird oft nach dem Wasserfallmodell vorgegangen. Die Leistungsphasen

¹¹ (Diehl 2019, S. 5)

² (Špundak 2014, S. 1)

³ (Young Kwak 2013, S. 258)

⁴ (Kusay-Merkle 2018, S. 24)

⁵ (Knott 2014, S. 28)

⁶ (K. Bayer 2019)

(LPH) der Honorarordnung für Architekten und Ingenieure (HOAI)⁷ werden außerdem nach diesem Prinzip gegliedert.^{8 9}

2.2 Agiles Projektmanagement

Das agile PM setzt im Vergleich zum klassischen PM das Hauptaugenmerk auf das iterativ-inkrementelle Vorgehen in Projekten. Der Ursprung des agilen PMs liegt im Bereich der Softwareentwicklung und zielt darauf ab, dem Kunden in einem komplexen Umfeld innerhalb kürzester Zeit ein funktionierendes Produkt zu erstellen.¹⁰ Eine der am häufigsten angewendeten agilen PM-Methoden ist Scrum¹¹. Dabei wird zuerst eine Produktvision durch den Product Owner verfasst¹², die die Bedürfnisse des Kunden und die Produkteigenschaften der zu entwickelnden Lösung sowie den Mehrwert für den Kunden beschreibt.¹³ Die Produktvision dient dem Projektteam sowie dem Kunden als Orientierungshilfe im Laufe des Projekts. Ein agiles Projekt wird iterativ durchgeführt. Dafür werden feste Zeitintervalle definiert, die in vielen agilen Rahmenwerken Sprints heißen und maximal vier Wochen lang sind.¹⁴ Während jedes Sprints finden Daily Scrum-Meetings von maximal 15 Minuten statt. Dieses Meeting findet immer zur selben Zeit und am selben Ort statt. In diesem werden die Aufgaben besprochen, welche innerhalb von 24 Stunden zu bearbeiten sind.^{15 16}

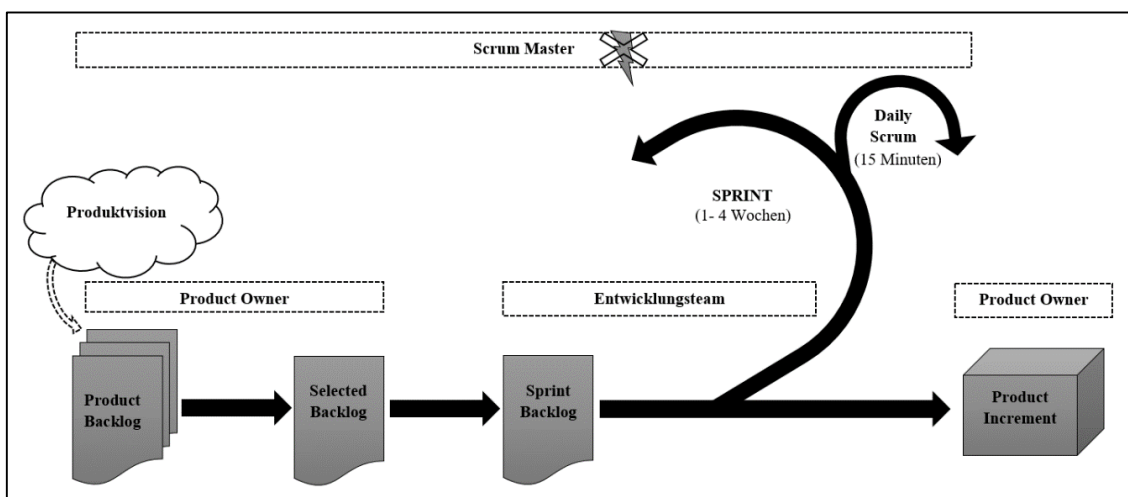


Abbildung 1: Scrum-Ablauf¹⁶

Am Anfang eines jeden Sprints werden vom Team selbstorganisierte Planungen basierend auf einer im Vorhinein priorisierten Liste an Anforderungen, ein sogenanntes Product Backlog, vorgenommen, die im jeweils aktuellen Sprint umgesetzt werden sollen. Der Product Owner ist der Verantwortliche für das Product Backlog. Er priorisiert ferner die aufgelisteten Anforderungen, um eine Konzentration auf das Wesentliche zu ermöglichen. Die am höchsten priorisierten

⁷ (HOAI 2013, §34,39,43,47)

⁸ (Kühl 2016, S. 42)

⁹ (Habermann 2013, S. 94);

¹⁰ (Gehrig 2018)

¹¹ (Komus 2018)

¹² (Zotschew 2012)

¹³ (Kusay-Merkle 2018, S. 113)

¹⁴ (Schoeneberg 2014, S. 104)

¹⁵ (Roock 2015, S. 7)

¹⁶ (Stein 2018, S. 18)

Aspekte werden am weitesten oben auf die Liste geschrieben.¹⁷ Daraufhin werden die wichtigsten Anforderungen in das sogenannte Selected Backlog übertragen. Dieses beinhaltet alle Inhalte, welche der Product Owner tatsächlich im Sprint realisiert haben möchte.¹⁸ Folgend stellt er dem Entwicklungsteam dieses Dokument vor. Das Team schätzt den Aufwand der Inhalte dieses Backlogs und entscheidet eigenständig, welche bzw. wie viele der priorisierten Anforderungen im Sprint umgesetzt werden. Diese werden in dem sogenannten Sprint Backlog aufgelistet.¹⁹ Diese Sprint-Planungen sind Grundlage des selbstorganisierten Arbeitens des Entwicklungs-teams, die bis Sprintende ein funktionierendes Teilprodukt, ein sogenanntes Produktinkrement, entwickeln. Am Sprintende werden die erzeugten Ergebnisse des Projektteams zusammen mit dem Kunden und anderen eingeladenen Stakeholdern im Rahmen eines Reviews evaluiert. In diesen Reviews werden nicht nur die entwickelten Produktinkremente evaluiert, sondern es wird auch das Product Backlog mit den verbliebenen Anforderungen überprüft und ggf. angepasst. Bei Änderungen der Kundenwünsche im Projektverlauf kann so schnell vonseiten des Projektteams reagiert werden. Fehlende Anforderungen können bei diesem Vorgehen einfach hinzugefügt werden sowie obsolet gewordene Anforderungen aus der Anforderungsliste herausgenommen werden. Auch wenn bestehende Anforderungen im Product Backlog aufgrund von Änderungswünschen des Kunden angepasst werden müssen, ist dies einfach umzusetzen.²⁰ Wie in Abbildung 1 zu sehen ist, beinhaltet das Scrum-Team ferner einen Scrum Master. Dieser ist dafür zuständig, dass ein geordnetes und zielführendes Vorgehen erfolgt. Außerdem leitet dieser das Team an, sodass es konkret weiß, was es wie zu tun hat.²¹

Voraussetzung für eine erfolgreiche Implementierung einer solchen Vorgehensweise sind das Gewähren von Freiheiten des Projektteams zum selbstorganisierten Arbeiten sowie die Einhaltung der zum Projektanfang definierten Produktvision, die als Orientierungshilfe dient. Durch das agile Arbeiten kommt es zur stetigen Verbesserung des zu erzeugenden Produktinkrements. Dazu wird die Kommunikation in eng definierten Bahnen zwischen Projektteam und Auftraggeber gefördert und gefordert, um einen engen Austausch zu ermöglichen. Das Feedback des Auftraggebers am Ende einer jeden Iteration hilft dem Projektteam dabei zu reflektieren und das weitere Vorgehen im Sinne des Auftraggebers anzupassen.²² Neben Scrum gehört auch Kanban zu den häufigsten verwendeten Rahmenwerken des agilen PMs.²³ Der japanische Begriff bedeutet übersetzt Karte bzw. Beleg. Darunter ist ein Informationssystem zu verstehen, welches die Produktionsprozesse effizient sowie harmonisch steuert. Zur Informationsübertragung werden Karten verwendet, welche zwischen Verbrauchern und Produzenten pendeln. Heutzutage stellt Kanban nicht ausschließlich ein Informationssystem dar. Vielmehr ermöglicht dieses Instrument die Optimierung der gesamten Prozesse in einem Unternehmen.²⁴

¹⁷ (Schwaber und Sutherland 2017, S. 6)

¹⁸ (Kottenhagen 2013)

¹⁹ (Zotschew 2012)

²⁰ (Schoeneberg 2014, S. 230, 77-79)

²¹ (Roock 2015, S. 8)

²² (Schoeneberg 2014, S. 80)

²³ (Komus 2018)

²⁴ (Geiger, Hering und Kummer 2020, S. 10, 14)

2.3 Lean Management

Lean Management setzt dort an, wo die vorgenannten Vorgehensweisen (s. 2.1 und 2.2) an ihre Grenzen stoßen. Lean bedient sich zwar vieler agiler Managementtools, jedoch spielen auch klassische Managementtools in der Lean Welt eine wichtige Rolle. Sowohl klassische als auch agile Managementmethoden beschäftigen sich mehr mit der Frage wie man Arbeitsabläufe optimal ausrichtet. Lean hingegen beschäftigt sich damit, wie eine höhere Wertschöpfung schneller erzielt wird. Lean ist zudem kein einzelnes Rahmenwerk, sondern eher ein auf der Lean-Philosophie basierender Methodenkoffer. Lean stellt somit einen Überbegriff dar und beinhaltet viele Rahmenwerke, welche derselben Philosophie folgen. Der Lean Begriff wurde erstmals 1988 in dem Artikel „The Triumph of the Lean Production System“ erwähnt und wurde von James Womack, Daniel Jones und Daniel Roos, welche Forscher am Massachusetts Institute of Technology (MIT) waren, verfasst.²⁵ Diese haben in dem Artikel Produktionssysteme untersucht, vor allem im Hinblick auf das Toyota Produktionssystem (TPS), welches die Vorzüge eines Lean Managementsystems deutlich machte. Dabei ist Lean eine Philosophie, in der die Wertschöpfungsketten optimiert werden und dadurch der Gewinn maximiert werden soll. Dies wird vor allem durch Vermeidung von unnötigem Aufwand und Verschwendung erreicht.²⁶

Die Lean-Philosophie (Lean-Thinking) basiert auf fünf Prinzipien, welche denselben Grundgedanken haben:

1) Werte identifizieren

Zuerst müssen die Bedürfnisse des Kunden erkannt und der Wert, welcher für den Kunden entstehen kann, muss verstanden werden. Daraus kann man schließen, wie das eigene Unternehmen direkt oder indirekt an den Bedürfnissen profitieren kann.

2) Wertströme verstehen

Im zweiten Schritt muss erkannt werden, welche Tätigkeiten und Aktivitäten für die Wertschöpfung des Unternehmens notwendig sind. Dabei sind die Wertströme genau zu analysieren. Dadurch kommt ein Verständnis dafür auf, welche Prozessschritte tatsächlich notwendig sind, um Verschwendung Schritt für Schritt zu minimieren oder idealerweise sogar zu eliminieren.

3) Arbeitsfluss (Work-Flow) erzeugen

Alle notwendigen Aktivitäten, welche der Wertschöpfung dienen, sollen so angeordnet werden, dass diese möglichst frei von Verschwendung durchgeführt werden können. Das beste Mittel zur Vermeidung von Verschwendung ist eine konsequente Vernetzung der Tätigkeiten. Diese sollte in Absprache mit allen Teambeteiligten entstehen, so dass keine Missverständnisse entstehen und alle Aktivitäten stets synchron sind. Ein weiterer wichtiger Aspekt, welcher Verschwendung vermeidet, ist die Automatisierung von regelmäßig wiederkehrenden Arbeitsabläufen.

²⁵ (Krafcik 1988)

²⁶ (Keith 2018)

4) Die Einführung des Pull-Prinzips

Beim Pull-Prinzip wird die Warenerstellung bzw. Leistungserbringung eines Prozessschrittes erst auf Nachfrage des in der Wertschöpfungskette agierenden Nachfolgers angestoßen. Das Pull-Prinzip ist somit ein weiterer wesentlicher Bauteil, der Verschwendung und überflüssige Arbeit vermeidet.

5) Nach Perfektion streben

Das letzte Lean-Prinzip fordert das Streben nach Perfektion. Jedes System hat Schwächen. Diese kontinuierlich zu erkennen und auszumerzen ist Voraussetzung für das erfolgreiche Arbeiten mit Lean Managementmethoden. Jedem Beteiligten an der Wertschöpfungskette muss dabei bewusst sein, dass sich das Unternehmen in einen kontinuierlichen Lernprozess befindet und jeder daran arbeitet, Abläufe bei der Leistungserbringung und die Qualität der Arbeitsergebnisse langfristig zu optimieren. Dieses Prinzip der iterativen Verbesserungen ist so auch in den agilen PM-Methoden vorzufinden. Im TPS nennt man dieses Streben nach Perfektion Kaizen (japanisch, steht für Veränderung zum Besseren).²⁷

2.4 Die Entstehung von Lean – das Toyota-Produktionssystem

Das Toyopet Crown Automobil wurde von Toyota im Jahr 1957 auf den US-Markt eingeführt und hatte dort bei den Autofahrern keinen guten Ruf. Zu der damaligen Zeit konnte sich Toyota bei weitem nicht gegen die US-Konkurrenz von z.B. General Motors (GM) und Chrysler durchsetzen. Aber auch Autos aus europäischer Produktion, wie der Volkswagen (VW) Käfer waren zu dieser Zeit dem japanischen Hersteller technisch weit voraus und in den USA sehr beliebt. Toyota dagegen galt als zu untermotorisiert, unsicher, unbequem und im Vergleich zu den europäischen Autos außerdem zu teuer.^{28 29 30}

Die Lean-Philosophie wurde somit aus einer Notwendigkeit heraus entwickelt, um den Rückstand zur amerikanischen Konkurrenz aufzuholen. Der Durchbruch ist vor allem auf einem Toyota-Projektentwickler zurückzuführen - Taiicho Ohno. Nach Ende des Zweiten Weltkriegs hat er schrittweise das Toyota-Production-System (TPS) eingeführt und verhalf dem Unternehmen zu einer neuen Blütezeit.³¹

Kern der Philosophie des TPS ist das Erzeugen von einem möglichst hohen Mehrwert für den Kunden und dabei jegliche Verschwendung zu minimieren. Dieses Wertstromoptimierungsprinzip basiert auf zwei Säulen: auf dem Jidōka- und dem Just-in-time-Prinzip. Jidōka steht für intelligente Automatisierung und bedeutet, dass intelligente Verknüpfungen zur Qualitätssicherung sowie Fehlererkennung, -behebung und -vermeidung geschaffen werden. Diese Verknüpfungen müssen eine vollständige Prozesskontrolle ermöglichen und sind Grundlage einer funktionierenden vollständigen Automatisierung. Das Just-in-Time-Prinzip ist wiederum dafür

²⁷ (Diehl 2019)

²⁸ (CNN - 50 years of Toyota in the U.S. 2007)

²⁹ (Toyota kein Datum)

³⁰ (Toyota 2010)

³¹ (Ohno 1978)

verantwortlich ressourcensparend zu arbeiten. Dabei geht es einerseits um die Vermeidung der Überproduktion, welche über das Einführen eines Pull-Systems erreicht wird, wie auch das Erzeugen eines kontinuierlichen Güterflusses. Denn nur dieser ermöglicht eine fortlaufende und störungsfreie Produktion.³²

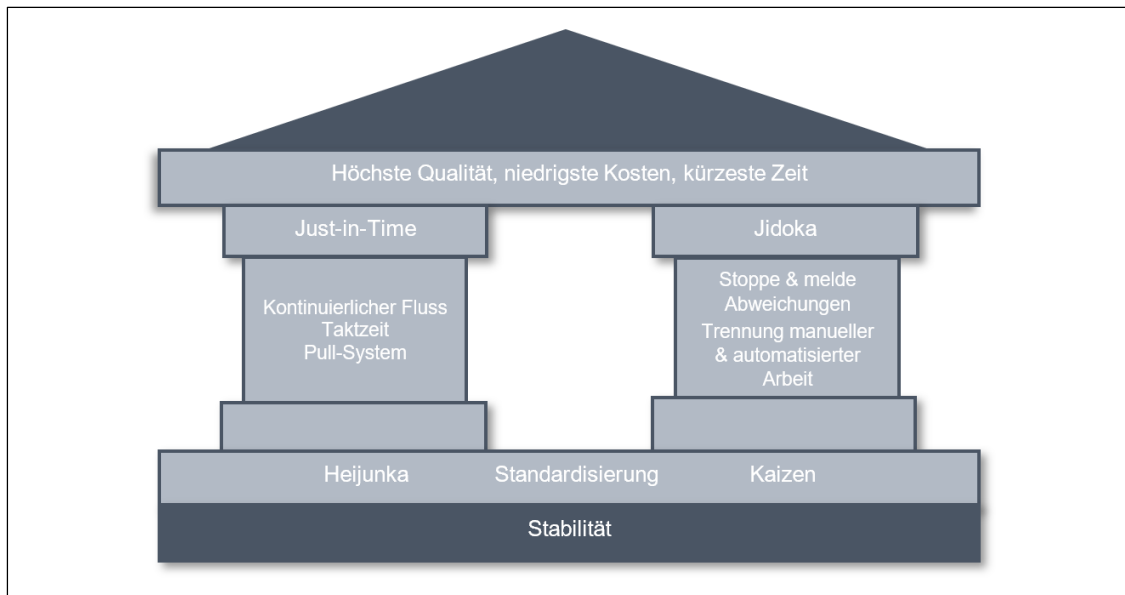


Abbildung 2: Lean-Philosophie³²

Das Just-in-Time-Prinzip wird zudem durch den Heijunka-Gedanken gefördert. Die Produktion wird dabei auf Basis von Marktforschung sowie bereits vorhandener Verkaufszahlen dimensioniert, um damit Überproduktion zu vermeiden. Ferner muss eine flexible Produktionsumstellung möglich sein, um auf Marktschwankungen schnell reagieren zu können. Das zentrale Element des TPS ist jedoch die Einstellung des Teams. Dieses muss im Allgemeinen immer danach streben das System zu verbessern, so dass es auch bei Problemen stabil bleibt, sowie weitere Verschwendung stetig minimiert wird. Dazu stehen dem Team auch verschiedene visuelle Methoden zur Projektsteuerung zur Verfügung. Die wichtigste Methode, welche zusammen mit dem TPS entwickelt wurde, ist Kanban. Diese Methode, die sowohl im Prozessmanagement eingesetzt wird als auch als agile PM-Methode, dient dazu, selbstorganisiertes Arbeiten eines Teams zu ermöglichen und Engpässe frühzeitig zu identifizieren. Eines der wichtigsten Tools dafür ist das Kanban Board. Es dient zur Prozessvisualisierung und kann sowohl Abläufe innerhalb eines Prozesses als auch innerhalb eines Projekts darstellen. Kanban Boards werden im TPS dazu genutzt, um Aufgaben innerhalb eines Arbeitsflusses sichtbar zu machen, Verantwortlichkeiten zur Abarbeitung von Aufgaben mittels Pull-Prinzip festzulegen und Abhängigkeiten darzustellen. Mithilfe eines Kanban Boards werden jegliche Veränderungen schnell transparent gemacht, so dass die Projektbeteiligten immer auf dem neusten Stand sind.^{33 34 35} Der konzeptionelle Aufbau der Lean Philosophie wird in der Abbildung 2 gezeigt.

³² (P. Bayer 2007), (Lean Enterprise Institute, Inc. 2020)

³³ (Ohno 1978, S. 2,5)

³⁴ (P. Bayer 2007)

³⁵ (Erne 2019, S. 1-5,55-59)

2.5 Vielfache Verwendung von Lean

Über die Jahre hinweg hat sich der Lean Gedanke erweitert und findet nicht mehr nur in der Produktion Anwendung. Dabei ist eine ganze Palette an Lean Rahmenwerken entstanden, welche wiederum branchenspezifische Methoden beinhalten:

- Lean Thinking - Grund-Prinzipien³⁶
- Lean Administration - Auftragsabwicklung und administrative Prozesse³⁷
- Lean Banking - Die Anwendung des Lean Management bei Kreditinstituten³⁸
- Lean Development - Produktentwicklung, Forschung und Entwicklung³⁹
- Lean Healthcare - Krankenhausmanagement und Gesundheitswesen⁴⁰
- Lean Laboratory - Optimierung von Qualitätskontrollen sowie Forschungs- und Entwicklungslaboren.⁴¹
- Lean & Green Management - Nachhaltigkeit und Ressourceneffizienz⁴²
- Lean Leadership - Strategische Unternehmensführung und Führung⁴³
- Lean Logistics / Lean Supply Chain - Logistik und Wertschöpfungsmanagement⁴⁴
- Lean Production – Herstellung und Fertigung⁴⁵

Auch im Bereich Bauprozess hat sich die Lean-Philosophie verbreitet und führte zur Etablierung der Lean Construction (LC). LC beinhaltet viele Methoden, welche speziell zum Management von Bauvorhaben geeignet sind.

³⁶ (Wille 2015)

³⁷ (Hans Georg Tegethoff 1995)

³⁸ (Linseisen 1995)

³⁹ (Holst 1995)

⁴⁰ (Beyerlein 2020)

⁴¹ (Pamela Mazzocato 2010)

⁴² (Davim 2017)

⁴³ (Uwe Dombrowski 2012)

⁴⁴ (Günthner 2013)

⁴⁵ (Jansen 1993)

3 Anwendung des Lean Managements im Bauprozess

3.1 Bau- vs. Produktionsprozess

Es ist wichtig zu betonen, dass sich der Bauprozess vom Produktionsprozess, trotz vieler Parallelen, grundsätzlich unterscheidet. Ein Bauprozess wird immer in einer Projektumgebung etabliert. Dagegen ist die Produktion im produzierenden Gewerbe Teil eines Produktionsprozesses außerhalb einer Projektumgebung. Zum besseren Verständnis der jeweiligen Umgebungen der Prozesse ist es sinnvoll, die Kerneigenschaften eines Projekts zu kennen. Der Projektbegriff wird in den DIN-Normen DIN 69901-5 (PM und Projektmanagementsysteme) und DIN ISO 21500 (Leitlinien PM) definiert, aber auch durch Organisationen, wie z.B. das Project Management Institute (PMI). Folgende Punkte charakterisieren ein Projekt: ⁴⁶

- Änderungsinitiierung,
- Einmaligkeit der Prozesse und Ergebnisse oder der gesamten Bedingungen,
- Multidisziplinarität, welche sich vor allem auf die Größe des Projektes bezieht,
- Organisiertheit,
- Risikobehaftetheit,
- Wertschöpfungsorientierung,
- Zeitliche Begrenzbarkeit,
- Ziel- und Ergebnisorientierung,
- u.ä.⁴⁷

Bei Betrachtung dieser Projekteigenschaften trifft vor allem der Aspekt der Einmaligkeit nicht auf die Produktion zu. Bei der Produktion handelt es sich nämlich fast immer um eine Serienfertigung eines bestimmten, im Laufe der Produktion nicht zu veränderten Produkts. Bauprojekte sind dagegen aufgrund der sich immer wechselnden Verortung sowie der speziellen Anforderungen eines jeden Bauherrn fast immer eine Einzelanfertigung. Nur selten kommt es vor, dass es sich um eine Reihenfertigung handelt. Diese Tatsache erschwert die Anwendung der konventionellen Lean Production-Methoden und führt dazu, dass z.B. das TPS, nicht eins zu eins auf Bauprojekte übertragen werden kann. ^{48 49}

Außerdem kann eine Baustelle als Arbeitsplatz nicht mit einer Produktionshalle gleichgesetzt werden. Bei Betrachtung der verschiedenen vorgenommenen Tätigkeiten auf einer Baustelle kann man Ähnlichkeiten, zu denen in der Produktion von z.B. Automobilen vorfinden. Ein Beispiel dafür könnten Malerarbeiten sein, welche durchaus mit dem Lackieren von Autoteilen vergleichbar sind. Natürlich unterscheidet sich die Tätigkeit an sich in einigen Punkten. Der Lackierer arbeitet mit einer Sprühpistole und ein Maler mit einer Malerrolle. Dennoch gibt es viele Überschneidungen, wie z.B.:

⁴⁶ (Erne 2019, S. 8)

⁴⁷ (Erne 2019, S. 8)

⁴⁸ (Erne 2019, S. 7-10)

⁴⁹ (Paez, et al. 2005, S. 240-243)

- Der Prozess verläuft in mehreren Stufen (zuerst die Grundierung, Primer und Füller, anschließend die Deckfarbe, Farblack und schließlich der Klarlack).
- Der Prozess an sich wiederholt sich stetig (mehrere unterschiedlich große Autoteile werden nacheinander behandelt bzw. mehrere unterschiedlich große Räume werden nacheinander gemalert)
- Das Trocknen der Farbe bzw. des Lacks muss im Prozess berücksichtigt werden.

Dennoch ist zu unterstreichen, dass es einen grundlegenden Unterschied gibt. Jede Baustelle hat andere örtliche Gegebenheiten und der Arbeitsplatz auf einer Baustelle ist im ständigen Wandel. Bei der Automobilproduktion jedoch bleibt dieser über eine sehr lange Zeit gleich.

Im Folgenden wird das Beispiel weiter ausgeführt, um die Unterschiede zwischen Arbeiten im Bauprozess und in der Produktion weiter auszuarbeiten: Beim Lackiervorgang in der Produktion werden Bauteile mithilfe eines Schleppkreisförderers in den Lackierraum befördert, wo diese in einer für den Lackierer ergonomischen Arbeitshöhe hängen. Der Lackierer beginnt nun mit seiner Arbeit, falls die Lackierarbeiten nicht von einem Lackierroboter ausgeführt werden. Der Lackierer kann die Teile während des Lackiervorgangs nach Belieben drehen. So hat er schnell und ohne unnötige Bewegungen das Ganze Bauteil mit einer einheitlichen Farbschicht bedeckt. Anschließend wird das Bauteil über denselben Schleppkreisförderer aus dem Raum befördert und gelangt in einen Trocknungsraum. Simultan gelangt bereits das nächste Teil in den Raum und der Lackierer kann mit der Arbeit fortfahren.

Bei den Malerarbeiten auf der Baustelle hingegen, muss ein jeder Maler zuerst sein Arbeitsplatz einrichten. Das bedeutet, dass zuerst der Boden abgedeckt werden muss. Türen- und Fensterrahmen müssen abgeklebt werden und anschließend müssen die Malerutensilien in den Raum gebracht werden. Dieses beinhaltet: Farben, Rollen, Pinsel, Leiter, aber ggf. auch ein Rollgerüst. Falls die Eingangstür zum einzurichtenden Raum zu schmal ist, muss dieses neu aufgebaut werden. Anschließend kann der Maler mit der eigentlichen Arbeit beginnen. Dabei ist jedoch zu unterstreichen, dass sein Arbeitsplatz, verglichen mit einem Lackierer in der Produktion bei weitem nicht so ergonomisch eingerichtet ist. Ein Maler muss auch schwer erreichbare Stellen, wie z.B. Decken streichen. Das erfordert nicht nur das dauerhafte Nach-oben-Schauen des Malers, sondern auch ein mehrfaches Umstellen der Leiter oder des Rollgerüsts. Diese Probleme an sich sind zwar nicht besonders gravierend. Wenn aber aufgrund verschiedener sich häufender Verzögerungen der Workflow unterbrochen wird und kleine Planungsfehler sich kumulieren, kann dies ultimativ zur Lahmlegung der Baustelle führen. Um im vorangegangenen Beispiel zu bleiben, könnte der Maler z.B. gar nicht erst mit seiner Arbeit anfangen, wenn aufgrund von Verzögerungen im Arbeitsablauf der zu streichende Raum noch von anderen Gewerken besetzt wird. Die Folge dieser Problematik wäre, dass entweder die terminierten Malerarbeiten verschoben werden müssen und somit der Zeitplan sich verändert oder falls möglich zwei Gewerke simultan in einem Raum arbeiten müssen.^{50 51 52 53}

⁵⁰ (Bablick 2005, S. 105-118)

⁵¹ (Beermann, et al. 2014, S. 30-66)

⁵² (Gruiten 2013, S. 126)

⁵³ (Huber und Recknagel 1999, S. 482,479)

Ein Bauprojekt kann aufgrund solcher ergonomischen und räumlichen Nachteile nie die Effizienz einer Produktion erreichen kann. Darüber hinaus ist jedes Bauprojekt einmalig und Fehler, die in der Planung entstehen, können meist nicht so einfach wie in der Produktion nach und nach ausgebessert werden. Somit ist die Rate an Bauprojekten, welche nicht rechtzeitig fertig werden und zudem den Kostenrahmen sprengen, hoch. Diese Tatsache führt dazu, dass die Baubranche in der Öffentlichkeit ein Image hat, eher unzuverlässig zu sein und schlecht koordiniert zu erscheinen.⁵⁴ Durch Prozessverbesserungen kann ungenutztes Potenzial auch im Bauprozess gehoben werden. Lean kann dabei ein Werkzeug sein, welches gezielt die Optimierung der Planung im Blickfeld behält.⁵⁵

3.2 Lean-Construction

Lean Construction (LC) beschäftigt sich mit der Umsetzung der Lean Prinzipien in Bauprojekten. Hierbei ist LC eine Ansammlung an Methoden und Managementtools, welche auf das Bauwesen angewendet werden. Die Palette an Methoden, welche vom ersten Entwurf bis zur Fertigstellung des Projektes angewendet werden können, ist groß. Das Einsetzen von einzelnen Lean-Methoden in bestimmten Bereichen kann zwar Vorteile bringen. Damit Lean in einem Bauprojekt sein volles Potential entfalten kann, ist die Einführung einer Lean Kultur im Unternehmen unabdingbar. Eine gelebte Lean Kultur in einem Unternehmen zeichnet sich dadurch aus, dass Mitarbeiter in allen Bereichen des Unternehmens nach Lean Thinking Prinzipien handeln.⁵⁶

Lean-Methoden befassen sich mit Problemen in bestimmten Anwendungsbereichen. Dabei gibt es Methoden, welche über den ganzen Projektablauf eine Schlüsselrolle spielen, und andere, die sich mit einzelnen Projektschwerpunkten oder gar einzelnen Tätigkeiten im Bauprozess befassen. LC-Methoden befassen sich im allgemeinen mit der Steigerung der Produktivität und der Wertschöpfung im Bauwesen. Grundlegend wird dies vor allem über die Vermeidung von nicht-wertschöpfenden oder gar wertvernichtenden Tätigkeiten erreicht.⁵⁷ Nicht-wertschöpfende Tätigkeiten sind demnach zu vermeiden. Falls eine Vermeidung unmöglich ist, müssen diese Tätigkeiten optimiert werden. Häufig entstehen vermeidbare Tätigkeiten aufgrund von Fehlern in der Planung oder der Ausführung. Diese Fehler führen oftmals zu astronomische Kosten.⁵⁸ Daher ist es wichtig, die Qualität der Erzeugnisse stets langfristig zu sichern. So knüpft Lean auch an das Qualitätsmanagement an, welches selten aber dennoch auch bei Bauprojekten angewendet wird⁵⁹.

Unter nicht-wertschöpfenden Tätigkeiten sind:

- Nacharbeiten, welche aufgrund von Fehlern in der Planung bzw. in der Ausführung nötig werden,
- Wartezeiten aufgrund einer nicht-funktionierenden Baustellenlogistik,

⁵⁴ (www.haustec.de 2017)

⁵⁵ (Paez, et al. 2005, S. 240-243)

⁵⁶ (Lean Construction Institute - LCI 2018)

⁵⁷ (Rüppel 2019)

⁵⁸ (K. Bayer 2019)

⁵⁹ (Vorest AG 2020)

- Unnötige oder zu detaillierte Planung,
- Produkte, welche nicht genau genug auf die Bedürfnisse des Kunden zugeschnitten ist zu verstehen.

Es gibt viele LC-Methoden, die speziell dafür entwickelt worden sind, nicht-wertschöpfende Tätigkeiten zu vermeiden. Die Forschung in diesem Bereich ist sehr aktiv ⁶⁰ ⁶¹. Dennoch ist festzustellen, dass die meisten Methoden sich schon lange bewähren. Folgende Methoden gehören zu den wichtigsten des LCs:

- Integrated Project Delivery (IPD),
- Last Planer System (LPS),
- Lean Construction Management (LCM),
- Integrated Project Delivery System (IPD),
- Location Based Scheduling (LBS),
- Taktplanung und Taktsteuerung (TPTS),
- Target Value Design (TVD).

Zudem werden Prinzipien von Lean Logistics im ganzen Baugewerbe verwendet, da die Logistik ein wichtiger Bestandteil eines jeden produzierenden Gewerbes ist. Es ist somit sinnvoll und wird durch die Lean-Thinking-Philosophie auch unterstützt, dass Lean-Prinzipien aus anderen Disziplinen im Bauprozess implementiert werden können, die über Lean Construction hinausgehen.

Die soeben genannten LC-Methoden können den Lean-Thinking-Prinzipien zugeordnet und ferner in verschiedene Kategorien eingeteilt werden. Einerseits gibt es Methoden, um Werte zu identifizieren und Wertströme zu verstehen. Bereits in der Planung muss Wert auf die Bedürfnisse und Wünsche des Bauherrn und des Nutzers gelegt werden. Das in der Planung befindliche Gebäude muss auf diese zugeschnitten werden. So gibt es Methoden wie das Target Value Design (TVD), das Integrated Project Delivery System (IPD) und das Lean Project Delivery System (LPD). Diese Lean-Methoden basieren darauf, dass die Zusammenarbeit zwischen Bauherrn, Nutzer und Facility Management sowie zwischen Planer und der Bauunternehmer gestärkt wird. Ziel ist es, ein noch besseres Produkt zu schaffen. Durch gemeinschaftliche Planung und die Möglichkeit des Einfließens mehrerer verschiedener Sichtweisen auf das Projekt ist es schon früh möglich, verschiedene Aspekte des Produkts zu optimieren und so ein Produkt zu schaffen, welches einfacher, schneller und billiger herzustellen ist. Ferner sollen dadurch während der Nutzung weniger Kosten verursacht werden.⁶²

Auf der anderen Seite gibt es LC-Methoden, welche sich eher mit dem Prinzip des kontinuierlichen Arbeitsflusses beschäftigen. Diese fokussieren sich auf die eigentliche Umsetzung der einzelnen Tätigkeiten und die Koordination derselben. Auch in Bezug auf das Prinzip des Strebens nach Perfektion durch den kontinuierlichen Verbesserungsprozess (KVP) können im Grunde alle Lean-Methoden einen Beitrag leisten. Es ist wichtig zu unterstreichen,

⁶⁰ (Lean Construction Institute - LCI 2018)

⁶¹ (Lange 2020)

⁶² (German Lean Construction Institute - GLCI e.V. 2019, S: 28-32, 65-67)

dass die Ermittlung von Leistungskennwerten und ein vernünftiges Projektcontrolling zu einem jeden neuen Projekt dazugehören muss. So setzen sich das LCM und das LPS in diesem Feld von der Konkurrenz ab und integrieren bereits in die Planung intuitive Strukturen zur Erfassung von Kennwerten. Es ist zwar nie möglich, alles vollkommen vorherzusagen. Jedoch können Erfahrungswerte dazu beitragen, dass ein Projekt besser verläuft. Durch die Analyse vergangener Fehler und darauf basierend die Generierung neuer Erkenntnisse hilft dabei, aufkommende ähnlich geartete Fehler im Projekt vorzeitig zu erkennen und daraus folgende Kosten möglichst gering zu halten. Eine klare Berichtswesenskultur und die daran geknüpften Frühwarnsysteme sind also essenziell, um auf Dauer eine hohe Stabilität und Qualität der Prozesse aufrecht zu erhalten.^{63 64}

3.3 Anwendung von Lean im Bauprozess

Grundsätzliches zum Bauprozess

Viele Architekten entscheiden sich vor allem bei größeren Projekten dazu, nur die LPH 1 bis 4 bzw. 1 bis 5 zu übernehmen.⁶⁵ Das liegt vor allem daran, dass der Architekt alleine oftmals nicht in der Lage ist, die Vielzahl an Aufgaben zu bewältigen, die bei der Übernahme aller LPH anfallen würden. Es ist auch zu erwähnen, dass die Objektüberwachung nicht vollständig mit der Bauleitung gleichzusetzen ist. Architekten, welche sich dennoch entscheiden die Bauleitung von großen Objekten zu übernehmen, benötigen nach §56 der MBO/BbgBO eine erforderliche Sachkunde. Für viele spezifische Tätigkeiten, für welche sie gewöhnlich nicht ausgebildet sind, benötigen sie zudem zusätzliche Fachbauleiter. Werden Beschäftigte mehrerer Arbeitgeber auf der Baustelle beschäftigt, muss außerdem ein Sicherheits- und Gesundheitskoordinator (SiGeKo) beschäftigt werden.^{66 67}

Die Anwendung von Lean im Bauprozess lässt sich am besten mithilfe von Beispielen beschreiben. In den folgenden Beispielen wird oftmals der Generalunternehmer (GU) als die Partei herangezogen, die für die Durchführung der LPH 5 bis 9 bzw. 6 bis 9 eines Großprojekts zuständig ist. Diese Konstellation findet häufig in der Realität statt. Generell trifft der Bauherr vertragliche Vereinbarungen mit allen Parteien, die am Projekt beteiligt sind. In diesem Szenario schließt der Bauherr so einen Architektenvertrag mit dem Architekten für die LPH 1 bis 4 bzw. 1 bis 5 und einen separaten Vertrag mit dem GU ab. Was für einen Vertrag im speziellen Fall die Parteien abschließen, ist jedoch ihnen überlassen. Weit verbreitet sind Schlüsselfertigbauverträge (SFB-Verträge) oder BGB-Bauverträge (§ 650a bis § 650h BGB).⁶⁸

^{69 70}

⁶³ (German Lean Construction Institute - GLCI e.V. 2019, S: 37-38)

⁶⁴ (Fiedler 2018, S. 137-141)

⁶⁵ (OLG Frankfurt 2006) ; (Baunetz 2006)

⁶⁶ (Baunetz kein Datum)

⁶⁷ (BaustellV 2013, §3)

⁶⁸ (Siemon 2018)

⁶⁹ (bauprofessor.de 2017)

⁷⁰ (bauprofessor.de 2019)

Weiterhin ist wichtig zu unterstreichen, dass die meisten Bauprojekte aus Profitgründen initiiert werden. Nur die wenigsten Hochbauprojekte werden als Prestigebauten geplant oder von der Öffentlichen Hand für einen anderen Zweck errichtet. Sowohl gewöhnliche Hochbauprojekte sowie Projekte der öffentlichen Hand setzen einen bestimmten Budgetrahmen fest und die Auftraggeber drängen auf Einhaltung desselbigen. Auch die nach Fertigstellung des Projekts anfallenden Folgekosten der Nutzung sollten möglichst niedrig sein. Die Nutzung der Lean-Philosophie und der Kerngedanke der Wertstromoptimierung ist deshalb auch innerhalb des Bauprozesses einleuchtend. Ein normaler Projektzyklus bei Bauprojekten besteht grundsätzlich aus drei Phasen: der Projektentwicklung, der Projektabwicklung und dem Objektbetrieb. Optional muss vor Start des Bauprojekts noch das Grundstück entwickelt werden, sodass die Stadt- und Raumentwicklung oft unvermeidbar ein Teil eines Bauprojektes sein kann. Der Ausgangspunkt für das weitere Vorgehen in diesem Beispiel ist die Projektinitiierung - somit die Bedarfsplanung. Diese bilden den Beginn des Wertstroms.⁷¹

Bedarfsplanung

„Wenn es beim Bauen Probleme gibt, liegt das oft an einer ungenügenden Bedarfsplanung.“⁷² Das behauptete der HOAI-Gutachter Heinz Simmendinger. Tatsächlich kommt es oft vor, dass die Bauaufgabe nicht vollständig definiert ist und aufgrund dessen es später zu Problemen kommt. Um dem vorzubeugen und um grundsätzlich mehr Aufmerksamkeit auf diese frühe Projektphase zu lenken, wurde die DIN 18205 entwickelt. Diese beschreibt detailliert die Bedarfsplanung im Bauwesen. Die Bedarfsplanung liegt in der Verantwortung des Bauherrn und zwar unabhängig davon, ob und in welchen Maß er dieser gerecht wird. Dennoch hat er die Möglichkeit diese Aufgabe auf andere Personen oder Fachkräfte zu übertragen. Diese könnten Nutzer, Berater, Architekten, Ingenieure, Bedarfsplaner und gar Teams sein, welche aus den o.g. Beteiligten gebildet werden. Falls Planer wie Architekten oder Ingenieure mit dieser Aufgabe betraut werden, liegt diese nicht im Leistungsumfang der LPH 1 und ist somit eine Sonderleistung. Die Vergütung wird zwischen den beiden Parteien nach dem BGB geregelt.⁷³ „Ziel der Bedarfsplanung ist es, die Bedürfnisse, Ziele und Anforderungen des Bedarfsträgers, z. B. Bauherr, Nutzer oder Betreiber, zum frühestmöglichen Zeitpunkt in einen Lösungsrahmen des Projektes zusammenzustellen.“⁷⁴

Grundsätzlich ist die Tätigkeit eines Architekten während der Bedarfsplanung recht linear und besteht aus sechs Schritten.

Schritt 1: Projekt erfassen

Zuerst wird der Projektkontext geklärt und die Projektziele werden festgelegt. Dabei ermittelt man die Gründe für das Projekt sowie die Notwendigkeit und Zweckmäßigkeit der Bedarfsplanung. Zudem werden zeitliche sowie finanzielle Herausforderungen notiert. Der zentrale Fokus liegt

⁷¹ (Jens Hannewald 2010, S. 4)

⁷² (Simmendinger 2011, S. 45)

⁷³ (Simmendinger 2011, S. 45-47)

⁷⁴ (DIN 18205 1996, Einleitung, Abs. 1-5)

darin die spezifische Ausgangssituation kennenzulernen sowie die an der Bedarfsplanung beteiligten Parteien zu ermitteln. Außerdem wird erstmals der Ablauf festgelegt.⁷⁵

Schritt 2: Projektziele festlegen

Im zweiten Schritt ist es wichtig alle Ziele, welche der Bauherr verfolgt, festzulegen. Dazu gehören neben den finanziellen, ökonomischen, terminlichen und ökologischen Zielen auch Ziele der Funktionalität, der technischen Qualität, der gestalterischen Qualität sowie Ziele bzgl. der Sicherstellung von Zufriedenheit, Behaglichkeit und Gesundheit.⁷⁶

Schritt 3: Informationen erfassen und auswerten

Im dritten Schritt werden alle für das Projekt wichtigen Informationen gesammelt und analysiert, um die qualitativen sowie quantitativen Anforderungen auszuarbeiten. Außerdem werden alle Beziehungen und Arbeitsweisen mithilfe von Befragungen ermittelt und konzeptuell mithilfe verschiedener visueller Methoden zusammengefasst.⁷⁷

Schritt 4: Bedarfsplan

Anschließend wird ein Bedarfsplan erstellt, indem in schriftlicher Form alle o.g. Rahmenbedingungen zusammenfasst. Zudem wird der Prozess vollständig dokumentiert. Alle Arbeitsdokumente werden nun dem Bauherrn vorgelegt. Sobald dieser dem zustimmt, werden diese allen Planungsverantwortlichen zugestellt.⁷⁸

Schritt 5: Bedarfsdeckung untersuchen und festlegen

Folgend werden Varianten zur Umsetzung des Projektes untersucht und der erste Kostenrahmen wird bestimmt. Die unterschiedlichen Varianten werden daraufhin bzgl. verschiedener planerischer Faktoren und hinsichtlich des Budgets untersucht sowie bewertet. Dadurch wird entschieden, ob und welche Varianten weiter untersucht werden sollen.⁷⁹

Schritt 6: Bedarfsplan und Lösungen abgleichen

Die Varianten, welchen der Bauherr zugestimmt hat, werden weiter detailliert und evaluiert. Auch während der weiteren Planungsphasen werden die einzelnen Kriterien des Bedarfsplans weiter aktualisiert und neue oder sich ändernde Anforderungen werden ergänzt.⁸⁰

Wichtig ist zu unterstreichen, dass im Bedarfsplan alle Anforderungen standortunabhängig dargestellt werden. Tatsächliche Umsetzungsansätze werden spezifischer in der Dokumentation beschrieben.⁸¹ Dennoch kann es oftmals bereits bei der Bedarfsplanung sinnvoll sein, einige Grundsätze des Integrated Product Development System (IPDS) anzuwenden, welche im Folgenden näher betrachtet werden. Dieses kann in diesen Fall nur der Bauherr initiieren.

⁷⁵ (DIN 18205 1996, Abs. 4.1)

⁷⁶ (DIN 18205 1996, Abs. 4.2)

⁷⁷ (DIN 18205 1996, Abs. 4.3)

⁷⁸ (DIN 18205 1996, Abs. 4.4)

⁷⁹ (DIN 18205 1996, Abs. 4.5)

⁸⁰ (DIN 18205 1996, Abs. 4.6)

⁸¹ (DIN 18205 1996, Abs. 5)

Integrated Product Development System (IPDS)

Die IPDS-Methode versucht die Wirtschaftlichkeit eines Projektes zu optimieren. Dies wird durch eine bessere Zusammenarbeit, insbesondere die Verbesserung der Kommunikation zwischen den Projektbeteiligten, gefördert. Die Bedarfsplanung setzt den Grundstein für die Beziehungen zwischen den unterschiedlichen Projektbeteiligten, weil in dieser Phase der Bauherr die ersten Kontakte knüpft. Es ist möglich, dass der Bauherr den Bedarfsplan allein erstellt. Dennoch kann dieser weitere Parteien in den Prozess miteinbeziehen. Er kann Bedarfsplaner, Architekten oder Ingenieure beauftragen. Ferner kann er die Bedarfsplanung an den Nutzer übergeben sowie externe Berater, Planer, Makler und Finanzierungsspezialisten einbinden. Dadurch wird das Gewinnen eines externen, weiteren Blickwinkels möglich. Es ist außerdem sinnvoll diese Parteien untereinander zu vernetzen. Durch das Zusammenbringen aller Projektbeteiligten ist es oftmals möglich schneller Optionen für das weitere Vorgehen auszuloten und effektiver zu einem Ergebnis zu kommen.⁸²

Es ist nicht immer möglich die o.g. Parteien an einen Ort zu versammeln. Eine Verbesserung der Kommunikationsinfrastruktur kann bewirken, dass alle arbeiten können, als wären sie an einem Ort.^{83 84} Eine Möglichkeit, um dies zu erreichen, ist die Anlegung eines digitalen Systems zur Unterlagenablage. Vor allem große Bauträgerunternehmen verwenden Clouddienste, zur Dokumentenablage, in denen verschiedene Parteien definierte Befugnisse besitzen. Dadurch wird der ortsunabhängige Zugang zu den Dokumenten und gleichzeitig die Sicherheit der Dokumente gewährleistet.⁸⁵ Durch diese Möglichkeit können Missverständnisse vorgebeugt und Zeit eingespart werden. Unabdingbar zur Realisierung dieser Vorteile, ist das Schaffen einer partnerschaftlichen Vertrauensbasis zwischen allen Projektbeteiligten.⁸⁶

Sinnvoll ist bei Durchführung des Großprojekts mit Lean-Prinzipien, den Architekten in die Gestaltung des Projektes zu involvieren. Es gibt bereits einige Architekturbüros, die sich auf Ausführung solcher Projekte spezialisiert haben. Auch in den darauffolgenden LPH 1 bis 9 ist die IPDS-Methode stets zu empfehlen. Dabei ist darauf zu achten, dass bei schrittweiser Erweiterung des Kreises der Projektbeteiligten eine vernünftige Einweisung in die Lean-Prinzipien und – Methoden erfolgt.^{87 88}

Ist die Grundlagenermittlung abgeschlossen und das Grundgerüst mit den Bedürfnissen und Wünschen des Bauherrn aufgebaut, kann der Architekt mit der LPH 1 beginnen.

Leistungsphase 1

In der LPH 1 liegt das Hauptaugenmerk des Bauherrn auf dem Grundstückskauf, falls dieser vor Projektinitiierung noch kein geeignetes Grundstück besitzt. Der Grundstückskauf ist mitunter die wichtigste Entscheidung eines jeden Bauherrn, welche zum Erfolg oder Misserfolg eines jeden

⁸² (German Lean Construction Institute - GLCI e.V. 2019, S. 30-32)

⁸³ (Harrison, et al. 2019, S. 395-401, 404-407)

⁸⁴ (Thompson 2020)

⁸⁵ (Grund 2020)

⁸⁶ (German Lean Construction Institute - GLCI e.V. 2019, S. 30-32)

⁸⁷ (Müller 2019)

⁸⁸ (Vielmo Architekten 2020)

Bauprojektes beiträgt. Beim Grundstückskauf wird der Bauherr optimalerweise von unterschiedlichen Parteien unterstützt. Dazu gehören der Architekt, Makler, Berater, Finanzierungsspezialist, Notar und andere notwendige Parteien. Grundsätzlich ist jedoch der Bauherr für die Wahl des entsprechenden Grundstückes zuletzt verantwortlich und die restlichen Parteien haben eine beratende Funktion, wobei vor allem der Architekt und der Makler eine zentrale Rolle spielen. Für Architekten ist diese Leistung in der HOAI Anlage 10 als besondere Leistung gelistet. Ein Architekt kann bei Bedarf auch eine Standortanalyse vornehmen, um dem Bauherrn zusätzliche Informationen vor Grundstückskauf zur Verfügung zu stellen. Dabei handelt es sich auch um eine besondere Leistung, die separat von den Grundleistungen der LPH 1 abzurechnen ist⁸⁹. Eine solche Untersuchung muss stets objektiv und methodisch sowie fachlich fundiert sein. Eine gemeinsame Ortsbesichtigung gehört hingegen zum Leistungsspektrum des Architekten in der LPH 1. Sowohl die Standortanalyse als auch die Ortsbesichtigung bilden für die Auswahl eines Grundstücks wichtige Grundlagen. Der Makler ist die Person, welche sich hingegen damit beschäftigt, für den Bauherrn mögliche Grundstücke zu finden. Oftmals helfen beratend Makler mit der Abwicklung des Gebäudekaufs. Der Immobilienkaufvertrag wird generell vom Notar aufgesetzt und beglaubigt.⁹⁰ Nachdem das Grundstück erworben wurde, klären der Architekt und der Bauherr die grundlegenden Fragen zu den weiteren Bauphasen. Es wird sich über die in den späteren Bauphasen nötigen Fachplaner ausgetauscht und der Architekt muss den Bauherrn ferner zum Leistungsbedarf beraten. Falls ein Partnering-Vertragsmodell aufgesetzt werden soll, ist es wichtig mit den späteren Projektbeteiligten über die Vertragsgestaltung zu sprechen. Dafür ist es ratsam einen Vertragsrechtsspezialisten in den Prozess einzubinden.⁹¹

Partnering Vertragsmodelle

Partnering-Vertragsmodelle oder kooperative Vertragsmodelle sind bereits in den USA („Integrated Form of Agreement“) sowie in Australien („Alliancing“) sehr weit verbreitet und auch konkret gesetzlich geregelt. Bisher wurden diese Vertragsmodelle in Deutschland nur bei wenigen Pilotprojekten angewendet. Einige Komponenten solcher Verträge sind aber nach dem derzeit vorherrschenden deutschen Vergaberecht nicht umsetzbar. Die vielversprechenden Erfolge in den USA und Australien haben aber die Untersuchungen in dem Bereich stark vorangetrieben, so dass diese Problematik bereits diskutiert wird.⁹²

Solche Verträge werden meist von großen Bauunternehmen angeboten, da sich die Vertragsgestaltung als nicht ganz so einfach erweist. Die Firma Zech wendet diese Art der Vertragsgestaltung z.B. mit ihrem „Smart-Construction“-Konzept an und erstellt für solche Projekte stets individuell zugeschnittene Verträge. Diese Art von Vertrag ist eine Kombination aus Elementen des Allianz-Modells, Pauschalvertrags, GMP-Vertrags, Cost-plus-Fee-Vertrags, und Vertragselementen des Construction Managements. So übernimmt Zech als GU in ihrem Leistungsumfang die Planung, die Kalkulation, Beschaffung sowie Bauleitung. Sie bieten dem

⁸⁹ (HOAI 2013, Anlage 10)

⁹⁰ (Steiner 2009, S. 226-227)

⁹¹ (HOAI 2013, Anlage 10)

⁹² (Heidemann 2011, S. 41-43, 74, 134-145)

Bauherrn außerdem an, ihm bereits während der Projektentwicklung und Planung beratend zur Seite zu stehen.⁹³

Die erste LPH endet schließlich mit der Zusammenfassung der Beschlüsse sowie der Dokumentation und Erläuterung der Ergebnisse. Dies gehört zu dem Leistungsspektrum des Architekten. Die Dokumentation spielt eine bedeutende Rolle, da die weitere Vorgehensweise auf diesen Unterlagen basieren wird.⁹⁴

Leistungsphasen 2 bis 3

In der LPH 2 Vorplanung (Projekt- und Planungsvorbereitung) werden zuerst die Grundlagen analysiert und Abstimmungen bzgl. der Zielvorstellungen getroffen. Anschließend wird die Vorplanung erarbeitet. Dabei werden Zeichnungen im Maßstab erstellt, Zusammenhänge abgestimmt und technische, wirtschaftliche, funktionelle, bauphysikalische, aber auch ökologische Vorgaben geklärt. Die Genehmigungsfähigkeit wird vorverhandelt und die Kosten werden nach der DIN 276 geschätzt. Außerdem wird ein grober Terminplan erstellt und alle Ergebnisse werden zusammengefasst, erläutert und dokumentiert.⁹⁵ Idealerweise sollten bereits ab der LPH 2 der Bauherr und die Bauherrnvertretung zusammen mit dem Architekten, dem GU und anderen notwendigen Beteiligten den Entwurf möglichst gemeinsam planen und jeweils Optimierungen vornehmen. Dies liegt daran, dass jede Partei eine eigene Sicht auf das Projekt hat und einen positiven Beitrag zum Entwurf leisten kann. Somit kann der GU besser abschätzen, welche Aspekte des Entwurfs hohe Kosten bei der Ausführung verursachen könnten. Bauphysiker können ferner mithilfe kleiner Änderungen am Grundriss die Energieeffizienz des Hauses deutlich verbessern. Deshalb sollten Entscheidungen bzgl. des Projektes stets einstimmig getroffen werden, sodass kein Aspekt des Entwurfs benachteiligt wird. Wie bereits erwähnt, ist die IPDS-Methode eine Möglichkeit, um diese Zusammenarbeit zu fördern.⁹⁶

Vor allem die LPH 3 Entwurfsplanung ist für den Projekterfolg relevant. Bei der Entwurfsplanung werden die ersten konkreten Entscheidungen bzgl. der Gebäudeform und der technischen Aspekte getroffen. Dabei werden auf Basis der Vorplanung und der bereits gesammelten Anforderungen, Zeichnungen im erforderlichen Umfang erstellt, sodass alle fachspezifischen Anforderungen in einem ausreichendem Detaillierungsgrad erkennbar sind. Meistens geschieht dies in den Maßstäben 1:100 bis 1:20. Diese Zeichnungen werden folgend an die fachlich beteiligten übergeben.

Lean Project Delivery (LPDS)

Das Lean Project Delivery System (LPDS), auch Integrated Project Delivery-Methode (IPD) genannt, hat vom TPS das Prinzip des „Big Room“-Prinzip (japanisch obeya) übernommen. Demnach sollten alle Projektbeteiligte während der Arbeit am Projekt möglichst gegliedert in Clustergruppen zusammenarbeiten. Dieses Prinzip wird nur zum Teil in der Praxis so angewendet. Es ist selten möglich, dass das Architekturbüro, die beschäftigten Fachplaner sowie

⁹³ (Zech 2020)

⁹⁴ (HOAI 2013, Anlage 10)

⁹⁵ (HOAI 2013, Anlage 10)

⁹⁶ (German Lean Construction Institute - GLCI e.V. 2019, S. 1-2)

die Planer und die Bauleitung des GUs unter einem Dach arbeiten können, da ihre Büros gewöhnlich nicht an einem Ort liegen. Bei Totalunternehmer kann es aber zu Ausnahmen kommen. Trotz dessen, dass die Teams räumlich getrennt sind, ist ein stetiger reger Austausch von Ideen und das direkte Ansprechen von Problemen essenziell. Die zentrale Einheit dieses Lean-Projektsystems bildet das integrierte Projektabwicklungsteam (IPD-Team). Dieses besteht aus Vertretern der einzelnen Firmen, die am Projekt beteiligt sind. Das IPD-Team trifft sich bei Lean-Meetings und ist für die Erstellung von Wochenplänen sowie für die Bestimmung der Verantwortlichkeiten zuständig. Die Mitglieder des IPD-Teams leiten die Beschlüsse aus den Lean-Meetings an ihre Mitarbeiter weiter und die Aufgaben werden an die jeweiligen Kolonnen übertragen. Alle Projektbeteiligten arbeiten in Clustergruppen zusammen. Dabei sind die Cluster nach den Tätigkeitsfeldern gegliedert. Es gibt in dem Projekt eine Kerngruppe, welche die Entscheidungsmacht besitzt. Diese besteht aus dem Bauherrn bzw. den Bauherrnvertretern, dem leitenden Architekten, sowie der Projektleitung des GUs.^{97 98 99}

Das Ziel des IPD ist es, den Informationsverlust bei der Übergabe von Aufgaben zu reduzieren. Aufgrund der Schaffung eines kooperativen Arbeitsumfeldes ist es den Beteiligten möglich, nach Bedarf weitere Informationen zu erfragen und zudem, aufgrund der niedrigen Kommunikationshemmschwelle, Projektbeteiligte schnell auf Fehler hinzuweisen.¹⁰⁰

Target Value Design (TVD)

Das Target Value Design hilft bei der gemeinschaftlichen Optimierung des Bauprojekts. Die Definition und Priorisierung von Kundenwünschen hilft den Projektbeteiligten bereits in der Planungsphase das Projekt richtig zu definieren und den höchsten Mehrwert für alle Beteiligten zu schaffen. Wenn dieser Rahmen solide aufgestellt wurde, kann in den nächsten Schritten besser auf den Bauherrn eingegangen werden. Das Nutzen von Tools, wie z.B. der SWOT-Analyse, das Durchführen marktorientierter Untersuchungen oder das Aufstellen von Kosten-Wert-Matrizen kann dabei helfen, das Bauprojekt bereits frühzeitig zielorientiert auszurichten. Das TVD begleitet die gesamte Planungsphase eines Bauprojekts und basiert auf kontinuierlicher Kostenkontrolle sowie einer ständigen Optimierung des Entwurfs nach dem Kaizen-Prinzip.^{101 102}

Leistungsphasen 4 bis 5

Die LPH 4 und 5 beschäftigen sich weniger mit dem Entwurf an sich, sondern mehr damit, das Projekt auf die Umsetzung vorzubereiten. Zuerst wird das Projekt bei der LPH 4 auf den Stand gebracht, sodass eine Baugenehmigung erteilt werden kann. Dazu werden die Pläne soweit ergänzt, dass diese beim Bauamt eingereicht werden können. Außerdem werden alle weiteren Unterlagen zusammengestellt, welche ferner zum Erteilen einer Baugenehmigung notwendig sind. In der LPH 5 wird der Entwurf technisch auf den Stand gebracht, sodass dieser ausgeführt werden kann. Dazu gehören Zeichnungen, textliche Beschreibungen sowie Detailzeichnungen.

⁹⁷ (German Lean Construction Institute - GLCI e.V. 2019, S. 32)

⁹⁸ (Harrison, et al. 2019)

⁹⁹ (Heidemann 2011, S. 57-65)

¹⁰⁰ (Gehbauer 2010, S. 114-117)

¹⁰¹ (Nayebi 2019, S. 8)

¹⁰² (Gehbauer 2010, S.116-125)

Große Änderungen am Entwurf sind in dieser Phase nicht mehr möglich, da die Baugenehmigung bereits erteilt worden ist. Umso wichtiger ist es Unterlagen wie Montagepläne sowie baukonstruktive Unterlagen genauestens auf Fehler zu überprüfen, weil auf Basis dieser tatsächlich gebaut wird. Um möglichst fehlerfreie und hochwertige Unterlagen zu erstellen, bedienen sich viele Planer des Building-Information-Modellings, kurz BIM.^{103 104}

Building-Information-Modelling (BIM)

Die Nutzung des BIMs durch den Architekten ist ein relevanter Schritt zur besseren Zusammenarbeit an dem Gebäudeentwurf. Ein digitales Gebäudemodell bedeutet zwar einen höheren Arbeitsaufwand für den Planer. Es hilft jedoch auch Fehler bei der Planung zu vermeiden, indem es dem Architekten wie auch den anderen Projektbeteiligten hilft diese im dreidimensionalen Modell frühzeitig zu erkennen. Ein BIM-Modell spielt seine Stärken vor allem bei der Zusammenarbeit mit anderen Planern aus. Gleichzeitiges Arbeiten mehrerer Planer an einem 3D-Modell wird von Clouddiensten ermöglicht, so dass alle Beteiligten die Veränderungen praktisch in Echtzeit nachvollziehen können. Das hilft dabei, Mehrarbeit aufgrund von ungeplanten Änderungen zu vermeiden, da jeder Beteiligten die Informationen und Bestandteile aus demselben Modell verwenden kann. Das Modell dient somit als einheitliche Arbeitsgrundlage, bei der keine Informationen verloren gehen. Zudem können andere Planer den Architekten auf geometrische Unstimmigkeiten schnell und unkompliziert hinweisen. BIM geht jedoch noch einen Schritt weiter. So ermöglicht BIM es, dass das Modell über die IFC-Schnittstelle in eine Model Checking Software (z.B. Solibri) geladen werden kann¹⁰⁵. Mithilfe logischer Regeln wird folgend auf geometrische Auffälligkeiten hingewiesen. Die Qualität des Entwurfs wird dadurch gesteigert und zukünftige Kosten zur Behebung unentdeckter Fehler werden vermieden.¹⁰⁶

Leistungsphasen 6 bis 7 / Vergabephase

Obwohl der Architekt vertraglich nur bis zur LPH 5 beauftragt ist, stellt er in der LPH 6 eine wichtige Rolle dar. Er liefert nämlich die meisten für die Vergabe notwendigen Unterlagen und ist somit indirekt daran beteiligt, obgleich die Projektverantwortung auf dem GU liegt.^{107 108} Dennoch ist es in der Praxis weit verbreitet, dass auch der Architekt die LPH 6 und 7 eigenständig durchführt. Das ist jedoch bei großen Projekten eher unüblich, weil die Aufgabe sehr aufwändig ist und einige Architekturbüros bzw. Architekten diese nicht stemmen können. Unabhängig davon wer für die Vergabe von Leistungen verantwortlich ist, unterscheiden sich die Tätigkeiten dabei nur geringfügig. Die Vertragsgrundlage unterscheidet sich. Ein Architekt agiert auf Basis der HOAI. Der GU dagegen befolgt diese nicht. Somit sind die Tätigkeiten eines Bauunternehmers nicht in LPH gegliedert.¹⁰⁹ Um Missverständnissen vorzubeugen wird im Folgenden davon ausgegangen, dass ein Unternehmer die Vergabe von einzelnen oder allen Leistungen an Nachunternehmer durchführt. Das Vorgehen wird folglich entsprechend nach LPH gegliedert

¹⁰³ (HOAI 2013, Anl. 10)

¹⁰⁴ (Autodesk 2020)

¹⁰⁵ (Solibri 2020)

¹⁰⁶ (German Lean Construction Institute - GLCI e.V. 2019, S. 84-85)

¹⁰⁷ (Hake kein Datum, S. 23)

¹⁰⁸ (Rechtsanwälte 2014)

¹⁰⁹ (HOAI 2013, §15)

(Überschriften), da diese Projektphasen auch von einem Architekten durchgeführt werden können. Ein Architekt würde diese Phasen jedoch nicht an Nachunternehmer, sondern an Unternehmer vergeben.¹¹⁰

Die Vergabe an Nachunternehmer gehört zum Geschäftsmodell vieler GU. Ein GU verdient oft daran, dass er Leistungen von Nachunternehmern günstig einkauft, bündelt sowie koordiniert und er diese Gesamtleistung anschließend teurer dem Bauherrn anbietet. Die Differenz zwischen Gesamtpreis für die schlüsselfertige Erstellung des Bauwerks und der Kosten für die Arbeit der Nachunternehmer stellt die entsprechende Gewinnmarge des GUs dar. Es sind aber auch andere Entlohnungsmodelle des GUs denkbar, die aber andere Vertragsmodelle zugrunde haben (s. Partnering Vertragsmodelle).¹¹¹ Grundsätzlich ist die Ausschreibung der Leistungen an die Nachunternehmer, sofern sie vom GU vorgenommen wird, nicht für den Bauherrn einsehbar und liegt damit vollständig im Aufgabenbereich des GUs.^{112 113 114}

Eine Ausschreibung nach der VOB/A wird entweder über eine Leistungsbeschreibung mit Leistungsverzeichnis (LV)¹¹⁵ oder über eine Leistungsbeschreibung mit Leistungsprogramm¹¹⁶ zugelassen. Die Ausschreibung über eine Leistungsbeschreibung mit Leistungsprogramm wird jedoch eher von öffentlichen Auftraggebern verwendet, wenn es vor allem darum geht, ein gutes Umsetzungskonzept zu finden. Deswegen wird im folgenden Beispiel die Ausschreibung anhand eines Leistungsverzeichnisses beschrieben.¹¹⁷

Bei einer Ausschreibung über ein Leistungsverzeichnis sind meist verschiedene für den GU arbeitende Personen für die Ausschreibung der ihnen obliegenden Leistungen verantwortlich. Dazu zählen Kalkulatoren, Projekt- und Bauleiter. Das bedeutet, dass sehr viele Menschen Zugang zu den Unterlagen haben müssen. Deswegen werden Leistungen in einem, meist digitalen Leistungsverzeichnis zusammengetragen, nach Kostengruppen gegliedert und textlich beschrieben. Zum Industriestandard wurden mittlerweile verschiedene Ausschreibungssoftwareprodukte, wie z.B. ITWO oder OrcaAVA. Diese haben den Vorteil, dass sie über die IFC-Schnittstelle viele Informationen wie Mengen aus einem BIM-Modell übernehmen können. So wird der Aufwand, Mengen aus Plänen zu errechnen, vermieden.^{118,119}

Digitale Ausschreibung

AVA-Softwareprodukte sind eine Datenbank, welche simultan von allen Projektbeteiligten genutzt werden kann.^{120 121} Eine AVA-Software hilft bei der Erstellung einer Kostenübersicht und der Zusammenstellung der Vertragsunterlagen. Darüber hinaus hilft diese dem Planer mit vorgefertigten Ausschreibungstexten, welche Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen

¹¹⁰ (IWW Institut 2007)

¹¹¹ (Gehbauer 2010, S. 100-105)

¹¹² (Gehbauer 2010, Vorwort)

¹¹³ (G. K. Frank Wallau 1999, S. 31-37)

¹¹⁴ (Fritz Berner 2009, S. 135-137)

¹¹⁵ (VOB/A 2019, §5, §7b)

¹¹⁶ (VOB/A 2019, §7c)

¹¹⁷ (Deutsches Ausschreibungsblatt GmbH 2019)

¹¹⁸ (RIB Software SE 2020)

¹¹⁹ (ORCA Software GmbH 2020)

¹²⁰ (RIB Software SE 2020)

¹²¹ (ORCA Software GmbH 2020)

(VOB) -gerecht sind. Auch die Zusammenarbeit zwischen vielen Parteien wird erleichtert, da jeder Beteiligte den Zugriff auf die nur ihm betreffenden Kostenstellen besitzt und dadurch Fehlerquellen reduziert werden. Eine Ausschreibungssoftware ermöglicht das Bereitstellen des LV in verschiedenen Formaten an die Nachunternehmer. Darüber hinaus kann eine LV-Version auch mithilfe einer Cloud dem Nachunternehmer bereitgestellt werden. Dabei kann der GU Einstellungen vornehmen, sodass der Nachunternehmer nur die für seinen Bereich relevanten Positionen angezeigt werden und der Nachunternehmer diese mit Einheitspreisen versieht. Per Knopfdruck können somit die Einheitspreise dem GU mitgeteilt werden. Diese Softwareprodukte helfen außerdem während der LPH 9 bei der Dokumentation und bei der Abrechnung der Leistungen.¹²²

Der kombinierte Einsatz von BIM, Clouddiensten und Ausschreibungssoftware entspricht der Lean-Philosophie, da solche digitalen Instrumente die Zusammenarbeit der Projektbeteiligten fördern. Auch sprechen solche Systeme den Punkt der Flussoptimierung an, da sie im Grunde viele Schritte automatisieren. Diese senken die Fehlerrate während der Planung und erhöhen Informationsaustausch durch Schaffung einer gemeinsamen digitalen Kommunikationsinfrastruktur, konsequenten Datenerfassung und -austausch. Zudem erhöht sich die Transparenz bei der Kommunikation zwischen allen Projektbeteiligten. Auch werden alle Partner aufgrund der transparenten Offenlegung aller Gebäudebestandteile im BIM-Modell dazu angeregt, Verbesserungsvorschläge bereits in den Entwurf frühzeitig einzubringen und dadurch die Qualität des Endproduktes zu erhöhen. Der Bauherr profitiert ferner von einer nahtlosen Dokumentation mithilfe digitaler Mittel, da dieser auch nach Bauende bei Nutzung des Gebäudes auf die Daten zugreifen kann und diese zu Zwecken des Facility Managements oder bei späteren Umbauten wiederverwenden kann.¹²³

Leistungsphase 8 / Ausführungsphase

Die Ausführungsphase wird von einem Architekten oder von einem GU betreut bzw. durchgeführt. Grundsätzlich resultieren je nachdem Unterschiede. Welche Konstellation für den Bauherrn optimaler ist, kann nicht pauschal gesagt werden. Grundsätzlich ist es kostengünstiger über einen GU zu bauen, das finanzielle Risiko ist jedoch höher, falls dieser insolvent werden würde. Bei großen Projekten ist die Ausführung über einen GU oftmals die einzige Möglichkeit, weil viele Architekten nicht die Kapazitäten zur Betreuung solcher Projekte haben. Da LC sich vor allem bei der Ausführung großer Projekte gut eignet, wird zur Vereinfachung im folgenden Beispiel die Ausführungsphase anhand eines GUs beschrieben.¹²⁴

Zu den Aufgaben des GUs gehören auch das Überwachen der Ausführung des Objektes und die ständige Überprüfung der Übereinstimmung derselben mit der Baugenehmigung. Er koordiniert dazu alle Beteiligten. Teil der Koordinierungsaufgaben sind die Aufstellung von Terminplänen, die Erstellung von Sicherheitskonzepten sowie Qualitätsprüfung der Ausführung. Er muss zudem überprüfen, dass alle Mängel, welche im Laufe der baulichen Tätigkeiten entstehen,

¹²² (Strotmann 2018)

¹²³ (Weiwei Chen 2020, S.505)

¹²⁴ (IWW Institut 2007)

nachgebessert werden und stellt am Ende den Antrag auf eine behördliche Abnahme. Auch die Dokumentation aller ausgeführten Schritte während des Baus ist ein zentraler Bestandteil der Aufgaben des GUs. Dazu gehören das Führen von Bautagebüchern, die Erstellung des Aufmaßes zusammen mit den bauausführenden Unternehmen sowie die Kostenaufstellung nach der DIN 276. Generell kann gesagt werden, dass sich der GU, da er meist einen Werkvertrag mit dem Bauherrn schließt, dazu verpflichtet „[...] das Werk frei von Sach- und Rechtsmängeln zu verschaffen.“ (BGB § 633 Sach- und Rechtsmangel, Abs. 1¹²⁵)^{126 127} Dabei kann die Anwendung des LPS, des LCM, der TPTS und des LBS sinnvoll sein und auch bei der Erfüllung dieses Zieles helfen. Diese Methoden sind im Vergleich zu den klassischen PM-Methoden ausreichend auf die Praxis angepasst und können Verbesserungen bewirken, vor allem was die Zuverlässigkeit der Planung angeht. Das LPS und die LCM bieten zudem eine Projektcontrolling-Infrastruktur an. Es ist die Aufgabe des Projektleiters des GUs, um eine passende Methode für das entsprechende Projekt zu finden und vor allem auch diese umzusetzen.¹²⁸ Es spricht aber grundsätzlich auch nichts gegen den Einsatz klassischer PM-Methoden. Es ist jedoch wichtig, dass die Projektleitung das Ausmaß der Aufgaben richtig einschätzt, die Projektcharakteristika kennt und dementsprechend eine passende Managementmethode auswählt.¹²⁹ In der Realität findet man selten Projekte, welche eine reine PM-Methode anwenden, egal ob von klassischen, agilen oder LEAN PM-Methoden gesprochen wird.^{130 131 132}

Die folgenden Methoden beschäftigen sich mit der eigentlichen Koordinationsaufgabe des GU und sind dementsprechend eher Projektsteuerungsmethoden. Zu erwähnen ist, dass das Last Planer System (LPS), das Lean Construction Management (LCM) sowie das Location Based Scheduling (LBS) grundsätzlich auf Taktplanung und -steuerung (TPTS) basieren. Die Umsetzung der TPTS im Rahmen der einzelnen Methoden unterscheiden sich in mehreren Punkten. Zudem sind diese Managementsysteme auch deutlich umfangreicher als die TPTS.

Taktplanung und Taktsteuerung TPTS

Bei der TPTS wird das Bauprojekt in ähnliche Arbeitsbereiche unterteilt und abfolgende Tätigkeiten der unterschiedlichen Gewerke werden zusammengetragen. Aus diesen werden Arbeitsfolgen gebildet, welche sich in jedem der Arbeitsbereiche wiederholen. Solche Arbeitsfolgen werden in „Züge“ zusammengetragen und in einem groben Projektstrukturplan zusammengefasst. Anschließend werden alle Prozessschritte auf die Dauer der für das Projekt entsprechenden Taktzeit normiert. Meistens beträgt so eine Taktzeit eine Woche. Dies kann sich jedoch aufgrund der Projektgröße und der Mitarbeiterzahl auf der Baustelle unterscheiden. Aufgrund der Normierung der Taktzeiten auf einen Wochentakt können geringfügige Verspätungen beispielsweise am Samstag nachgearbeitet werden. Zudem bietet das Wochenende z.B. während der Rohbauphase ein gutes Zeitfenster, welches man für das

¹²⁵ (BGB 2020, §633, Abs. 1)

¹²⁶ (G. K. Frank Wallau 1999, S. 31-34)

¹²⁷ (Fritz Berner 2009, S. 8, 135, 142)

¹²⁸ (Projektmanagement Handbuch kein Datum)

¹²⁹ (Könninger 2019)

¹³⁰ (Czechowski 2019)

¹³¹ (Schuh 2013, S. 157-158)

¹³² (ibau GmbH 2020)

Abbinden der Betonarbeiten verwenden kann, so dass in der Folgewoche nahtlos weitergearbeitet werden kann. Wenn es sichtbar wird, dass die Aufgaben innerhalb der vorgeschriebenen Taktung nicht rechtzeitig fertig werden, kann entweder die Taktzeit auf zwei Wochen verlängert werden, oder aber die Mitarbeiterzahl muss erhöht werden. ^{133 134}

Last Planer System (LPS)

Das Last Planer System (LPS) verfolgt wie auch die TPTS das Ziel, einen kontinuierlichen Arbeitsfluss zu erzeugen und dabei Vollausslastung sowie Ressourcen- und Kapazitätspuffer zu vermeiden. Zudem nutzt das LPS das Pull-Prinzip bei der Terminplanung. Hierfür werden tagesgerechte Arbeitspakete in Zusammenarbeit mit jedem Gewerk erstellt und wöchentliche Takte gegliedert. Dabei ist jedoch wichtig zu unterstreichen, dass die Nachunternehmer in die Terminplanung einbezogen werden und diese verbindlich die Dauer der zu erfüllenden Tätigkeiten einschätzen müssen. Ist das Arbeitspaket zu groß, muss die Mitarbeiterzahl erhöht werden, so dass die Erfüllung der Arbeitspakete in einer Woche gewährleistet ist. Basierend auf dieser Planung erstellt der Projektleiter zuerst einen groben Projektstrukturplan und beruft anschließend ein Teammeeting ein, um die Wochentätigkeiten der Gewerke zu einem Gantt-Plan zusammenzufügen. Zu diesem Meeting werden alle Personen eingeladen, welche die erforderliche Entscheidungsbefugnis im Hinblick auf die personelle sowie terminliche Gestaltung der Arbeit der einzelnen Nachunternehmerkolonnen besitzen. Bei einem solchen Planungsmeetings wird ein Plan für die nächsten vier bis zwölf Wochen erstellt. Der Projektleiter schätzt ungefähr ab, welcher der letzte Meilenstein ist, der in den nächsten Wochen erfüllt werden kann. Bei dem Teammeeting werden die Arbeitspakete wochenweise, rückwärtig vom ersten geplanten Projektziel des Projektleiters, zu einem Ganttplan zusammengesetzt. Dazu werden oft Klebezettel verwendet, welche für die einzelnen Arbeitspakete sowie Meilensteine stehen. So wird gemeinschaftlich ein Plan erstellt und alle Gewerke können alles, was sie für wichtig halten, transparent machen und damit den Plan ergänzen. Dabei ist es wichtig, dass jedes Gewerk aufzeigt, welche Abhängigkeiten im Arbeitsfluss existieren. So werden während des Meetings die einzelnen Abhängigkeiten sowie Verantwortlichkeiten zusammengetragen und notiert. Auch besondere Notizen werden am Board befestigt. Dazu gehören z.B. Liefertermine für Materialien, Termine für die Gerüstarbeiten oder andere Termine, welche dringend eingehalten werden müssen, um eine Unterbrechung der Arbeiten zu vermeiden. Bei der Erstellung dieses Wochenplans ist es wichtig, dass alle für die einzelnen Tätigkeiten verantwortlichen Personen anwesend sind, so dass sie sich bei Unstimmigkeiten äußern können. Nur so können spätere Konflikte vermieden werden. Die wöchentlichen Aufgaben der einzelnen Kolonnen werden in einem Wochenplan notiert und in Tagesaufgaben gegliedert. Diese Wochenpläne sind einem Kanban-Board nachempfunden. So ist klar, welche Aufgaben noch ausstehend sind, welche in Bearbeitung sind und welche bereits erledigt worden sind. Auch werden Verantwortlichkeiten notiert, so dass jeder Kolonnenführer genau weiß, für was er und seine Kolonne verantwortlich ist. Ein Einsatz eines öffentlich ausgestellten Kanban-Boards ist empfehlenswert, wird jedoch

¹³³ (German Lean Construction Institute - GLCI e.V. 2019, S. 49-56)

¹³⁴ (Döppler Team GmbH 2009)

nicht immer praktiziert. Zudem übernimmt der Wochenplan die Aufgabe eines Workflow-Backlogs, in welchem der Kolonnenführer Gründe für nicht termingerechte Erfüllung der Aufgaben notiert. Dies soll die Zuverlässigkeit der Planungszusagen erhöhen, eine realistische Planung ermöglichen und auch ein positives sowie konstruktives Arbeitsklima schaffen. Aufgrund des kurzen Planungshorizonts vermeidet man zudem unnötige Tätigkeiten bei Arbeit der Projektleitung.^{135 136}

Lean Construction Management (LCM)

Das Lean Construction Management (LCM) ist wie die TPTS und das LPS ein System zur Optimierung der Arbeitsabläufe, welches auf der TPTS basiert. Das System wurde 2001 von Drees & Sommer entwickelt. Das Hauptaugenmerk des LCM liegt darin, Kommunikation hinsichtlich der Schnittstellen sowie die Top-down- und Bottom-up-Kommunikation zu optimieren. Auch hier wird, wie beim TPTS das Ziel verfolgt, sowohl die Transparenz als auch die Termineinhaltung zu optimieren und dadurch eine Risikominimierung zu bewirken. Dieses erreicht das LCM mithilfe eines dreistufigen Planungskonzeptes. Zuerst wird eine Gesamtprozessanalyse vorgenommen. Diese wird vom ganzen Planungsteam in einem gesonderten Lean Raum vorgenommen. Bei einem Teammeeting treffen sich Projektleiter, Bauleitung, Vertreter der Nachunternehmer sowie Prozessberater. Das Meeting ähnelt den LPS-Teammeetings. Wie beim LPS wird mithilfe des Pull-Prinzips und der Visualisierung durch Klebekarten die Planung durchgeführt und wichtige Anmerkungen werden notiert. Auch Meilensteine werden auf sogenannten „Aktionspunkten“ notiert. Bei diesen wird allerdings im Gegensatz zum LPS zuerst der gesamte Bauprozess untersucht, so dass dieses Meeting deutlich aufwändiger ausfällt. Anschließend erstellt der Projektleiter auf Basis der Gesamtprozessanalyse die Prozessplanung. Dabei verwendet er soweit möglich auch die TPTS. Er plant jedoch deutlich weiter als beim LPS. Der Plan wird für die nächsten drei bis sechs Monate erstellt. Anschließend findet jeden Monat ein Workshop statt, bei dem die Projektplanung ergänzt und der Plan angepasst wird. Der letzte Schritt des LCM ist die Tafelplanung. Im „Obeya“-Raum, welcher über die gesamte Bauzeit für alle zugänglich sein soll, wird eine Prozesskarten-Tafel aufgestellt. Alle vier Wochen wird diese mit neuen Prozesskarten bestückt. Die einzelnen Spalten der Tafel stehen für Tage und die Zeilen für Gewerke. So werden tageweise die Aufgaben eines jeden Gewerks auf verschiedenen Aufgabenkarten notiert. Bei täglichen Meetings wird der Arbeitsfortschritt transparent gemacht. Wurde eine Aufgabe fertig gestellt, wird die dazugehörige Karte umgedreht. Da die Rückseiten der Aufgabenkarten allesamt grün sind, erhält man so einen guten Überblick über den Fortschritt der Arbeit im Projekt. Falls es zu Problemen oder Verspätungen kommt, gibt es auch dafür Sonderkarten, welche in so einem Fall an die Tafel gehängt werden können.^{137 138 139}

¹³⁵ (Döppler Team GmbH 2009)

¹³⁶ (M. Fiedler 2018, S. 252-253, 255-257)

¹³⁷ (German Lean Construction Institute - GLCI e.V. 2019, S. 37-46)

¹³⁸ (Fiedler 2018, S. 137-160)

¹³⁹ (Wieser 2010, S.40-42)

Der Planer errechnet basierend auf der Anzahl der rechtzeitig abgearbeiteten Aufgaben sowie der Gesamtzahl aller täglich zu bearbeitenden Aufgaben die On-Time-Performance (OTP) als Fortschrittsmesser. Diese Kennzahl sowie weitere werden als Key-Performance-Indikatoren (KPI) eines jeden Gewerks in Kennzahlenblätter vermerkt. Diese Kennzahlenblätter werden immer sichtbar im „Obeya“-Raum ausgehängen und können von jedem eingesehen werden. Der Projektleiter gewinnt durch die Kennzahlenblätter einen guten Überblick über die Arbeitsleistung der einzelnen Kolonnen und kann stets auf Veränderungen der OTP schnell reagieren. So kann er, gegeben, dass der OTP-Wert einer Kolonne regelmäßig 100% erreicht, prüfen ob die Aufgabenzuschneidung ggf. angepasst und der Kolonne mehr Aufgaben übertragen werden. Falls eine Kolonne einen OTP-Wert unter 100% erreicht, bedeutet dies, dass diese mit der Fertigstellung ihrer Aufgaben in Verzug ist. In diesem Fall muss der Projektleiter den Grund für diese Verspätung ermitteln. Dafür hält das LCM die Fünf Fragen Methode bereit. Dabei fragt der Projektleiter nach dem „Warum?“ eines Problems. Sobald ihm darauf eine Antwort gegeben wird, fragt er wieder nach dem „Warum?“ und wiederholt diese Frage-Antwort-Wechselspiel solange, bis keine Antwort mehr auf die Frage nach dem Warum gegeben werden kann. Als Faustregel sagt man, dass man die Frage nach dem Warum ungefähr fünfmal stellen sollte. Die zuletzt gegebene Antwort weist auf den eigentlichen Grund der Verzögerung und damit auf das tatsächliche Problem hin, welches beseitigt werden kann. ¹⁴⁰

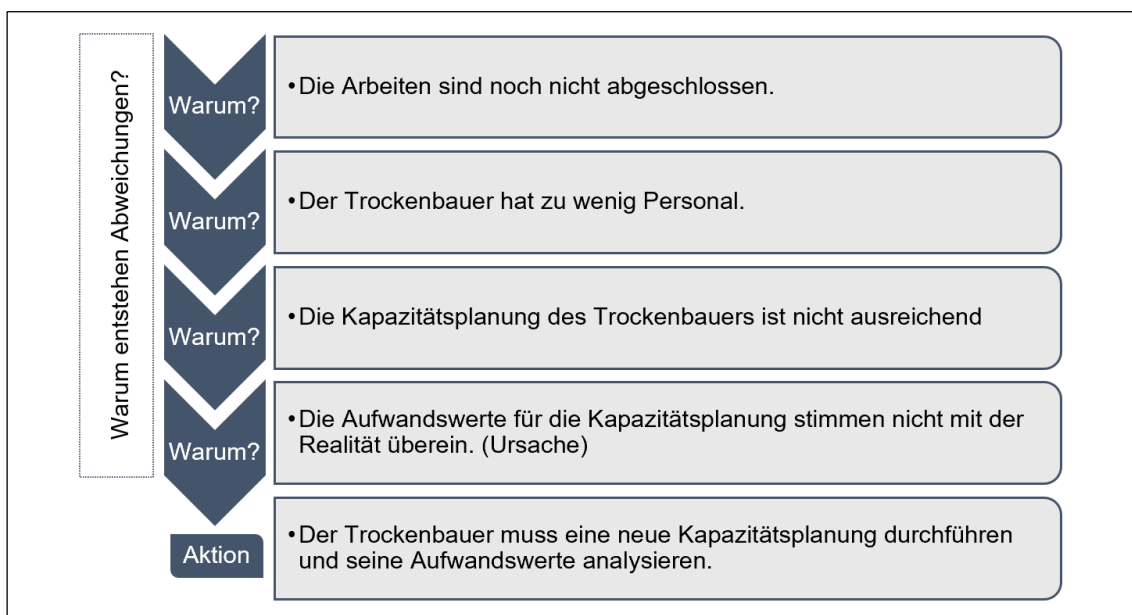


Abbildung 3: Fünf Fragen Methode (in Anlehnung an ¹⁴¹)

Die Fünf Fragen Methode folgt gemäß der Lean-Philosophie einen lösungsorientierten Ansatz. Durch kontinuierliche Verbesserungen der Prozesse und eine gemeinschaftliche Zusammenarbeit wird die Stabilität sowie Stetigkeit der Prozesse erhöht und ein dauerhafter

¹⁴⁰ (Fiedler 2018, S. 137-160)

¹⁴¹ (Fiedler 2018, S. 168)

Mehrwert wird für das Unternehmen generiert.¹⁴² (Ein Anwendungsbeispiel zum besseren Verständnis der Fünf Fragen Methode ist in Abbildung 2 illustriert.)

Grundsätzlich kann man sagen, dass das LPS und das LCM sich im Grundgedanken nicht sonderlich unterscheiden, aber in der Umsetzung. Das LPS ist etwas schlanker gehalten und ist besonders bei Baustellen, welche keinen Planungsvorlauf haben, einfacher anzuwenden. Deswegen ist das System jedoch auch nicht so durchsichtig wie das LCM. Das LCM wird vor allem bei Projekten eingesetzt, bei denen der Bauherr eine große Rolle spielt. Das LCM setzt den Schwerpunkt noch stärker auf das Projektcontrolling. Auch die Anwendung einer Hybridform aus den beiden Methoden wäre denkbar. Wichtig ist, dass das auszuwählende Managementsystem auf die lokalen Umstände angepasst wird, um das volle Potenzial zu entfalten.

Location-Based Management System (LBS)

Die dritte Methode, welche sich mit dem Prinzip des kontinuierlichen Arbeitsflusses beschäftigt, ist das Location-Based Management System LBS. LBS gehört zur Gruppe der Location-Based Management Systeme (LBMS). Deshalb kommt es vor, dass man diese Methode auch unter diesem Namen findet. Die LBS-Methode ist jedoch eher eine Ergänzung der o.g. Methoden. Die LBS-Methode ist eine grafische Methode zur Darstellung von Prozessabläufen und ist eine Alternative zu Methoden, welche auf der Idee des kritischen Pfades basieren. Im Bauwesen bewegen sich die einzelnen Arbeitskolonnen durch das sich stetig ändernde eigentliche Produkt hindurch und somit kommt es auch zu regelmäßigen Änderungen des Arbeitsplatzes der Arbeitskolonnen. Die LBS-Methode nimmt sich des Problems an, wenn es zu Überschneidungen der Arbeiten von Gewerken kommt und somit ein Arbeitsplatz doppelt besetzt wird. Es kann vorkommen, dass aufgrund von Planungsfehlern unbeabsichtigt zwei Gewerke plötzlich zur gleichen Zeit in einem Raum arbeiten müssen. Dies führt dann entweder zu kurzfristigen Planänderungen oder sogar zu Unterbrechungen im Arbeitsfluss. Um diesen Problemen zu begegnen, wurde das LBS entwickelt. Diese grafische Methode hilft während der Planung und Ausführung, um eine Übersicht über den Aufenthalt der einzelnen Gewerke zu schaffen. So können Störungen schon im Vorfeld prognostiziert werden und Planer können darauf im Vorfeld reagieren. Dabei wird das Projekt in Arbeitsbereiche bzw. Teilflächen untergliedert. Diese Unterteilung wird Location Breakdown Structure genannt. Die Timeline des Projekts wird anhand dieser Teilflächen geplant. Im zweiten Schritt ermittelt man die Dauer der einzelnen Aufenthalte der Kolonnen in den einzelnen Arbeitsbereichen und erstellt anschließend ein Flussdiagramm, welches auf der einen Achse die einzelnen Arbeitsbereiche grob darstellt und auf der anderen Achse die einzelnen Tage des Projektes. Auf dem Diagramm werden nun die Aufenthalte der einzelnen Gewerke notiert. Solange die Gewerke sich nicht zur selben Zeit am selben Ort befinden, ist dies ein Zeichen, dass es zu keinen Überschneidungen kommt. Durch die unterschiedlichen Zeiträume der Aufenthalte der einzelnen Kolonnen in den verschiedenen Arbeitsbereichen kann erkannt werden, welche Kolonnen schneller arbeiten als andere. Man

¹⁴² (Fiedler 2018, S. 168)

erkennt aber auch, wann bestimmte Arbeitsbereiche nicht besetzt sind. Diese Information kann genutzt werden, um Potenziale für Verbesserungen besser zu erkennen.¹⁴³

Diese Methode ist vor allem in Hinblick auf Bausimulationen sehr zukunftsweisend. Es sind zudem Echtzeit-LBMS-Trackingsysteme in Entwicklung, welche auf der BIM-Technologie basieren. Sie nutzen die ermittelten Mengen, welche von der BIM-Software ausgegeben werden und können mithilfe einfacher Arbeitskennwerte die Dauer der einzelnen Tätigkeiten ermitteln. Wird das Projekt in Arbeitsbereiche unterteilt, kann ein Programm sich an solche Kriterien halten und fast schon selbstständig entstehende Probleme erkennen.^{144 145}

Grundsätzlich gibt es auch bei der Objektüberwachung viele digitale Hilfsmittel. Digitale Bautagebücher, Mängelmanagement-Software und weitere Lösungen, welche bei der Dokumentation verschiedener Dinge hilfreich sein können. Diese Lösungen haben aber keinen großen Einfluss auf den Ablauf der Tätigkeiten auf der Baustelle, weswegen sie hier außer Betracht gelassen werden. Dennoch entsprechen jegliche Hilfsmittel, welche die Arbeitsstruktur und die Kommunikation zwischen allen Projektbeteiligten verbessern, dem Gedankengang des IPDS und des IPD.

Leistungsphase 9 / Objektbetreuung

Die Objektbetreuung und Dokumentation beginnt mit der Fertigstellung und endet mit dem Ende der Gewährleistungsfrist des Gebäudes. Zu den Aufgaben während dieser LPH gehören u.a. die Freigabe der Sicherheitsleistungen sowie die fachliche Bewertung und Beseitigung von Mängeln. Zwar wird jedes Gebäude nach der Fertigstellung auf Mängel überprüft und diese werden noch in der LPH 8 nachgebessert. Jedoch entstehen einige Mängel während der Gebäudenutzung oder kommen dann zum Vorschein. Soweit diese nicht vom Nutzer verursacht wurden, sondern legitim sind, ist der GU zur Beseitigung dieser Mängel verpflichtet. Besondere Leistungen, welche dennoch oft vom GU pauschal angeboten werden, sind u.a. das Aufstellen von Ausrüstungs- und Inventarverzeichnissen, Baubegehungen nach der Übergabe, das Erstellen von Wartungs- und Pflegeanweisungen, das Überprüfen der Bauwerks- und Betriebs-Kosten-Nutzen-Analyse. Vor allem kommt dem GU in dieser Phase ein strukturiertes Arbeiten zugute. Ferner spielt hierbei ein digitales System zur Datenverwaltung seine Stärken aus.^{146 147}

¹⁴³ (Fiedler 2018, S. 179-198)

¹⁴⁴ (Dori 2015, S. 31, 60-65)

¹⁴⁵ (Fiedler 2018, S. 179-180)

¹⁴⁶ (HOAI 2013, Anl. 10)

¹⁴⁷ (IWW Institut 2009)

4 Ergebnisse

Da nun der Projektablauf und die Nutzung der Lean-Methoden in den einzelnen Projektphasen geklärt ist, stellt sich die Frage, welche Projektphasen von der Nutzung der Lean-Methoden am meisten profitieren. Es ist zuerst wichtig zu unterstreichen, dass die einzelnen LC-Methoden und Tools nicht unbedingt für jede Projektphase gleichsam vorteilhaft ist. Im Abschnitt 3.2 wurden die unterschiedlichen Lean-Methoden grob in Kategorien gegliedert. In Methoden, welche zur Wertidentifikation und Wertström-Verständnis beitragen und somit das eigentliche Produkt (das Gebäude) optimieren. Außerdem gibt es Methoden, welche sich eher mit dem Prinzip des kontinuierlichen Arbeitsflusses befassen und der Verbesserung des Bauprozessablaufs dienen. Bei der Untersuchung der unterschiedlichen LC-Methoden fällt jedoch auf, dass jede der LC-Methoden und Tools den Fokus auf die Optimierung anderer Bereiche setzt. Tatsächlich gibt es ferner keine Methode und kein Tool, welches alle Bereiche des Bauprozesses abdeckt und alleine alle Probleme aus der Welt schafft.

Um einen Überblick über die notwendigsten Lean-Methoden zu erlangen, wurde ein Diagramm erstellt (s. Abbildung 4). In diesem sind die einzelnen Methoden nach Ihrer Ausprägung gegliedert. Außerdem wurde ihre Komplexität erfasst. Mit der Komplexität ist hierbei nicht nur gemeint, wie aufwändig diese in den Prozess zu implementieren sind. Darunter ist auch die Bandbreite an einzelnen Tools zu verstehen, welche diese Methoden mit sich bringen. Methoden sollten eine bestimmte Komplexität nicht übersteigen, weil eine hohe Komplexität die Effizienz mindert.

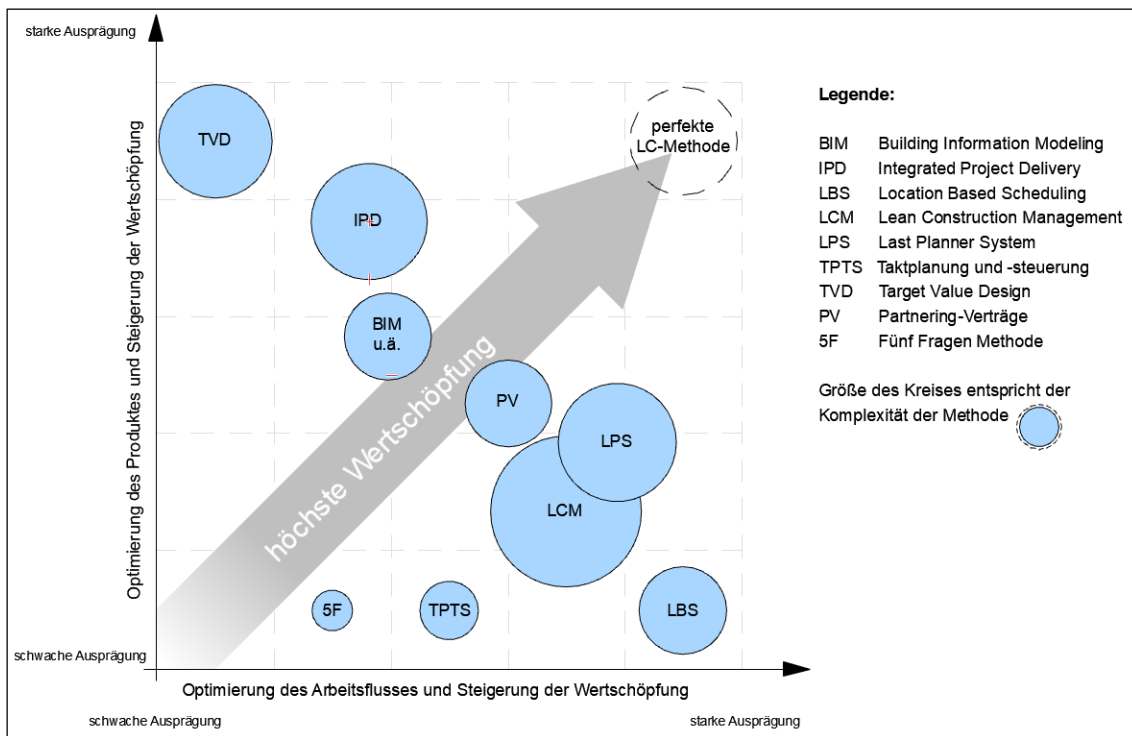


Abbildung 4: Auswertung der Methodencharakteristika¹⁴⁸

¹⁴⁸ (Eigene Darstellung)

Tools wie BIM u.ä. haben ihre Vorteile darin, Planungsfehler durch Hilfestellungen zu vermeiden und bieten somit die Möglichkeit das Produkt zu verbessern. BIM hilft außerdem den Projektablauf zu optimieren, indem durch verschiedene BIM-Tools Fehler im Bauprojekt vermieden werden. BIM alleine bringt jedoch keinen großen Mehrwert, weil dieses Tool nur indirekt dabei hilft die Planung zu optimieren. Das Gebäude wird von Spezialisten geplant und nur, wenn sie mithilfe von Tools wie TVD in die Entwurfsphase integriert werden und alle kompetenzübergreifend am Entwurf arbeiten, kann ein optimaler Entwurf entstehen. Die Anwendung des TVD alleine bringt jedoch auch nicht so viel, wenn es zu Problemen während der Bauphase kommt. Auch ein perfekter Entwurf kann das Budget überziehen, wenn aufgrund von Verzögerungen die Baukosten enorm steigen. Das Überziehen des Budgets würde ferner die Wertschöpfung mindern. Methoden wie das LPS können bei solchen Problemen vorbeugen und ein Arbeitsumfeld schaffen, welches Fehler nicht ausarten lässt. So schließt sich wiederum der Kreis, weil das LPS alleine ohne ein wirtschaftliches Produkt, von vornherein zum Scheitern verurteilt ist. Nur ein wirtschaftlicher Entwurf kann auch eine hohe Wertschöpfung erreichen. Grundsätzlich ist es egal, ob der Arbeitsfluss oder das Produkt verbessert wird. Die Wertschöpfung wird erhöht. Effektiv besteht das Ziel darin beide Aspekte zu verbessern. Da nur das Streben nach Perfektion im Hinblick auf beider Aspekte die optimale Wertschöpfung generieren kann. So gleichen sich die einzelnen LC-Methoden und Tools zum Teil aus. Wobei das der tatsächliche Mehrwert der Anwendung beider Methoden höher sein kann, als die Summe der beiden Mehrwerte alleine (s. Abbildung 5).

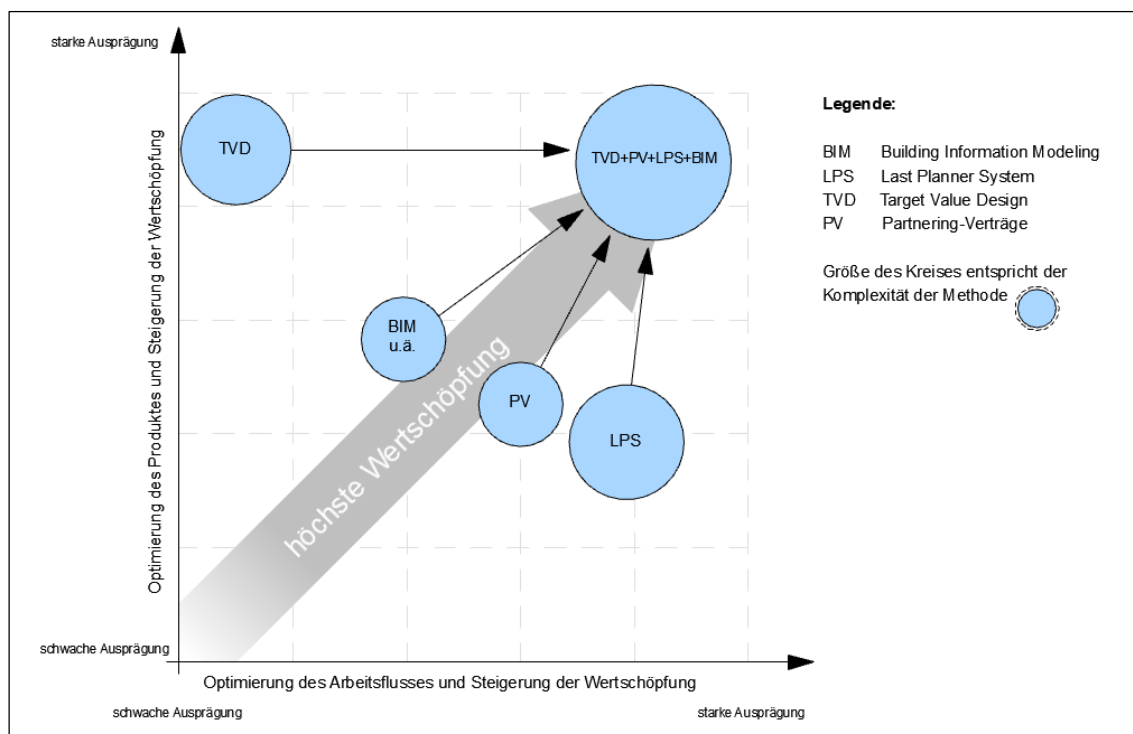


Abbildung 5: Beispiel für eine optimale Verwendung der LC-Methoden¹⁴⁹

Die Anwendung der o.g. LC-Methoden und Tools unterscheidet sich in jeder Firma. Es gibt Firmen, welche ausschließlich das LPS nutzen. Andere hingegen gehen von der Lean Thinking-

¹⁴⁹ (Eigene Darstellung)

Philosophie aus, verzichten auf die strikten Vorgaben der o.g. LC-Methoden und nutzen einige Tools. Der Anwender muss selbst entscheiden welche Lean-Tools für ihn wichtig sind und diese gezielt auswählen. Die Bedürfnisse unterscheiden sich dabei von Projekt zu Projekt. So kann auch die Intensität der Anwendung von LC auf die Projekte stark variieren. Das Lean Construction Institut (LCI) hat in den Jahren 2017 bis 2018 verschiedene Studien zum Thema der Anwendung von LC-Methoden in Bauprojekten durchgeführt. Das Ziel des LCI besteht darin der Bauindustrie aufzuzeigen, dass man über die Verfestigung von Lean Prozessen, durch Verbesserungen im Bereich der Zusammenarbeit sowie durch das Hervorheben der Kommunikationsebene, tatsächlich messbare Resultate erzielen kann.¹⁵⁰ Ein wichtiges Ergebnis einer Studie war, dass eine höhere Intensität der Anwendung von LC-Methoden bei Bauprojekten, die Wahrscheinlichkeit deutlich erhöht, dass es sich um besonders hervorragenden Projekte handelt.¹⁵¹ Als Datengrundlage diente eine Studie, welche sich mit dem Vergleich von normalen und herausragenden Projekten beschäftigte. Das Ziel war es Erfolgsfaktoren, sowie den Einfluss von Lean auf herausragenden Projekte zu untersuchen.¹⁵²

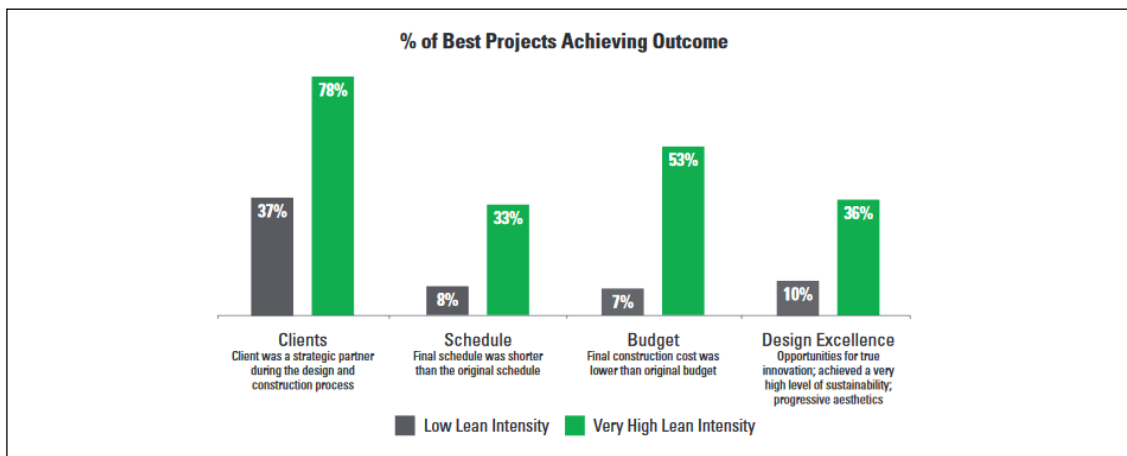


Abbildung 6: Studie zur Lean-Intensität¹⁵²

Diese bestätigen die These, dass LC-Methoden bei konsequenter Anwendung den Projekterfolg erheblich steigern. Um diese Studie zu ergänzen und um herauszufinden, was tatsächlich dafür verantwortlich ist, zu Projektende ein gutes Produkt zu schaffen, wurden Befragungen mit verschiedenen Entwurfsspezialisten (Architekten und Ingenieuren) durchgeführt. Diese wurden dazu befragt wie sie den Kundenmehrwert erhöhen und die Designqualität ihrer Entwürfe verbessern.¹⁵²

¹⁵⁰ (Lean Construction Institute - LCI 2018)

¹⁵¹ (Lean Construction Institute - LCI 2018)

¹⁵² (Lean Construction Institute - LCI 2018)

Bei den von ihnen verwendeten Methoden wurde deutlich, dass Visioning Workshops einen großen Einfluss auf die spätere Designqualität der Entwürfe haben. Dabei ist das Verhältnis von herausragenden und nicht herausragenden Projekten besser als bei der Verwendung von TVD. Außerdem ist die gemeinsame Arbeit mithilfe eines BIM-Systems wichtig für den Projekterfolg. Jedoch ist dies nicht so ausschlaggebend, wie das Erstellen physischer Modelle. Interessant ist, dass ein gemeinsamer Arbeitsort, das sogenannte Big-Room-Prinzip, nur bei wenigen Projekten angewandt wird. Bei der Anwendung dieses Tools ist das Verhältnis zwischen herausragenden und nicht herausragenden Projekten etwas besser als bei der gemeinsamen Arbeit mithilfe eines BIM-Systems. Außerdem zeigt diese, dass ein herausragender erster Entwurf immer noch am besten auf einem Blatt Papier entsteht. Dennoch sind digitale Mittel eine valide Alternative, falls dies nicht möglich ist. Das bedeutet jedoch nicht, dass auf BIM und TVD verzichtet werden sollte. Diese Methoden sollte definitiv nach Bedarf unterstützend und zu lang bewehrten Entwurfsmethoden genutzt werden. Nur so ist das Beste aus beiden Welten zu erlangen. Auch macht diese Statistik deutlich, dass die Methode an sich nicht der entscheidende Punkt ist. Viel eher sind es der angebrachte Einsatz dieser. Ein Projektleiter mit Expertise und Soft-Skills ist, was ein gutes Projekt ausmacht. ¹⁵³

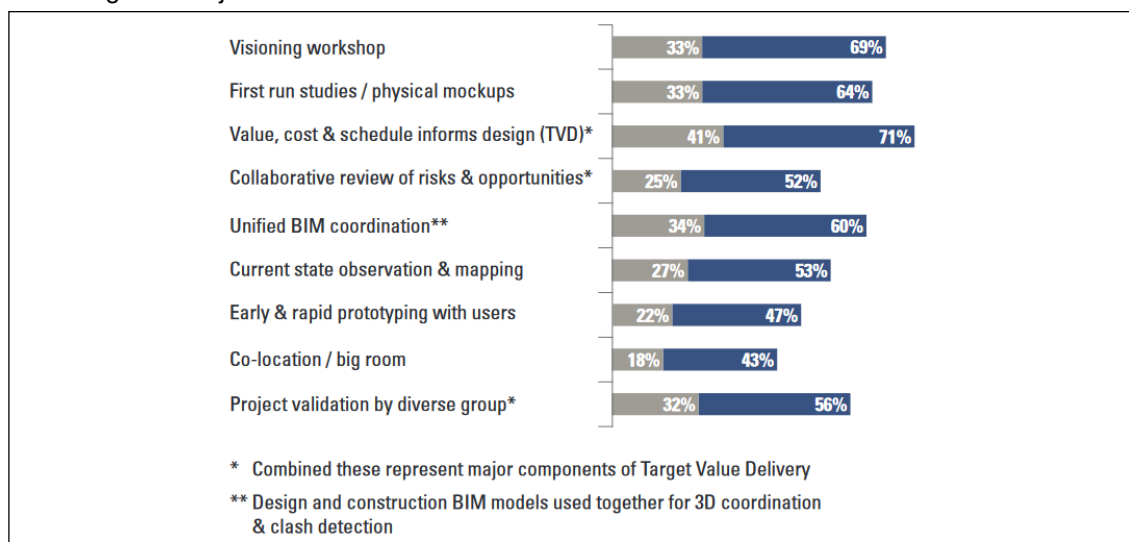


Abbildung 7: Studie zur Designqualität¹⁵³

Es besteht noch die Frage, wie sich die LC-Methoden auf die einzelnen Projektphasen auswirken. Wie soeben verdeutlicht, führt die Anwendung von LC-Methoden im Bauprojekt nicht zwangsmäßig zum Projekterfolg. Die richtige Wahl der Methoden ist dabei umso entscheidender. Alle Methoden haben individuelle Vor- und Nachteile. Zwar wirkt sich die Nutzung der TVD- und IPD-Methoden positiv auf die Entwurfsqualität aus, dies bedeutet jedoch fast immer gleichzeitig einen höheren Organisationsaufwand und verursacht somit Kosten. Außerdem spielt die Intensität der Anwendung der einzelnen Methoden eine große Rolle. Diese ist jedoch schwer zu erfassen. Die nachfolgende Tabelle zeigt die qualitative und quantitative Auswirkung der einzelnen LC-Methoden auf die einzelnen Projektphasen.

¹⁵³ (Lean Construction Institute - LCI 2018)

Tabelle 1: Untersuchung der Auswirkungen der LC-Methoden auf Projektphasen¹⁵⁴

	Produkt im Vordergrund		Zusätzliche Methoden			Prozess im Vordergrund			
	TVD	IPD	BIM	5F	PV	TPTS	LPS	LCM	LBS
Entwurfsphase									
Grundlagen-ermittlung									
LPH 1	+								
LPH 2	+	+							
LPH 3	+	+	+						
Genehmigungs- und Ausführungsplanung									
LPH 4	+	+	+		+				
LPH 5	+	+	+		+				
Vergabe und Ausführung									
LPH 6	+	+	++		+				
LPH 7	+	+	++		+				
LPH 8	++	+	++	+	++	++	++	++	++
Nutzungsphase									
LPH 9	++	++	++		+	+	+	+	+
Legende: BIM IPD LBS LCM LPS TPTS TVD PV 5F Building Information Modeling Integrated Project Delivery Location Based Scheduling Lean Construction Management Last Planner System Taktplanung und -steuerung Target Value Design Partnering-Verträge Fünf Fragen Methode + □ Qualitativ positive Auswirkung auf die Projektphase Keine qualitative Auswirkung auf die Projektphase Leicht erhöhter Aufwand Deutlich erhöhter Aufwand Geringerer Aufwand Keine Aufwandänderung Dabei wurde der Vergleich stets zu klassischen und agilen PM vorgenommen.									

¹⁵⁴ (Eigene Darstellung)

Diese Tabelle verdeutlicht einerseits die qualitative und aufwandsbezogene Auswirkung der LC-Methoden auf die einzelnen Projektphasen. Dabei ist zu unterstreichen, dass in der Graphik der Aufwand sowie die Auswirkung nicht mit der Verwendung gleichzusetzen ist. Entsprechende Methoden können bereits früher initiiert oder gar schon zuvor im Bauprozess verwendet worden sein ohne, dass sie Auswirkungen auf diesen hatten bzw. haben. Demnach werden in der Darstellung nur die Auswirkungen der Methoden untersucht und nicht wann diese zur Anwendung kommen. Unter qualitativen Auswirkungen sind eine geringere Fehlerquote oder ein Einfluss auf das Endprodukt gemeint. Die aufwandsbezogene Auswirkung meint einer Senkung des organisatorischen Aufwands. Es kristallisiert sich heraus, dass die Methoden TVD und IPD zu Beginn einen geringmäßig höheren Aufwand vorweisen. Diese verbessern jedoch auf Dauer die Qualität des Entwurfs und bringen dadurch Vorteile in den späteren Phasen mit sich. TVD und IPD steigern deutlich die Wertschöpfung. Grund dafür ist das Einbeziehen verschiedener Parteien in die Planung. Dadurch können ferner, aufgrund von zusätzlichem Fachkenntnissen, die Baukosten und Folgekosten gesenkt werden. Außerdem ist es möglich die Kosten, welche aufgrund von Fehlern entstehen, zu vermeiden. Somit wird die Entwurfsqualität gesteigert und später auftretende Mängel vorgebeugt. Zudem ist stets zu beachten, dass die Möglichkeit Kosten zu beeinflussen in den frühen Phasen am größten ist ¹⁵⁵.

Auffällig ist auch, dass BIM als unterstützendes Tool zwar von der LPH 2 an verwendet wird, aber auf Dauer nur einen geringfügigen Mehraufwand bei der Planung verursacht. Tatsächlich haben L. F. Domingues and E. T. Santos in einer Studie versucht den Mehraufwand, welcher im Zusammenhang mit der Nutzung von BIM, gegenüber der Nutzung konventioneller CAD-Programme, entsteht, zu erfassen. Sie untersuchten Zeitwerte der grafischen Modellierung anhand von drei Projekten und konnten damit durchschnittliche Aufwandswerte bilden. Sie ermittelten genauso den durchschnittlichen Mehraufwand bei der Nutzung von BIM. Und zwar auch denjenigen, welcher gegenüber 2D-CAD Zeichnungen entsteht. Ferner wurde der Mehraufwand ermittelt, welcher durch die Nutzung von zusätzlichen BIM-Tools, wie Dynamo oder einer Modelchecking Software resultiert. Die Autoren fanden heraus, dass bei der Nutzung von BIM ein durchschnittlicher Mehraufwand von 8% entsteht. Bei der zusätzlichen Verwendung von BIM-Tools steigt der Mehraufwand auf 12%. Diese Zahlen sind nicht stellvertretend für alle Projekte. Diese können jedoch als ein sehr grober Schätzwert angesehen werden. L. F. Domingues und E. T. Santos stellten bei der Untersuchung vor allem eine große Verbesserung der Entwurfsqualität fest. Tools wie Dynamo ermöglichten numerisch zu entwerfen und gaben eine gewisse Entwurfsfreiheit, welche mit normalen 2D-CAD-Programmen nicht möglich ist.¹⁵⁶

Soweit die Planung feststeht und das Gebäude nach allen Kriterien der Steigerung der Wertschöpfung entworfen wurde, besteht die Aufgabe darin, dieses Gebäude zu errichten. Dazu müssen die Leistungen jedoch erstmals ausgeschrieben und an Nachunternehmer vergeben werden. Tatsächlich gibt es nur ein Mittel, um die Ausschreibungs- und Vergabetätigkeit so effizient, wie nur möglich vorzunehmen – BIM. Besondere BIM-Tools bzw.

¹⁵⁵ (Litau 2015, S. 24-25)

¹⁵⁶ (L. F. Domingues 2020, S. 478-480)

Ausschreibungssoftware vermeidet die meisten monotonen Tätigkeiten, wie z.B. Mengenermittlungen und erhöht die Planungssicherheit. Sobald die Bauphase beginnt, hilft die Software außerdem bei der Abrechnung. Tatsächlich ist die Zeitersparnis hierbei immens und es können teilweise sogar Mitarbeiterstellen eingespart werden. Was die Ausführung betrifft ist die Wichtigkeit der Vertragsgestaltung zu erwähnen, weil die Partnering-Vertragsmodelle die reibungslose Anwendung der LC-Methoden in den meisten Fällen erst ermöglicht. Jede Baustelle hat jedoch eine gewisse Eigendynamik. Einige laufen besser und andere schlechter. Oftmals arbeiten Projekt- und Bauleitung zudem nicht mit, sondern gegen den Nachunternehmer. Dieses ist jedoch nachvollziehbar, da Nachunternehmer andere Ziele als die Projekt- und Bauleitung verfolgen. Natürlich wollen alle Unternehmer zu Beginn des Projektes ein schnelles Fertigstellen erreichen. Bei auftretenden Schwierigkeiten, ist diese Einstellung schon nicht mehr so eindeutig. GU wie auch alle Nachunternehmer möchten Geld verdienen und oftmals bedeutet es, dass sie gegeneinander und nicht miteinander arbeiten. Falls ein Bauprozess sehr undurchsichtig ist und zwischen den Parteien nicht genügend kommuniziert wird, schaukeln sich kleinere Probleme hoch und werden zu unüberwindbaren Barrieren. Umso wichtiger ist es einen Vertrag aufzusetzen, welcher die Zusammenarbeit fördert. Unternehmer welche nicht vertraglich dazu gezwungen sind, nehmen nur ungern an Lean-Meetings Teil, auch wenn es für sie auf Dauer von Vorteil wäre daran teilzunehmen. Außerdem sind in vielen Partnering-Vertragsmodellen Bonuszahlungen für besondere Leistung sowie Vertragsstrafen bei Nichterfüllung von Leistungen festgesetzt. Diese helfen dabei, dass Nachunternehmer die vereinbarten Termine befolgen. Eine solche Vertragsgestaltung bedeutet vor allem für kleine GU einen großen Aufwand. Dieser Aufwand ist oftmals nicht notwendig und schmälert die Gewinnmarge. Mittelständische Familienunternehmen haben selten eine eigene Rechtsabteilung und greifen deshalb auf einfache teils standardisierte Verträge zurück. Sie schaffen es dennoch kleinere Projekte, aufgrund guter partnerschaftlichen Beziehungen zu Nachunternehmern, effizient durchzuführen. Komplexere Verträge sind jedoch bei oft wechselnden Nachunternehmern durchaus empfehlenswert. Dadurch können unerwartete Kosten gesenkt werden. Der Mehrwert für das Beauftragen eines Juristen in den frühen Projektphasen kann sich dabei lohnen. ^{157 158 159}

¹⁵⁷ (Gehbauer 2010, S.116-125)

¹⁵⁸ (handwerksblatt.de 2019)

¹⁵⁹ (bau-welt.de 2020)

5 Fazit

Jede Baustelle ist individuell, bringt eigene Herausforderungen mit sich und befindet sich stets im Wandel. Gewerke kommen und gehen. Das Team ist stets dynamisch, genauso wie der Arbeitsplatz an sich. Umso wichtiger ist die Auswahl der passenden Managementmethode durch die Projekt- und Bauleitung. Es ist oftmals ineffizient ausschließlich klassische oder agile Managementmethoden zu verwenden. Es macht durchaus Sinn die vielfältigen Vorteile des Lean-Methodenkoffers zu nutzen, welcher u.a. auch aus klassischen und agilen Tools besteht. Die Voraussetzung zur Anwendung dieses Methodenkoffers ist, dass das Unternehmen nach der Lean-Philosophie handelt und die Unternehmenskultur auf diese ausgerichtet ist. Sobald dies zutrifft, steht dem Nutzengewinn durch das Anwenden der Lean-Methoden nichts im Wege. Grundsätzlich ist die Projektphase, welche am meisten von Lean profitiert die Ausführungsphase. Dies liegt u.a. an den Steuerungsmethoden wie z.B. der TPTS, dem LPS, dem LCM und dem LBS. Diese Methoden sind darauf ausgelegt, dass der Bauprozess auch bei Zwischenfällen stabil aufrecht erhalten bleibt. Außerdem ermöglichen sie dem Unternehmer schnell auf Veränderungen reagieren zu können. Ferner wird nicht nur in einem bestimmten Zeithorizont detailliert geplant, wodurch Mehraufwand bei der Planung vermieden wird. Außerdem werden mithilfe von verschiedenen Controllingtools Planungsfehler aufgenommen, wodurch diese bei zukünftigen Projekten nicht wiederholt werden. Somit wird das Ziel verfolgt, dass alle Prognosen zuverlässiger abgegeben werden können. Anzumerken ist, dass die Ausführungsphase besonders davon profitiert, dass in zuvor liegenden Phasen angewendete Methoden und Tools, wie z.B. BIM, LBS, TVD sowie die PV darauf hinarbeiten, dass diese Projektphase flüssig und ohne Probleme verläuft. Das ist jedoch nicht unbegründet. Die Ausführungsphase ist mit Abstand die Phase mit den höchsten monetären Ausgaben. Fehler, welche zuvor entstanden sind, sind in dieser Phase sehr schwer und teuer aufzubessern. Sie können im schlimmsten Fall gar den Abriss eines Gebäudeteils bedeuten. Zudem besteht während der Bauphase nur ein sehr geringfügiger Einfluss auf die Baukosten. Wird das Gebäude jedoch von Anfang an ökonomisch geplant, ist auch die Errichtung kostengünstig und die Wertschöpfung bleibt hoch. Auch wenn es zu Mehrkosten während der Ausführung kommen sollte, können diese von der hohen Gewinnmarge abgefangen werden. Schlussendlich ist einzusehen, dass die Frage „welche Projektphase am meisten von Lean profitiert?“ eigentlich zweitrangig ist. Es wurde deutlich, dass sich die Phasen gegenseitig optimieren. Somit ist es notwendig, dass jede einzelne Phase mithilfe der Lean-Methoden sinnvoll gestaltet werden muss. Nur dann ist eine übergreifende Nutzenmaximierung möglich. Welche Lean-Werkzeuge wann am sinnvollsten einzusetzen sind, wurde in dieser Arbeit herauskristallisiert.

6 Ausblick

Es ist nicht vorherzusehen, ob der Bedarf an Wohnraum auf Dauer steigen, fallen oder gleichbleiben wird. Klar ist, dass auch in Zukunft gebaut werden wird. Unabhängig davon wie viel gebaut wird, entwickelt sich die Bautechnik weiter. Auch wenn eine Baustelle noch lange nicht die Effizienz einer Fabrik erreichen wird, steigt diese auf Baustellen langsam, aber stetig an. Ein besonderer Trend, welcher dies mitbegünstigt, ist das Bauen mit vorgefertigten Teilen. Sowohl im Holz-, Metall wie auch im Betonbau finden Fertigteile stetig mehr Verwendung. Vorgefertigte Bauteile erhöhen die Baugeschwindigkeit enorm. Sie ermöglichen außerdem eine Kostensenkung. Ein wichtiges Zukunftsthema, welches unausweichlich auf LC zukommt ist die Automatisierung. Verschiedene Tools aus der Produktion finden langsam ihren Weg auf die Baustelle. Beispiele dafür sind die digitalen Assistenzsysteme sowie der 3D-Druck.^{160 161 162} Sogar im Innenausbau, wie z.B. bei Malerarbeiten, schreitet die Automatisierung voran.¹⁶³ Baustellen werden in der Zukunft eine immer höhere Effizienz erreichen. Außerdem bedeutet dies, dass neue und bisher unbekannte Probleme bevorstehen. Wenn die Automatisierung während der Fertigungsphase voranschreitet, ist es umso wichtiger, dass die Planungsphasen reibungslos verlaufen. In dem letzten Jahrzehnt entwickelte sich dabei vor allem das BIM enorm weiter. Auch wenn die deutsche Bauindustrie etwas zurück hängt, wird BIM langsam zum Industriestandard. In Nordamerika nutzen bereits 50% der Bauunternehmer BIM und in Westeuropa beläuft sich diese Zahl auf 24%.¹⁶⁴ Somit ist davon auszugehen, dass die ersten Pioniere, welche die Automatisierung mit dem Thema BIM zusammenbringen, in Zukunft neue Standards für die Wertschöpfungspotenziale im Bauwesen setzen werden.

¹⁶⁰ (IAO, Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation 2020)

¹⁶¹ (Oebbeke 2020)

¹⁶² (L. 2019)

¹⁶³ (Trepke 2018)

¹⁶⁴ (Ruoyu Jin 2015, S. 3)

7 Literaturverzeichnis

- Autodesk. [www.autodesk.de/](https://www.autodesk.de/solutions/bim/benefits-of-bim?mktvar002=3485651|SEM|10428869706|103775971179|kwd-329007006604&gclid=Cj0KCQjwsuP5BRCoARIsAPtX_wFbXkFc__lhgvR74LL66M082XyODWvkkKcqjcdJs_Ywcc1cEWco5ilaAlZIEALw_wcB). 2020. https://www.autodesk.de/solutions/bim/benefits-of-bim?mktvar002=3485651|SEM|10428869706|103775971179|kwd-329007006604&gclid=Cj0KCQjwsuP5BRCoARIsAPtX_wFbXkFc__lhgvR74LL66M082XyODWvkkKcqjcdJs_Ywcc1cEWco5ilaAlZIEALw_wcB (Zugriff am 14. 08. 2020).
- Bablick, Michael. Lehrbuch für Maler/-innen und Lackierer/-innen. Troisdorf : Bildungsverlag EINS, 2005.
- Baunetz. Ein paar wichtige Hinweise für Bauleiter. kein Datum. https://www.baunetz.de/recht/Ein_paar_wichtige_Hinweise_fuer_Bauleiter_44224.html (Zugriff am 14. 08. 2020).
- Baunetz. Ausschließliche Beauftragung der Lph 1 bis 4. 2006. https://www.baunetz.de/recht/Ausschliessliche_Beauftragung_der_Lph_1_bis_4_uebergang_der_Nutzungs-_und_Verwertungsrechte_auf_den_Bauherrn__1059725.html (Zugriff am 14. 08. 2020).
- Bauprofessor. Bauvertragsarten. 27. 11. 2017. <https://www.bauprofessor.de/bauvertragsarten/> (Zugriff am 14. 08 2020).
- Bauprofessor. Schlüsselfertigstellungsvertrag. 04. 07. 2019. <https://www.bauprofessor.de/schluesselfertigstellungsvertrag/> (Zugriff am 14. 08. 2020).
- BaustellV, Baustellenverordnung - § 3 Koordinierung. 2013.
- Bauwelt. 2020. Immobilienkauf. <https://www.bau-welt.de/renovierung/bau-recht/immobilienkauf/bauvertrag.html> (Zugriff am 19. 08. 2020).
- Bayer, Kathrin. Die 6 spektakulärsten Fails von Architekten und Ingenieuren. 28. 10 2019 . <https://www.exali.de/Info-Base/bau-fails> (Zugriff am 15. 08. 2020).
- Bayer, Paul. Das TPS-Haus bauen. 20. 12. 2007. <http://www.wandelweb.de/blog/?p=65> (Zugriff am 12. 08. 2020).
- Beermann, Werner, Talke Gerdes, Till Möglich, Karl Weinhuber, und Talke Alpholtz. Fachbuch Maler/-innen und Lackierer/-innen. Köln: Bildungsverlag EINS GmbH, 2014.
- Beyerlein, Stefan. Lean Healthcare. 2020. <https://www.lean-healthcare.de/> (Zugriff am 14. 08. 2020).
- BGB. §633 Sach- und Rechtsmangel, Abs. 1. Bürgerliches Gesetzbuch, 2020.
- CNN. 50 years of Toyota in the U.S. 2007. https://money.cnn.com/galleries/2007/autos/0710/gallery.toyota_history/ (Zugriff am 01. 08. 2020).
- Czechowski, Patryk. Institut für Managementberatung - Hybrides Projektmanagement: Definition und Methoden von traditionell über agil bis hybrid. 22. 01. 2019. <https://ifm-business.de/aktuelles/business-news/hybrides-projektmanagement-definition-und-methoden-von-traditionell-ueber-agil-bis-hybrid.html> (Zugriff am 14. 08. 2020).

- Davim, Carolina Machado J. Paulo. Green and Lean Management. Cham: Springer International Publishing, 2017.
- Deutsches Ausschreibungsblatt GmbH. Leistungsprogramm. 2019. <https://www.deutsches-ausschreibungsblatt.de/da/service/glossar/leistungsprogramm/> (Zugriff am 14. 08. 2020).
- Diehl, Andreas. Digitaleneuordnung - Lean Management – Fünf Prinzipien für eine schlanke Organisation. 2019. <https://digitaleneuordnung.de/blog/lean-management/> [letzter Aufruf: 12.08.2020] (Zugriff am 12. 08. 2020).
- DIN 18205. Bedarfsplanung. Deutsche Institut für Normung e.V. (DIN), 1996.
- Döppler Team GmbH. Effizienter Bauen nach den Grundsätzen von Lean Construction. 2009. <https://www.leanmagazin.de/lean-praxis/lean-it/325-uncategorised/615-effizienter-bauen-nach-den-grundsätzen-von-lean-construction.html> (Zugriff am 14. 08. 2020).
- Dori, Gergő. Simulation-based methods for float time determination and schedule optimization for construction projects. München, 22. 12. 2015.
- Erne, Rainer. Lean Project Management – Wie man den Lean-Gedanken im Projektmanagement einsetzen kann. Geislingen an der Steige: Springer Gabler, 2019.
- Fiedler, Martin. Lean Construction – Das Managementhandbuch, Agile Methoden und Lean Management im Bauwesen. München: Springer Gabler, 2018.
- Frank Wallau, Gunter Kayse, Marcel Stephan. Die Dach-Arbeits-gemeinschaft für mittelständische Bauunternehmen . Wiesbaden: Springer Fachmedien, 1999 .
- Fritz Berner, Bernd Kochendörfer, Rainer Schach. Grundlagen der Baubetriebslehre 3. Wiesbaden: Vieweg, Teubner, 2009.
- Gehbauer, Fritz. Kooperative Projektabwicklung im Bauwesen unter der Berücksichtigung von Lean-Prinzipien – Entwicklung eines Lean-Projektabwicklungssystems. Karlsruhe, 23. 06. 2010.
- Gehrig, Sascha. Agile Kreativität. 17. 09. 2018. <http://unternehmen-organisieren.de/2018/09/17/agile-kreativitaet/> (Zugriff am 12. 08. 2020).
- Geiger, G., E. Hering, und R. Kummer. Kanban: Optimale Steuerung von Prozessen. München: Carl Hanser Verlag, 2020.
- Georg Sandhaus, Björn Berg, Philip Knott. Hybride Softwareentwicklung: Das Beste aus klassischen und agilen Methoden. Essen/ Köln: Springer Vieweg, 2014.
- German Lean Construction Institute - GLCI e.V. Lean Construction - Begriffe und Methoden. Karlsruhe: German Lean Construction Institute – GLCI e. V., 2019.
- Gruiten, Haan. Fachwissen Maler und Lackierer. Frankfurt : Verlag Europa-Lehrmittel, 2013.
- Grund, Rebecca. Aus der Cloud auf den Bau. 16. 01. 2020. <https://www.it-zoom.de/it-director/e/aus-der-cloud-auf-den-bau-24889/> (Zugriff am 14. 08. 2020).
- Günthner, Willibald A. Lean Logistics. Garching : Springer Vieweg, 2013.
- Habermann, Frank. Hybrides Projektmanagement – agile und klassische Vorgehensmodelle im Zusammenspiel ;. Berlin, 2013.

- Hake, Bruno. Erfolgreiche Akquisition in der Bauwirtschaft. Wiesbaden: S.U.P Verlag, kein Datum.
- Handwerksblatt. Das neue Baurecht. 2019. <https://www.handwerksblatt.de/themen-specials/das-neue-baurecht/kostenlose-vertragsmuster-fuer-bauvertraege-0> (Zugriff am 18. 08. 2020).
- Hannewald, Jens, und Ralf-Peter Oepen. Bauprojekte erfolgreich steuern und managen – Bauprojekt-Management in bauausführenden Unternehmen. Wiesbaden: Springer Vieweg, 2013.
- Hans Georg Tegethoff, Uwe Wilkesmann. Lean Administration: Lernt die öffentliche Verwaltung bei der Schlankheitskur? Nomos Verlagsgesellschaft, 1995.
- Harrison, Mesa, Keith, Molenaar, Luis, und Alarcón. Comparative analysis between integrated project delivery and lean project delivery. Santiago: 15, 15. 02. 2019.
- Haustech.Bauherrenstudie. 07. 09 2017.
<https://www.haustec.de/management/markt/bauherren-studie-2017-fast-jedes-haus-wird-teurer-als-geplant> (Zugriff am 14. 08. 2020).
- Heidemann, Ailke. Kooperative Projektabwicklung im Bauwesen unter Berücksichtigung von Lean-Prinzipien. Karlsruhe: KIT Scientific Publishing, 2011.
- HOAI. Leistungsbild Gebäude und Innenräume. Suchergebnisse, 2013.
- Holst, Joachim. Lean Development: Kostengünstige Prozeßgestaltung. Böblingen: Springer Verlag, 1995.
- Huber, Josef, und Rüdiger Recknagel. „Neue Audi-Lackiererei in Ingolstadt Segmentierung durch vier Lackstraßen.“ ATZ Automobiltechnische Zeitschrift (ATZ Automobiltechnische Zeitschrift 101), 1999: 482,479.
- IAO, Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation. Digitale Assistenzsysteme in der Produktion. 2020. <https://www.iao.fraunhofer.de/lang-de/presse-und-medien/aktuelles/2192-digitale-assistenzsysteme-in-der-produktion.html> (Zugriff am 14. 08. 2020).
- ibau GmbH. ibau Glossar. 2020. <https://www.ibau.de/akademie/glossar/generalunternehmer-gu/> (Zugriff am 20. 08 2020).
- IWW Institut . „Immer Ärger um die Lph 9: Vermeiden Sie die Komplettbeauftragung in einem Vertrag.“ IWW Institut , 02. 06 2009: S. 8.
- IWW Institut. „IWW Institut.“ Zehn Argumente für das Bauen mit einem freien Architekten , 01. 08. 2007: 18.
- Jansen, Herbert H. Lean Production. Berlin: Springer Verlag, 1993.
- Jens Hannewald, Ralf-Peter Oepen. Bauprojekte erfolgreich steuern und managen: Bauprojekt-Management in Theorie und Praxis. Wiesbaden: Vieweg, Teubner, 2010.
- Keith, Dominique. Schlanke Unternehmen - Was Lean Management für die Mitarbeiter bedeutet. 14. 05 2018. <https://www.business-wissen.de/artikel/schlanke-unternehmen-was-lean-management-fuer-die-mitarbeiter-bedeutet/> (Zugriff am 05. 08. 2020).
- Keller, Florian, und Bernhard Lienland. Produktionswirtschaft - Planung, Steuerung und Industrie 4.0. kein Datum.

- Knott, Prof. Dr. Gregor Sandhaus und Philip. Hybride Softwareentwicklung – Das Beste aus klassischen und agilen Methoden in einem Modell vereint. Essen/Köln : Springer Verlag Berlin Heidelberg , 2014.
- Komus, Dr.A. Statistiken mit/über Scrum. 2019. 09. 2018.
<https://link.springer.com/content/pdf/10.1007%2F978-3-658-01284-7.pdf> (Zugriff am 11. 07. 2020).
- Könninger, Maja. Die 7 meistgenutzten Projektmanagement-Methoden im Vergleich. 10. 02 2019. <https://zenkit.com/de/blog/7-meistgenutzte-projektmanagement-methoden-im-vergleich/> (Zugriff am 14. 08 2020).
- Kottenhagen, P. Sprint-Planning, Scrumcess. 13. 04. 2013. <http://doktor-scrum.de/sprint-planning-1/> (Zugriff am 19. 08. 2020).
- Krafcik, J.F. „Triumph of the Lean Production System.“ 1988.
- Kühl, Stefan. Projekte führen. Wiesbaden : Springer Fachmedien Wiesbaden, 2016.
- Kusay-Merkle, Ursula. Agiles Projektmanagement im Berufsalltag - Für mittlere und kleine Projekte. Wiesbaden: Springer Gabler, 2018.
- L. F. Domingues, E. T. Santos. Proceedings of the 18th International Conference on Computing in Civil and Building Engineering. Paulo (Brazil): Springer, 2020.
- L., Ann-Kathrin. 3D Druck Häuser: Die wichtigsten Unternehmen und Hersteller. 17. 06. 2019.
<https://www.3dnatives.com/de/3d-druck-haeuser-unternehmen-hersteller-170620191/> (Zugriff am 14. 08. 2020).
- Lange, Alexander. Neues aus der Welt der Lean Construction. 2020. <https://www.vdi-wissensforum.de/news/lean-construction/> (Zugriff am 14. 08. 2020).
- LCI, Lean Construction Institute-. www.leanconstruction.org. 17. 10. 2020.
<https://www.leanconstruction.org/learning/research/> (Zugriff am 14. 08. 2020).
- Lean Construction Institute - LCI. www.leanconstruction.org. 18. 06. 2018.
<https://www.leanconstruction.org/learning/research/> (Zugriff am 14. 08. 2020).
- Lean Enterprise Institute, Inc. Lean Enterprise Institute - Toyota Production System. 2020.
<https://www.lean.org/lexicon/toyota-production-system?fbclid=IwAR0j2271O5Q0mEmS1L3bt3T97CaUPuae3OWj2GgFUGQMut0jDwJwT1AGZT4> (Zugriff am 14. 08. 2020).
- Linseisen, Anita. Lean Banking - Die Anwendbarkeit des Lean Management bei deutschen Kreditinstituten . Wiesbaden: Springer Fachmedien , 1995.
- Litau, Oksana. Nachhaltiges Facility Management im Wohnungsbau, Lebenszyklus - Zertifizierungssysteme - Marktchancen. Wiesbaden : Springer Vieweg, 2015.
- Müller, Götz. DBZ - Lean Management im Planungsbüro. 09 2019.
https://www.dbz.de/artikel/dbz_Lean_Management_im_Planungsbuero_3419159.html (Zugriff am 14. 08. 2020).
- Nayebi, Mehrnoush. Mit Target Value Design Werte maximieren und Kosten stabilisieren . Stuttgart, 22. 10. 2019.
- Oebbeke, Alfons. KlimAR: Erweiterte Realität auf der Baustelle. 28. 04. 2020.
<https://www.baulinks.de/bausoftware/2020/0020.php4> (Zugriff am 14. 08. 2020).

- Ohno, Taiichi. Das Toyota-Produktionssystem. Frankfurt/ New York: Campus Verlag, 1978.
- OLG Frankfurt. Ausschließliche Beauftragung der Lph 1 bis 4: Übergang der Nutzungs- und Verwertungsrechte auf den Bauherren? 11 U 9/06 (OLG Frankfurt, 05. 12. 2006).
- ORCA Software GmbH. ORCA Software - Ihr Partner für AVA Software. 2020. <https://www.orca-software.com/> (Zugriff am 14. 08. 2020).
- Paez, Omar, Sam Salem, Julie Solomon, und Ash Genaidy. Moving from Lean Manufacturing to LeanConstruction: Toward a CommonSociotechnological Framework. Published online in Wiley InterScience, 2005.
- Pamela Mazzocato, Carl Savage, Mats Brommels, Hakan Aronsson, Johan Thor. Lean thinking in healthcare: a realist review of the literature. Stockholm, 19. 04. 2010.
- PMH. Projektmanagement Handbuch - Erfolgsfaktoren von Projektmanagement. kein Datum. <https://www.projektmanagementhandbuch.de/handbuch/projektinitiierung/erfolgsfaktoren-von-projektmanagement/>.
- RIB Software SE. Kosten- und Projektsteuerung mit RIB iTWO . 2020. <https://www.rib-software.com/loesungen/ava> (Zugriff am 14. 08. 2020).
- Roock, S. Scrum: Begriffe, Kozepte und Grundverständnis. dpunkt Verlag, 2015.
- Ruoyu Jin, L. Trang, K. Fang. Industries, Investigation of the Current Stage of BIM Application in China's AEC . Ningbo (China), 2015.
- Rüppel, Uwe. Ein Beitrag zur digitalen Transformation der Lean Construction am Beispiel der BIM-basierten Taktplanung und Taktsteuerung. Darmstadt , 24. 10. 2019.
- Schoeneberg, Klaus-Peter. Komplexitätsmanagement in Unternehmen. Wedel: Springer Gabler, 2014.
- Schuh, Günther. Lean Innovation. Berlin, Heidelberg: Springer Vieweg, 2013.
- Schwaber, Ken, und Jeff Sutherland. „Scrum Guides.“ The Definitive Guide to Scrum: The Rules of the Game. 2017. <https://www.scrumguides.org/docs/scrumguide/v2017/2017-Scrum-Guide-US.pdf#zoom=100> (Zugriff am 20. 08. 2020).
- Siemon, Klaus D. buingenieur24. 27. 02. 2018. <https://www.bauingenieur24.de/fachbeitraege/baurecht/ausfuehrungsplanung-auftragnehmer-traegt-volles-haftungsrisiko/3017.htm> (Zugriff am 14. 08. 2020).
- Simmendinger, Heinz. „Der Bedarfsplan: Basis der Objektplanung.“ Deutsches IngenieurBlatt, 2011: S. 45-47.
- Solibri. www.solibri.com. 2020. <https://www.solibri.com/bim-coordination> (Zugriff am 14. 08. 2020).
- Špundak, M. „Mixed agile/traditional project management methodology: reality or illusion?“ Procedia - Social and Behavioral Sciences, 2014: 939 – 948.
- Stein, Dylana-Chiara. Auflösen von Problemen hybrid agiler Strukturen mit Hilfe der Denkprozesse der Engpasstheorie. Cottbus, 08. 10. 2018.
- Steiner, Anton. Kapitalanlage mit Immobilien - Produkte – Märkte – Strategien. Wiesbaden: Gabler, 2009.

- Strotmann, Henriette. AVA – modellbasiert mit iTWOHenriette StrotmannAVA – modellbasiert mit iTWOunter Verwendung eines Revitmodells. Münster: Springer Vieweg, 2018.
- Thompson, Kevin. What is Integrated Product Development? 2020.
<https://www.agileforhardware.com/what-is-integrated-product-development/> (Zugriff am 14. 08. 2020).
- Toyota. „Das Toyota Produktionssystemund seine Bedeutung für das Geschäft.“ www.tqu-group.com. 2010. <https://www.tqu-group.com/we-dokumente/Downloads/ToyotaPS.pdf> (Zugriff am 14. 08. 2020).
- Toyota. Establishment of Toyota Motor Sales, U.S.A. and Crown exports. kein Datum.
https://www.toyota-global.com/company/history_of_toyota/75years/text/taking_on_the_automotive_business/chapter2/section9/item5.html (Zugriff am 01. 08. 2020).
- Trepke, Stefan. Automatisierung im Malerhandwerk – Malerroboter. 29. 04. 2018.
<https://www.airless-discounter.de/aktuelles/automatisierung-im-malerhandwerk-malerroboter/> (Zugriff am 17. 08. 2020).
- Uwe Dombrowski, Tim Mielke. Lean Leadership – Nachhaltige Führung in Ganzheitlichen Produktionssystemen. München: ZWF Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb , 2012.
- Vielmo Architekten. Vielmo Architekten. 2020. <https://www.vielmo.de/bim-lean/lean-management/> (Zugriff am 14. 08. 2020).
- VOB/A. Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen Teil A. Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen Teil A, 2019.
- Vorest AG. LEAN Management & Schnittstellen. 2020 . https://lean-managementmethode.de/lean/schnittstellen_management_methoden/ (Zugriff am 14. 08. 2020).
- Weiwei Chen, Moumita Das, Vincent J. L. Gan, Jack C. P. Cheng. Proceedings of the 18th International Conference on Computing in Civil and Building Engineering . Hong Kong: Springer, 2020.
- Wieser, Hans Christian. Lean Management im Bauwesen – Grundlagen und Vergleich. Graz (Österreich), 08. 11. 2010.
- Wille, Tobias. Lean Thinking in produzierenden Unternehmen. Zürich: Springer Gabler, 2015.
- Wolfgang Rösel, Antonius Busch. AVA Handbuch – Ausschreibung, Vergabe, Abrechnung. Wiesbaden : Vieweg+Teubner Verlag, 2008.
- Young Kwak, John Walewski, Dana Sleeper, Hessam Sadatsafavi. What can we learn from the Hoover Dam project that influenced modern project management? Washington, 11. 02. 2013.
- Zech. www.smart-construction.de. 2020. <https://www.smart-construction.de/realisierung/?L=1> (Zugriff am 14. 08. 2020).
- Zotschew, M. Scrum. 03. 07. 2012. <https://www.projektmagazin.de/glossarterm/scrum> (Zugriff am 19. 08. 2020).

Zukunft, Starke. Architektenhaftung für lückenhaftes Leistungsverzeichnis. 13. 01. 2014.
<https://www.zunft-starke.de/architektenrecht-und-ingenieurrecht/architektenhaftung-leistungsverzeichnis/> (Zugriff am 14. 08. 2020).

8 Selbstständigkeitserklärung

Der Verfasser/die Verfasserin erklärt, dass er/sie die vorliegende Arbeit selbständig, ohne fremde Hilfe und ohne Benutzung anderer als der angegebenen Hilfsmittel angefertigt hat. Die aus fremden Quellen (einschließlich elektronischer Quellen) direkt oder indirekt übernommenen Gedanken sind ausnahmslos als solche kenntlich gemacht. Wörtlich und inhaltlich verwendete Quellen wurden entsprechend den anerkannten Regeln wissenschaftlichen Arbeitens zitiert. Die Arbeit ist in gleicher oder ähnlicher Form oder auszugsweise im Rahmen einer anderen Prüfung noch nicht vorgelegt worden. Sie wurde bisher auch nicht veröffentlicht.

Ich erkläre mich damit einverstanden, dass die Arbeit mit Hilfe eines Plagiatserkennungs-dienstes auf enthaltene Plagiate überprüft wird.

Ort, Datum

Cottbus, 21.08.2020

Unterschrift des Verfassers/ der Verfasserin