

# Anwendungen von BIM zum Projektmanagement mit Lean Construction

Wissenschaftliche Arbeit zur Erlangung des Grades M. Sc.  
an der Ingenieurfacultät Bau Geo Umwelt  
der Technischen Universität München

**Betreut von** Paul Häringer, M. Sc.  
Lehrstuhl für Computergestützte Modellierung und Simulation

**Eingereicht von** Michael Jäger

[REDACTED]

[REDACTED]

**Eingereicht am** München, den 20. September 2019

You never change things by fighting the existing reality.  
To change something, build a new model that makes the  
existing model obsolete.

Buckminster Fuller

## **Zusammenfassung**

Die vorliegende Masterarbeit definiert und untersucht 20 verschiedene Anwendungsszenarien, mit denen Lean Construction Methoden durch Nutzung von BIM effizienter gestaltet werden können – in den Bereichen Visualisierung, Synchronisierung, Aufgabenverwaltung, Vorleistungsverwaltung, Arbeitsräume und Planung der Planung. Eine Marktanalyse untersucht existierende Lean-Planungs- und Steuerungs-Programme sowie Projektmanagementplattformen hinsichtlich der Implementierung dieser Szenarien. Eine Befragung von im Bauwesen Tätigen (N=113) untersucht, inwiefern sie diese Szenarien für Nützlich erachten und ggf. bereits einsetzen (geclustert nach Tätigkeitsfeldern). Alle 20 Szenarien werden von einer klaren Mehrheit der Befragten (40-80%) als großer Vorteil gegenüber konventioneller Arbeitsweise eingeschätzt, jedoch nicht von der bestehenden Software implementiert. Einzig die Verwaltung von Aufgaben in Form von Wochenplänen und Arbeitslisten mit Statusmeldungen und Auswertungen ist bereits von vielen Lean-Tools weitgehend implementiert und wird vergleichsweise häufig genutzt (15-40% der Befragten), jedoch nicht in Verbindung mit BIM. Wesentliche Hindernisse für die weitere Verbreitung von digitalen Methoden für Lean Construction sind fehlende Technologie und Skepsis gegenüber Innovation seitens Vorgesetzten und Partnerfirmen.

## **Abstract**

This Master's thesis defines and analyses 20 scenarios in which the application of BIM is to benefit lean construction methods among the categories visualization, synchronization, task management, request management, working spaces and design scheduling. Preexisting lean construction software and project management platforms were examined regarding their implementation of those scenarios. A survey (N=113) determined actual users' estimation of the scenarios' advantages compared to conventional methods. All 20 scenarios were deemed auspicious by a majority of respondents (40-80%). Only the scenarios for task management have been implemented by a majority of the considered programs, but not using BIM. The survey identified missing technology and reluctance to adopt new methods among managers and partners as significant challenges to broader adoption of digitized lean methods in construction.

# Danksagung

Mein besonderer Dank gilt all jenen, die zu dieser Arbeit beigetragen haben:

- Meinem Betreuer Paul Häringer für die Betreuung und Beratung in allen fachlichen, strukturellen und methodischen Fragen.
- Dem Team LEAN der Züblin Direktion Bayern, insbesondere Peter Adenäuer, Lucie Bell, Niklas Berlemann und Dominik Picha, für die fachliche, methodische und moralische Betreuung, die Vernetzung mit Wissensträgern und das Mitnehmen auf Termine, wo ich die Inhalte der Arbeit live erleben konnte.
- Meinem Arbeitgeber Züblin dafür, dass ich meinen ruhigen, klimatisierten Büroarbeitsplatz neben der Arbeit auch zum Schreiben der Masterarbeit nutzen durfte.
- Den Vertreterinnen und Vertretern verschiedener Softwarefirmen, die mir ohne Aussicht auf Profit geduldig ihre Programme demonstrierten und erklärten.
- Meinen Freunden und meiner Familie für müßiges und geduldiges Korrekturlesen und die moralische Unterstützung in stressigen Zeiten.

# Eidesstattliche Erklärung

Ich versichere hiermit, dass ich die von mir eingereichte Abschlussarbeit selbstständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt habe.

# Sperrklausel

Der Inhalt dieser Arbeit darf Dritten ohne Genehmigung des Verfassers und der Ed. Züblin AG, Direktion Bayern, nicht zugänglich gemacht werden. Dieser Sperrvermerk gilt unbegrenzt.

---

München, 20. September 2019, Unterschrift

# Inhaltsverzeichnis

<b>Abbildungsverzeichnis</b>	<b>IX</b>
<b>Tabellenverzeichnis</b>	<b>X</b>
<b>Glossar</b>	<b>XI</b>
<b>1 Einführung</b>	<b>1</b>
1.1 Hintergrund . . . . .	2
1.2 Motivation . . . . .	3
1.3 Zielstellung und Methodik . . . . .	4
<b>2 Grundlagen</b>	<b>5</b>
2.1 Entwicklung von Lean Construction . . . . .	5
2.1.1 TFV-Theorie . . . . .	6
2.1.2 Lean Project Delivery System . . . . .	6
2.2 Lean Prinzipien . . . . .	7
2.2.1 Fokus auf Kundenmehrwert . . . . .	8
2.2.2 Wertstrom . . . . .	8
2.2.3 Fluss-Prinzip und Taktung . . . . .	10
2.2.4 Pull-Prinzip . . . . .	11
2.2.5 Kontinuierlicher Verbesserungsprozess . . . . .	11
2.3 Verschwendungsarten . . . . .	11
2.4 Lean Methoden . . . . .	13
2.4.1 Last Planner System . . . . .	13
2.4.2 Taktplanung und Taktsteuerung . . . . .	16
2.4.3 Location Based Management System . . . . .	20
2.5 Building Information Modeling . . . . .	23
2.5.1 Mehrdimensionale Gebäudemodellierung . . . . .	25

2.5.2	Visual Design and Construction und Integrated Project Delivery . . . . .	26
2.6	Praktischer Einsatz von BIM und Lean Construction . . . . .	27
2.6.1	BIM: geringe Verbreitung, fehlende Anreize, hohe Erwartungen . . . . .	27
2.6.2	Lean: Führung und Mentalität . . . . .	28
<b>3</b>	<b>Anwendungsszenarien von BIM in Lean Construction</b>	<b>30</b>
3.1	Produktvisualisierung für gemeinsames Verständnis . . . . .	31
3.1.1	3D-Visualisierung . . . . .	31
3.1.2	Dynamische Ansicht . . . . .	31
3.1.3	Mehrdimensionale Filterung und Übersicht . . . . .	32
3.2	BIM-basiertes Prozessmanagement . . . . .	33
3.2.1	Wochenpläne und Arbeitslisten . . . . .	33
3.2.2	Fortlaufende Statuskontrolle . . . . .	34
3.2.3	Automatische Vorgangserstellung und Synchronisation . . . . .	35
3.2.4	Darstellung von Aufgaben im BIM . . . . .	36
3.3	Arbeitsvorbereitung mit BIM . . . . .	37
3.3.1	BIM als Kommunikationsplattform . . . . .	37
3.3.2	Automatisiertes Erkennen von Konflikten und Hindernissen . . . . .	38
3.3.3	BIM-integrierte Termin- und Ablaufplanung . . . . .	39
3.4	Zusammenfassung der Anforderungen . . . . .	40
<b>4</b>	<b>Marktanalyse der Softwaresysteme</b>	<b>41</b>
4.1	Projektmanagementplattformen . . . . .	42
4.1.1	Synchro Pro und Synchro Site . . . . .	42
4.1.2	Vico Office . . . . .	44
4.1.3	Autodesk BIM360 . . . . .	46
4.1.4	Fazit . . . . .	47
4.2	Spezialsoftware für Lean Construction . . . . .	48
4.2.1	Touchplan . . . . .	48
4.2.2	YoLean . . . . .	51
4.2.3	LCM Digital . . . . .	53
4.2.4	Bosch RefineMySite . . . . .	55
4.2.5	Autodesk BIM 360 Plan . . . . .	57
4.2.6	VisiLean . . . . .	59
4.2.7	Fazit . . . . .	61
<b>5</b>	<b>Anwenderbefragung</b>	<b>63</b>

5.1	Konzeption und Durchführung	63
5.1.1	Technische Umsetzung	64
5.1.2	Aufbau der Befragung	64
5.2	Ergebnisse	67
5.2.1	Demographie	67
5.2.2	Erfahrungen	68
5.2.3	Anwendungsszenarien	70
5.2.4	Herausforderungen	74
5.2.5	Fehlerquellen	75
5.3	Diskussion	78
5.3.1	Besonderheiten der einzelnen Szenarien	78
5.3.2	Unterschiede nach Position	84
5.3.3	Unterschiede nach Erfahrungsgrad	91
5.4	Fazit	95
<b>6</b>	<b>Fazit</b>	<b>97</b>
6.1	Zusammenfassung	97
6.2	Limitationen	98
6.3	Weitere Forschung	98
6.4	Ausblick	99
	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>101</b>
	<b>A Vollständiger Fragebogen</b>	<b>109</b>
	<b>B Umfrageergebnisse</b>	<b>125</b>
B.1	Tabellarische Ergebnisse	125
B.2	Antworten auf Freitextfragen	127

# Abbildungsverzeichnis

2.1	Die fünf Lean-Prinzipien nach Womack & Jones [76]	7
2.2	Vereinfachtes Wertstromdiagramm	9
2.3	Taktplan mit Personalstandskurve	10
2.4	Die Ebenen des Last Planner System	14
2.5	Regelprozesskette im Ausbau	17
2.6	Taktplan im Ausbau	18
2.7	Beispiel einer auszudruckenden Arbeitsliste	19
2.8	Vereinfachte Projektstrukturpläne mit verschiedenen Gliederungs-Systematiken	21
2.9	Line-of-Balance- / Flowline- Diagramme vor und nach der Optimierung	22
2.10	PSP und LBS als gleichberechtigte Baumstrukturen nebeneinander	23
3.1	Verschiedene Darstellungsformen von 3D-Modellen	32
3.2	Beispiel eines Taktplans	33
3.3	Auszug aus einem Rahmenterminplan	35
3.4	Der Prototyp von KanBIM	36
4.1	Screenshot von Sychro Pro	43
4.2	Screenshot von Sychro Site	43
4.3	Screenshot von ViCo Office	46
4.4	Screenshot von Touchplan	49
4.5	Screenshots von YoLean.	52
4.6	Screenshot von LCM Digital	55
4.7	Screenshot von RefineMySite: Wochenplan-Ansicht (Quelle: Bosch)	56
4.8	Screenshot von RefineMySite: Aufgabendetails (Quelle: Bosch)	57
4.9	Screenshot von Autodesk BIM 360 Plan (Quelle: BIM360 [6])	58
4.10	Screenshot von VisiLean: Kombinations-Ansicht	59
4.11	Screenshot von VisiLean: Scheduler-Ansicht (Quelle: VisiLean)	60



5.1	Teilnehmeranzahl nach Berufsgruppe . . . . .	67
5.2	Erfahrung mit Lean Construction (blau) und BIM (orange) nach Nutzergruppen .	68
5.3	Anwendungen von Lean-Methoden in analog und digital nach Nutzungsintensität	69
5.4	Einsatzhäufigkeit verschiedener Anwendungen für BIM in Absolutwerten . . . .	70
5.5	Verteilung der Nützlichkeit und Verwendungshäufigkeit im Mittel je Szenario . .	71
5.6	Nützlichkeit und Verwendungshäufigkeit der Szenarien . . . . .	72
5.7	Korrelation zwischen Nützlichkeit und Verwendungshäufigkeit je Frage . . . . .	73
5.8	Beispiele für Korrelation zwischen Nützlichkeit und Verwendungshäufigkeit . . .	73
5.9	Hindernisse für die verstärkte Arbeit mit digitalen Methoden. . . . .	74
5.10	Antwortquote je Frage . . . . .	77
5.11	Nützlichkeit und Verwendungshäufigkeit der Visualisierungs-Szenarien . . . . .	79
5.12	Nützlichkeit und Verwendungshäufigkeit der Synchronisierungs-Szenarien . . . .	80
5.13	Nützlichkeit und Verwendungshäufigkeit der Aufgabenverwaltungs-Szenarien . .	81
5.14	Nützlichkeit und Verwendungshäufigkeit der Vorleistungsverwaltungs-Szenarien	82
5.15	Nützlichkeit und Verwendungshäufigkeit der Arbeitsraum-Szenarien . . . . .	82
5.16	Nützlichkeit und Verwendungshäufigkeit der Planungskoordinations-Szenarien .	83
5.17	Bewertung der Gruppe Bauausführung (GU) . . . . .	84
5.18	Bewertung der Gruppe Bauausführung (NU) . . . . .	85
5.19	Bewertung der Gruppe Projektmanagement . . . . .	86
5.20	Bewertung der Gruppe Planung . . . . .	87
5.21	Bewertung der Gruppe Bauherrenschaft . . . . .	88
5.22	Bewertung der Gruppe Lean-Berater . . . . .	89
5.23	Bewertung der Gruppe Andere . . . . .	90
5.24	Bewertungen der Nutzer ohne Erfahrung . . . . .	91
5.25	Bewertungen der Nutzer mit nur theoretischen Kenntnissen . . . . .	92
5.26	Bewertungen der Nutzer mit einzelner Erfahrung . . . . .	93
5.27	Bewertungen der dauerhaften Nutzer . . . . .	94

# Tabellenverzeichnis

4.1	Features von einzelnen Programm zusammengefasst	41
4.2	Features von Synchro	44
4.3	Features von Vico Office	45
4.4	Features von TouchPlan	50
4.5	Features von YoLean	53
4.6	Features von LCM digital	54
4.7	Features von RefineMySite	57
4.8	Features von BIM 360 Plan	58
4.9	Features von Visilean	60
4.10	Feature-Übersicht für Spezialsoftware	62
5.1	Zuordnung der Anwendungsszenarien zu Anwendergruppen	66
B.1	Erfahrung mit Lean Management und BIM je Position	125
B.2	Einschätzung der Nützlichkeit und Verwendungshäufigkeit je Szenario	126
B.3	Einschätzung der Herausforderungen	126

# Glossar

**Building Information Modeling (BIM)** Verwendung eines einheitlichen, für alle zugänglichen, mehrdimensionalen Gebäudemodells. Die Abkürzung BIM steht auch für „Building Information Model“. Siehe [Abschnitt 2.5 | 1, 2, 5, 23](#)

**Common Data Environment (CDE)** Virtueller oder physischer Speicherort für Building Information Models und alle zugehörigen Informationen, auf den alle Beteiligten zugreifen. Siehe [Abschnitt 2.5 | 24, 42](#)

**Flowline Sheduling (FLS)** Graphische Planungsmethode auf Grundlage des LBMS. Siehe [Abschnitt 2.4.3 | 22, 44](#)

**Gesamtprozessanalyse (GPA)** Im Original *Master Scheduling*, auch Meilensteinplanung genannt. Methode zur Bestimmung wesentlicher Meilensteine und Prozessabschnitte eines Projekts. Bestandteil des LPS Siehe [Abschnitt 2.4.1 | 14](#)

**Industry Foundation Classes (IFC)** Offener Standard für ein BIM-Dateiformat. Siehe [Abschnitt 2.5 | 24](#)

**Integrated Project Delivery (IPD)** Management-Ansatz, der mittels BIM, vertrauensfördernder Kommunikation und spezieller Vertragsformen kooperatives Planen und Bauen fördert. Siehe [Abschnitt 2.5.2 | 14, 26, 28](#)

**Kontinuierlicher Verbesserungsprozess (KVP)** Prinzip des stetigen Adaptieren eines Prozesses durch Einholen und Umsetzen von Feedback der Ausführenden. Siehe [Abschnitt 2.2.5 | 11, 19](#)

**Location Based Management System (LBMS)** Produktionsplanung und Steuerung anhand einer topologischen Unterteilung (LBS) des Projekts. Siehe [Abschnitt 2.4.3](#) | 21, 22, 44

**Location Breakdown Structure (LBS)** Topologische Unterteilung eines Bauprojekts in Gebäude, Bauabschnitte, Etagen, etc. Siehe [Abschnitt 2.4.3](#) | 21–23, 25, 44, 100

**Lean Project Delivery System (LPDS)** System zur Abwicklung von Projekten gemäß der TFV-Theorie und mit Einbindung aller Planungs- und Ausführungsbeteiligter. Siehe [Abschnitt 2.1.2](#) | 2, 6

**Last Planner System (LPS)** Standardisierte Planungsmethodik für Lean Construction. Besteht aus Gesamtprozessanalyse, Phasen-, Vorschau- und Wochenplanung und stellt die Mitwirkung aller Beteiligten in den Mittelpunkt. Siehe [Abschnitt 2.4.1](#) | 13, 20, 28, 48, 69, 80

**Projektmanagementplattform (PMP)** Software zur Verwaltung von Modellen, Plänen, Terminen, Aufgaben und Kosten. Siehe [Abschnitt 2.4.3](#) | 35, 42, 47

**Project Percent Complete (PPC)** Anteil der im Betrachtungszeitraum erfüllten Zusagen. Dient oft als KPI für Projekte. Siehe [Abschnitt 2.4.1](#) | 16

**Projektstrukturplan (PSP)** Baumförmige Untergliederung eines Projekts in Abschnitte und Arbeitspakete nach Verantwortlichkeit und Art der Arbeiten. Siehe [Abschnitt 2.4.3](#) | 20, 22, 23, 25, 100

**Toyota-Produktions-System (TPS)** Die Formalisierung der Management-Methoden, die das Lean Management begründeten. Siehe [Abschnitt 2.1](#) | 5, 11

**Taktplanung und Taktsteuerung (TP/TS)** Methode zur geordneten Abwicklung der Herstellung gleichartiger Leistungsbereiche. Siehe [Abschnitt 2.4.2](#) | 13, 17, 20, 48, 69

**Wertstromanalyse (WSA)** Methode zur Analyse eines Prozesses hinsichtlich Wertschöpfung und Verschwendung als Grundlage für aufbauende Methoden. Siehe [Abschnitt 2.2.2](#) | 8, 9

# Kapitel 1

## Einführung

Seit langem ist die Bauindustrie eine sehr konservative Branche, geprägt von stagnierender Produktivität, Konflikten, mangelhafter Kommunikation und nicht eingehaltenen Zielen. [1, 29] In den letzten zwanzig Jahren versuchen mehrere Trends, dieses Muster zu durchbrechen. Dazu zählen insbesondere [Building Information Modeling \(BIM\)](#) und Lean Construction.

[BIM](#) versucht im weitesten Sinne, sämtliche Informationen über ein Gebäude an einer zentralen Stelle zu sammeln und allen Beteiligten zur Verfügung zu stellen. Lean Construction übernimmt Methoden aus der stationären Industrie, um Verschwendung jedweder Art zu eliminieren. Beide Ansätze existieren unabhängig voneinander [60], teilen jedoch ein beachtliches Synergiepotential.

Die vorliegende Arbeit untersucht, wie BIM als Technologie und Lean Construction als Methodik einander speziell für den Einsatz direkt auf der Baustelle konkret befruchten können. Im Sinne der Lean-Prinzipien – erläutert in [Kapitel 2](#) – werden zunächst in [Kapitel 3](#) potentielle Anwendungsszenarien dargestellt und anschließend in [Kapitel 4](#) den Kapazitäten existierender Software gegenüber gestellt. [Kapitel 5](#) untersucht die identifizierten Szenarien hinsichtlich ihres voraussichtlichen Mehrwerts mittels einer Befragung unter den potentiellen Anwendern.

## 1.1 Hintergrund

Die verarbeitende Industrie hat in den letzten 50 Jahren eine erhebliche Steigerung der Produktivität erlebt. Konkurrenz, Globalisierung und wachsende Absatzmärkte erzeugten massiven Innovationsruck. Der wiederum führt via technologischer und betriebswissenschaftlicher Entwicklung zu einer deutlichen Steigerung der Effizienz.

Die Bauindustrie blieb in dieser Entwicklung im Wesentlichen außen vor [68]. Die Ursachen hierfür sind vielfältig und sowohl wirtschaftlich als auch kulturell bedingt. Unter anderem führt das über Jahrzehnte anhaltend niedrige Preisniveau zu ökonomisch nicht nachhaltigen Verhaltensweisen. Dazu zählen zum Beispiel das Zurückhalten und Horten von Informationen mit der Hoffnung auf Nachtragspotentiale, unhaltbare Preis- und Terminzusagen, die durch Sparmaßnahmen indirekt zu Verzögerungen, Mehrkosten und Streit führen, oder mangelnde Investitionen in Innovation.

Erst die in den letzten Jahren auftretende Kombination von Nachfrageboom und Personalmangel führt in dieser Hinsicht Veränderung herbei: Es ist nicht länger möglich, die systemischen Probleme durch Einsatz von mehr Personal zu überdecken; gleichzeitig bringt die gute Auftragslage positive Betriebsergebnisse [75]. Somit besteht erstmals zugleich die Notwendigkeit als auch das erforderliche Kapital für die in der Branche dringenden Innovationen.

Zwei der wesentlichen Innovationspfade sind die Digitalisierung sowie die Optimierung von Vertrags- und Managementstrukturen.

Auf Seiten der Digitalisierung ist das heute als BIM bekannte Konzept bereits seit den 70er Jahren in Diskussion [21]. Mittlerweile meint es nicht mehr nur die Technologie der vereinheitlichten Gebäudemodellierung, sondern auch die Methoden und standardisierten Prozesse zur Arbeit als Team damit [22].

Zu den Ansätzen veränderter Management-Ansätze zählt insbesondere Lean Construction, auch Lean Management im Bauwesen oder Lean Project Delivery System (LPDS) genannt. Als Adaption des Lean Management aus der Automobilbranche und Fertigungsindustrie wird es seit den 90er Jahren verbreitet [9, 40] und beschreibt sowohl eine Management-Philosophie als auch einen diversen Satz an Methoden.

## 1.2 Motivation

In einer viel zitierten Studie von 2005 haben schließlich Fischer et al. erstmals die Verwendung von BIM zur Umsetzung von Lean Methoden demonstriert [25, 26, 27]. Seither steht diese Verknüpfung regelmäßig im Fokus der Forschung, insbesondere durch die International Group for Lean Construction [31, 53, 70]. Einflussreiche Arbeiten über die Interaktion von Lean und BIM stammen unter anderem von Sacks [58, 60], dessen Gruppe auch einen ersten Prototypen einer dedizierten Software für Projektsteuerung mit Lean Construction auf BIM-Basis entwickelt hat [59]. Der Einsatz von BIM ist innerhalb des Forschungsfelds Lean Construction zurzeit das wichtigste Thema [47].

In der Praxis, gerade in Deutschland, ist der Einsatz von BIM jedoch noch stark eingeschränkt. Verschiedene Programme verwenden miteinander inkompatibel oder nur begrenzt kompatible Formate; die Umsetzung des IFC-Standards ist noch nicht überall in einer zufrieden stellenden Qualität implementiert. Daher wird BIM bisher mehrheitlich in der Variante *littleBIM* zum Einsatz gebracht, also nur für isolierte Anwendungen.

Andererseits hat ein signifikanter Anteil der Ingenieurbüros noch immer keine oder unzureichend Kapazitäten in der Anwendung von BIM aufgebaut. Im Jahr 2016 nutzten nach einer Befragung 50% der deutschen Bauunternehmen BIM noch gar nicht [13]. Nach einer Umfrage der Architektenkammern nutzten im Jahr 2017 nur 12% der Kammermitglieder BIM, davon 47% bei jedem Projekt [55]. Die selbe Untersuchung benennt fehlende Nutzung von BIM, inkompatible Software und Unzuverlässigkeit seitens der Projektpartner als Hauptprobleme bei der Zusammenarbeit. Angesichts hochkomplexer Projekte mit ineinander verflochtenen Planungsdisziplinen kann ein konsequenter Einsatz von BIM jedoch nur funktionieren, wenn alle Beteiligten aktiv daran mitwirken (beispielsweise ist die Planung komplexer gebäudetechnischer Installationen mit BIM nur dann möglich, wenn Tragwerks-, Lüftungs-, Elektro- und Sanitärplanung Hand in Hand und mit einem integrierten Satz an Modellen arbeiten). Sobald ein einziger Planungsbeteiligter dazu nicht im Stande ist, müssen alle anderen Beteiligten sich danach richten – so die Erfahrung aus der Praxis.

Zur Praxisverbreitung von Lean Construction existieren noch keine statistischen Untersuchungen. Lean Construction und BIM können die Effizienzgewinne des jeweils anderen verstärken [30]. Die Konkretisierung dieser These – das „Wie“ – ist zwar bereits Forschungsgegenstand [7, 44, 49, 51], jedoch bisher außerhalb des akademischen Sektors kaum bekannt.

### 1.3 Zielstellung und Methodik

In den letzten Jahren gab es viele Veröffentlichungen zu Potentialen und möglichen Anwendungen der Kombination von BIM und Lean Construction [7, 8, 49]. Diese sind jedoch überwiegend theoretischer Natur oder fokussiert auf einzelne Anwendungen (z. B. [59]). Aus diesem Grund soll diese Arbeit erstens den tatsächlichen Stand der Praxis und Softwaremarkt untersuchen, zweitens die Marktsituation beurteilen hinsichtlich Angebot und Nachfrage sowie drittens anhand dieser besonderer Entwicklungsbedarf identifizieren.

Dafür wurden zunächst Grundlagen aus der Literatur zusammen getragen. Mögliche Anwendungsszenarien wurden anhand einer Literaturrecherche, dem Austausch mit in diversen Positionen im Bau Beschäftigten und den eigenen Erfahrungen des Autors aus der Mitarbeit in einem internen Team von Lean-Experten der Ed. Züblin AG identifiziert und kategorisiert.

Die Kategorisierung dient als Grundlage für die systematische Beurteilung der am Markt verfügbaren Produkte hinsichtlich ihrer Funktionalität. Zusätzlich wurden die Produkte in ihrer Funktion inhaltlich beschrieben. Die Beschreibung basiert auf Demoversionen und eigenen Erfahrungen, teilweise Gesprächen mit Entwicklern und dem Dialog mit tatsächlichen Anwendern.

Schließlich wurde eine systematische, explorative Befragung für die Einschätzung dieser Szenarien und Erwartungshaltung an solche Produkte sowie die tatsächliche Anwendungshäufigkeit der Szenarien durchgeführt. Sie richtet sich an diejenigen, die in der Praxis damit arbeiten sollen. Aus der statistischen Ergebnisauswertung werden Entwicklungsschwerpunkte – sowohl softwaretechnisch als auch unternehmerisch – abgeleitet.



# Kapitel 2

## Grundlagen

Die Anwendung von Lean Methoden und BIM fußt auf einem Fundament aus komplexen Hintergründen und Zusammenhängen. Zur Klärung der theoretischen und methodischen Grundlagen der Arbeit beschreibt dieses Kapitel die Entwicklung, Prinzipien, Methoden und aktuelle Praxissituation von Lean Construction und [BIM](#).

### 2.1 Entwicklung von Lean Construction

Die Produktivitätssteigerung der Industrie seit dem zweiten Weltkrieg erwuchs einer konsequenten Optimierung von Produktionsprozessen. Vorangetrieben wurde diese Entwicklung ganz wesentlich durch das [Toyota-Produktions-System \(TPS\)](#) und später adaptiert durch Wettbewerber und verwandte Unternehmen. So konnten u.a. durch Fließbandfertigung und Just-In-Time-Produktion unnötige Prozessschritte eliminiert und nicht-wertschöpfende Schritte deutlich im Umfang reduziert werden [[24](#), [77](#)].

Diese Entwicklungen sind nicht ohne Weiteres in der Bauwirtschaft wieder zu finden. Einerseits ist sie geprägt durch ständig wechselnde Arbeitsorte, nicht nur zwischen Projekten sondern auch prozessimmanent innerhalb von Baustellen. Andererseits ist fast jedes Bauprojekt gekennzeichnet durch eine einzigartige Zusammensetzung von Projektbeteiligten, die oft nicht miteinander vertraut sind und in der Regel nur durch unilaterale Werkverträge aneinander gebunden sind. Zudem unterscheiden sich die Projekte auch inhaltlich stark voneinander. Selbst bei konzeptioneller Ähnlichkeit, z. B. im schlüsselfertigen Bürobau, erzeugen insbesondere

Lage, terminliche Situation und Nutzeranforderungen deutliche Unterschiede von Projekt zu Projekt [24].

### 2.1.1 TFV-Theorie

Vor diesem Hintergrund hat Koskela bereits 1992 den Vergleich zwischen stationärer Industrie und Bauwirtschaft genauer untersucht. Daraus abgeleitet hat er eine neue Produktionsphilosophie als Grundlage für das Management von Bauprozessen aufgestellt [40, 41]. Während traditionell Produktionsprozesse in der Bauwirtschaft als wertschöpfende Umwandlung von Rohstoffen und Ausgangsprodukten in Zwischen- und Endprodukte<sup>1</sup> betrachtet wird, schlägt er eine gleichzeitige Betrachtung der Produktion aus der Transformations-, Fluss- und Wertschöpfungsperspektive (engl. „*Transformation-Flow-Value-Theory*“) vor:

- Die **Transformationssicht** erfasst Produktion als Abfolge diskreter Prozessschritte, die Inputs (Material, Informationen) mittels verschiedener Hilfsmittel (Personal, Geräte) in Outputs (Produkte) umwandeln. Jeder Prozessschritt wird dabei für sich betrachtet definiert, in Teilschritte zerlegt und optimiert.
- Die **Fluss-Ansicht** versteht Produktion als eine mehrstufigen Abfolge (oder einen Strom) kontinuierlicher Tätigkeiten, die es zu verstetigen und zu optimieren gilt. Das Ziel ist es, Verschwendung (nicht-wertschöpfende Tätigkeiten) aus diesem Strom zu eliminieren. Dies wird insbesondere, aber nicht nur durch Reduktion in der Variabilität einzelner Tätigkeiten und damit den erforderlichen Puffern erreicht.
- Die **Wertschöpfungssicht** stellt den Kundenmehrwert in den Mittelpunkt. Da Wert in diesem Paradigma immer nur durch Kundenanforderungen entsteht, wird hier versucht, diese möglichst genau zu definieren und nicht mehr und nicht weniger als diese Anforderungen zu erfüllen.

Jede der Perspektiven bezeichnet eine andere Definition der Produktion und ermöglicht mit verschiedenen Werkzeugen deren Optimierung.

### 2.1.2 Lean Project Delivery System

Die Umsetzung dieser Theorie in die Praxis wird bezeichnet als [Lean Project Delivery System \(LPDS\)](#) [43]. Unter Projektabwicklung sind nicht nur die eigentliche Bauausführung, sondern

---

<sup>1</sup>z. B. Umwandlung von Frischbeton und Baustahl in eine Bodeplatte

auch Planung, Steuerung, Abrechnung und mehr zu verstehen. Ein Projektentwicklungssystem ist dementsprechend die dazugehörige Sammlung aus Unternehmensstrukturen, Vertragsformen, Kommunikationsmedien und sonstiger Ressourcen, die dafür erforderlich sind.

Konkret beschreibt LPDS den Ansatz, alle Planungs- und Ausführungsbeteiligten in allen Phasen von der Projektdefinition über die Planung und Beschaffung bis zur Montage zu beteiligen. Durch die Verknüpfung der Phasen miteinander sollen Probleme systematisch und proaktiv vorhergesehen und vermieden statt reaktiv beseitigt werden. Für nachgelagerte Prozesse Verantwortliche erkennen dabei Probleme, die schon in vorgelagerten Schritten entstehen.

Mittlerweile dient der Begriff als Überbegriff für eine Vielzahl von Prinzipien und Methoden, die sich teilweise gegenseitig einschließen, überschneiden oder bedingen. Die VDI-Richtlinie 2553 [73] sammelt erstmals für die deutsche Industrie Begriffe, Definitionen, Prinzipien der Lean Construction. Dieses Kapitel soll ein Überblick über die wesentlichen Begriffe darstellen.

## 2.2 Lean Prinzipien

Heute werden von den meisten Autoren und Anwendern die in Abb. 2.1 gezeigten fünf Grundprinzipien als die Basis für Lean Construction angesehen [32, 76]. Diese Prinzipien dienen alle dem obersten Ziel der Verschwendungsvermeidung.

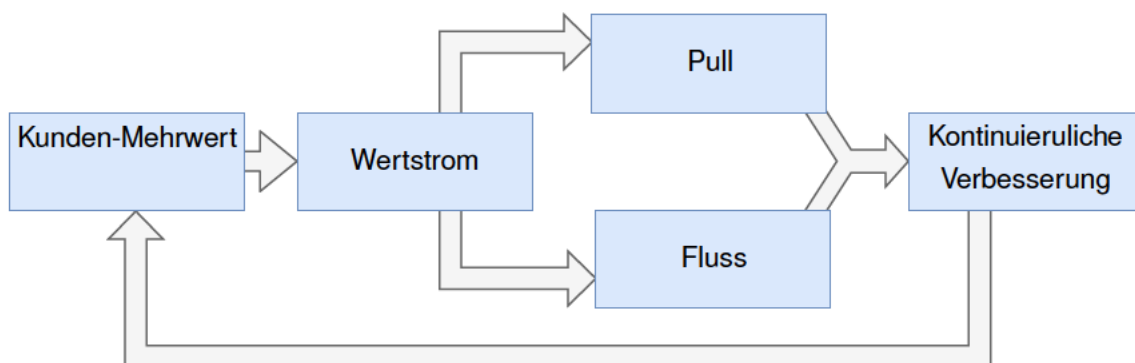


Abbildung 2.1: Die fünf Lean-Prinzipien nach Womack & Jones [76]

### 2.2.1 Fokus auf Kundenmehrwert

Im konventionellen Bauvorhaben richten sich die Planer und Ausführenden strikt nach ihren vertraglichen Vereinbarungen mit dem Bauherrn. Diese spiegeln aber nicht notwendigerweise auch die tatsächlichen Anforderungen des Bauherrn wider: Oft führt eine unzureichende Bedarfsanalyse oder mangelnde Kommunikation zwischen Planung und Bauherrschaft dazu, dass diese unter- oder überdefiniert werden – dass Bauherren also Anforderungen nicht oder zu spät erkennen oder Leistungen abfordern, die sie nicht wirklich brauchen.

Im Gegensatz dazu steht bei Lean Construction der Mehrwert des Kunden im Mittelpunkt. Kunde ist in diesem Fall der Bauherr oder auch der Eigner des jeweils nachgelagerten Produktionsschritts (Beispiel: Für einen Estrichleger ist nicht nur der Bauherr ein Kunde, sondern gleichzeitig auch der Bodenbeschichter, welcher eine hinreichend ebene Arbeitsoberfläche verlangt), kann aber auch ein zum Planungszeitraum unbekannter Endnutzer oder gar die Allgemeinheit sein [11]. Dies wird unter anderem durch die frühe und intensive Einbindung des Bauherren und der Ausführenden in die Planung erreicht.

In allen Prozessen werden Tätigkeiten in drei Kategorien unterschieden:

1. Wertschöpfende Tätigkeiten werden erhalten
2. nicht wertschöpfende, aber erforderliche Tätigkeiten werden reduziert und optimiert
3. nicht wertschöpfende Tätigkeiten (Verschwendung) werden nach Möglichkeit eliminiert.

### 2.2.2 Wertstrom

Sobald bekannt ist, welches die Anforderungen des Kunden tatsächlich sind, müssen die einzelnen Prozessschritte zur Herstellung des geforderten Produkts (d.h. des Gebäudes und sämtlicher Teile dessen) identifiziert und analysiert werden. Ein Prozessschritt ist dabei eine Aktivität, die Materialien und Produkte unter Zuhilfenahme von Informationen, Personal, Geräten und Räumen ineinander umwandelt. Produkte können dabei gleichermaßen physische Objekte oder Informationen sein, da das Prinzip auch auf Planungs- und sonstige Geschäftsprozesse anwendbar ist [73].

Die **Wertstromanalyse (WSA)** (engl. *Value Stream Mapping*) dient der Aufnahme, Analyse und darauf aufbauend Optimierung von Prozessen in Bauausführung, Planung und Administration (z. B. Kalkulation oder Abrechnung). Unternehmerische Prozesse (sowohl Geschäftsprozesse wie Kalkulation oder Abrechnung als auch eigentliche Bauprozesse) sind komplexe,

mehrschrittige Verfahren mit zahlreichen Schnittstellen, In- und Outputs. Die WSA ist die Visualisierung der einzelnen Schritte und ihrer Abhängigkeiten untereinander. Das schließt Voraussetzungen (Material, Information, ...), Dauer, Vor- und Nachlaufzeiten, nötige Hilfsmittel und Verantwortlichkeit ein. Sie ist also die direkte Umsetzung des Wertstrom-Prinzips. Zweck ist die Eliminierung von Verschwendung, die Reduktion notwendiger nicht wertschöpfender Tätigkeiten und die Optimierung der eigentlichen Wertschöpfung [33].

Die WSA wird von allen am betrachteten Prozess Beteiligten gemeinsam durchgeführt [73]. Im ersten Schritt, der Wertstromaufnahme, wird der bisherige Ablauf als Status Quo analysiert. Dabei entsteht ein Graph mit Prozessschritten als Knoten und Wert-, Informations-, Stoff- und Produktströmen als Kanten (siehe Abb. 2.2).

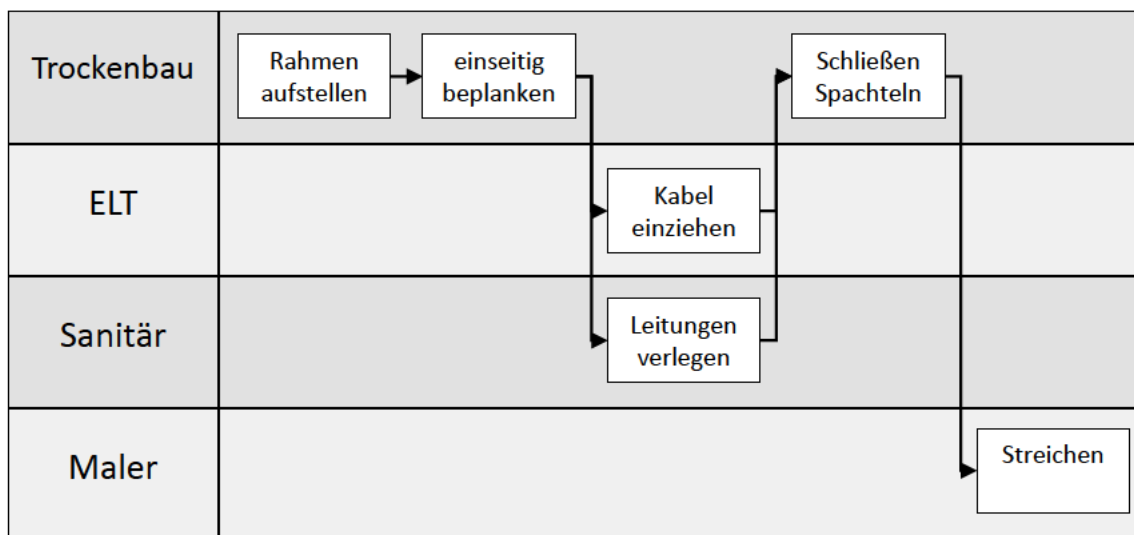


Abbildung 2.2: Idealisiertes Wertstromdiagramm für die Herstellung einer Trockenbauwand. Die Darstellung ist stark vereinfacht. Jede Zeile repräsentiert einen Akteur, jedes Feld einen Prozessschritt. (eigene Darstellung)

Die einzelnen Prozessschritte werden klassifiziert als wertschöpfend, nicht wertschöpfend, aber erforderlich und nicht wertschöpfend (Verschwendung). Anschließend wird ein idealer Prozess als Soll-Zustand entworfen. Aus den Unterschieden beider werden Handlungsfelder entwickelt, in denen Maßnahmen zur Optimierung des Prozesses festgelegt werden (*Wertstromdesign*). Bestandsaufnahme und Optimierung finden in der Regel an separaten Terminen statt. Regelmäßige Treffen kontrollieren die Umsetzung der beschlossenen Maßnahmen über einen Zeitraum von mehreren Monaten, bis der Sollzustand erreicht ist.

### 2.2.3 Fluss-Prinzip und Taktung

Klassische Terminplanung arbeitet im Bauwesen nach dem Paradigma, alle Tätigkeiten zu beginnen, sobald die Voraussetzungen dafür erfüllt sind. Das führt zu häufigem Wechsel von Tätigkeiten und stark schwankendem Arbeitsvolumen. Dies wiederum zwingt Firmen teilweise dazu, ihre Belegschaft zwischen verschiedenen Projekten hin und her zu verlagern, was weitere Unsicherheit in den Produktionsprozess bringt [54].

Ziel einer Arbeitsvorbereitung nach Lean Prinzipien ist daher kontinuierliches Arbeiten und Reduktion der Varianz von Arbeitsprozessen. Dies erlaubt den Abbau von Puffern und Lagerbeständen, die sonst zum Abfangen von Leistungsschwankungen nötig sind [76].

Eine sehr effektive Methode dieses Ziel zu erreichen ist die Taktung von Tätigkeiten. Dafür wird das Projekt in möglichst gleichförmige Taktabschnitte unterteilt. Die aufeinanderfolgenden Tätigkeiten bearbeiten dann jeweils einen Taktbereich nacheinander und begeben sich nach einer festen und gleich bleibenden Taktdauer (diese beträgt oft eine Woche, aber auch ein Tag, eine halbe Woche oder zwei Wochen sind üblich) in den nächsten Bereich, der gleichzeitig vom vorangegangenen Arbeitsschritt freigegeben wird. Je Taktbereich und Zeitabschnitt finden dabei eine oder nur wenige, einander nicht störende Tätigkeiten statt. So bildet sich ein Gewerkezug, der wie in [Abb. 2.3](#) Takt für Takt das Gebäude durchläuft [28].

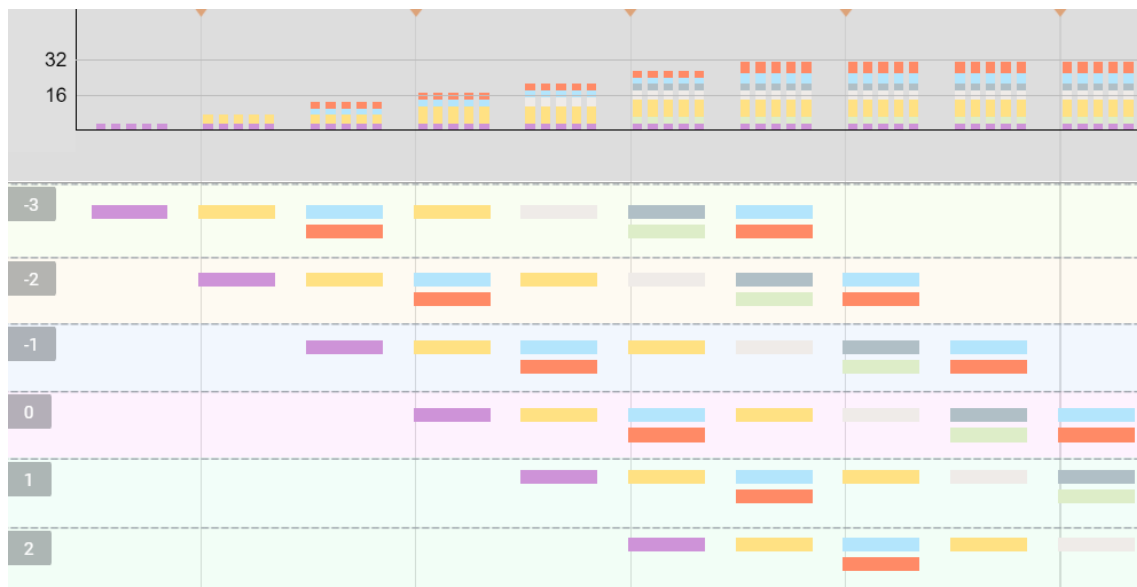


Abbildung 2.3: Taktplan (Ausschnitt) mit Personalstandskurve (oben). Jede Zeile stellt einen Taktabschnitt dar, jede Spalte einen Takt und jede Farbe ein Gewerk. Beachte die stetige Personalstandskurve (eigene Darstellung)

Die sinnvolle Erkennung und Einteilung gleichmäßiger Taktbereiche ist dafür essentiell. Sie muss berücksichtigen, welcher Leistungsumfang in einem Takt mit dem verfügbaren Personal zuverlässig durchführbar ist, denn wenn ein Gewerk sein Leistungssoll nicht schafft, wird – analog zur Fließbandproduktion – die Gesamtfertigstellung gleichermaßen verzögert.

#### **2.2.4 Pull-Prinzip**

Bei der konventionellen Ablaufplanung steht die Frage „Was kann als nächstes getan werden?“ im Mittelpunkt, um den Ablauf von Anfang an aufzubauen.

Das Pull-Prinzip basiert dagegen auf dem Kundenmehrwert-Prinzip, indem für jeden Prozessschritt der jeweils nächste als Kunde begriffen wird. Ausgehend von der Fertigstellung des Projekts oder Abschnitts wird rekursiv gefragt „Was muss geschehen, damit dieser Prozessschritt möglich ist?“ So wird entsprechend dem Wertstromprinzip nur geplant, was tatsächlich nötig ist; gleichzeitig können Aufgaben weniger einfach vergessen oder übersehen werden. Ein Produkt wird erst dann hergestellt, wenn es tatsächlich benötigt wird [24].

#### **2.2.5 Kontinuierlicher Verbesserungsprozess**

Abschließender Kerngedanke jedes Lean-Prozesses ist ein [Kontinuierlicher Verbesserungsprozess \(KVP\)](#), abgeleitet vom *Kaizen*-Prinzip [50]. Dies wird durch methodische, systematische Untersuchungen wie die Wertstromanalyse, Fehler-Ursachen-Analyse oder Multimedientaufnahme realisiert. Alle Ausführenden sollen die Gelegenheit haben, Verbesserungsvorschläge einzubringen und nach Möglichkeit auch aktiv danach zu suchen. Facharbeiter sind durch Erfahrung und Spezialisierung Experten für ihre jeweiligen Tätigkeiten und wissen daher oft am Besten, wo Optimierungspotential besteht.

### **2.3 Verschwendungsarten**

Die fünf Prinzipien dienen alle einem gemeinsamen Ziel: der Reduktion von Verschwendung. Diese kann in vielen verschiedenen Formen auftreten. Sie führt dazu, dass nur 40-60% der Arbeit im Baugewerbe für wertschöpfende oder notwendige Tätigkeiten aufgebracht wird [19].

Die ursprünglichen Formalisierung des [TPS](#) definiert sieben Verschwendungsarten [50], die als allgemeiner Konsens betrachtet werden [24, 32]:

**Bestände** Große Mengen zwischengelagerten Materials brauchen nicht nur viel Platz, sondern erschweren zudem auch den Zugang zu anderen Materialien und binden Kapital.

**Bewegung** Wenn Material und Arbeitsgeräte weit weg vom eigentlichen Arbeitsplatz gelagert werden, müssen Ausführende unnötige Transportwege absolvieren. Auch muss Personal häufig den Arbeitsort wechseln – teilweise über ein Projekt hinaus.

**Transport** In der Praxis ist es oft nötig, Materialien von einem Zwischenlager zum nächsten zu transportieren, weil die Lagerflächen anderweitig benötigt werden. Wie auch unnötige Bewegung kann dies mit effektiver Logistikplanung weitgehend abgestellt werden.

**Wartezeiten** Wenn nötige Voraussetzungen für Arbeiten wie Material, Geräte oder Platz fehlen, kann nicht gearbeitet werden. Ausweichtätigkeiten sind nicht immer verfügbar, sodass dann ein Teil der Belegschaft untätig ist.

**Überverarbeitung** Hiermit sind unnötige Prozessschritte gemeint. Produkte werden entsprechend Anforderungen verarbeitet, die in der Form gar nicht an sie gestellt werden, zum Beispiel Qualität oder Präzision

**Überproduktion** Produkte werden hergestellt, die überhaupt nicht nötig sind – diese werden dann entsorgt bzw. abgebrochen.

**Nacharbeit** Produkte weisen Schäden oder Mängel auf. Sie müssen nachgearbeitet oder ersetzt werden.

Koskela [42] und Liker [46] benennen weitere Formen der Verschwendung:

**Make-Do** bezeichnet das Arbeiten trotz fehlender Voraussetzungen. Dazu können jegliche kreativen Mittel führen, trotzdem zu arbeiten: mit falschen Materialien, unqualifiziertem Personal oder ohne Planung nach eigenem Ermessen. Das führt zu Korrektur-, Nach- und Mehrarbeiten. [42]

**Ungenutztes Mitarbeiterpotential** Ideen, Impulse und Kompetenzen von Mitarbeiterinnen Mitarbeitern werden nicht aufgenommen. Sie führen Tätigkeiten aus, die nicht ihrem Qualifikationsniveau entsprechen. [46]



Die Reduktion dieser Verschwendungsarten stehen teilweise im Widerspruch zueinander: So können beispielsweise größere Lagerbestände helfen, Arbeitsstillstand durch verzögerte Materiallieferung zu vermeiden; erhöhte Qualitätskontrolle zur Mangelvermeidung kann leicht in Überverarbeitung ausarten.

## 2.4 Lean Methoden

Lean Construction bezeichnet gleichermaßen eine Management-Philosophie und eine Sammlung von Methoden. Die Prinzipien wurden im vorherigen Abschnitt erläutert. Die am häufigsten eingesetzten Methoden sind das [Last Planner System \(LPS\)](#) und [Taktplanung und Taktsteuerung \(TP/TS\)](#) – so versuchen auch alle in [Abschnitt 4.2](#) aufgeführten Programme diese in digitaler Form abzubilden. In der Praxis werden oft auch Kombinationen aus beidem eingesetzt. Daher werden diese im Folgenden vorgestellt.

Auf die zahlreichen weiteren Methoden, wie z. B. die Wertstromanalyse, Multimomentaufnahme und Fehler-Ursachen-Analyse [73] wird hier nicht näher eingegangen, da diese für die systematische Digitalisierung mithilfe von BIM weniger geeignet sind.

### 2.4.1 Last Planner System

Das [LPS](#) [9, 10], auch als Letzte Planer Methodik (LPM) bezeichnet, ist die am besten untersuchte Lean Construction Methodik [8]. Ihr Ziel ist es, die Zuverlässigkeit sämtlicher Abläufe – Planung, Beschaffung, Ausführung etc. – zu erhöhen. Ein wesentliches Mittel dafür ist die frühzeitige Einbindung aller an der Planung und Ausführung Beteiligten, um die Erfahrungen und Kenntnisse nachgeordneter Prozessschritte in die Planung mit einzubeziehen. Diese tatsächlichen Prozessverantwortlichen (z. B. Vorarbeiter, Mitarbeitende des Statik-Büros) werden als „Last Planner“ bezeichnet. Durch deren Mitwirkung können die damit einhergehenden Einsparungen Berücksichtigung finden und positiv auf den Gesamtprozess wirken. Alle Beteiligten verfolgen ein gemeinsames Ziel: das Projekt innerhalb der Vorgaben hinsichtlich Kosten, Terminen und Qualität abzuwickeln.

Die Besprechungen sollen im Stehen stattfinden. So wird die Aufmerksamkeit der Teilnehmenden erhöht und es fällt leicht, periphere Themen im direkten Gespräch zwischen den direkt Betroffenen zu klären.

Das LPS wird in vier Planungsstufen sowie die gemeinsame Rückschau unterteilt, die jeweils eine Verfeinerung der vorherigen Stufe darstellen. Dafür werden wie in [Abb. 2.4](#) gezeigt auch

die Begriffe „Sollte“ – „Kann“ – „Wird“ – „Erledigt“ verwendet. Damit verbunden ist die Metapher der „Flughöhen“, welche die Breite des Blickfelds darstellen soll. Am Ende jedes Projekts führen die Beteiligten eine gemeinsame Auswertung durch, um neue Erkenntnisse und Lerna-

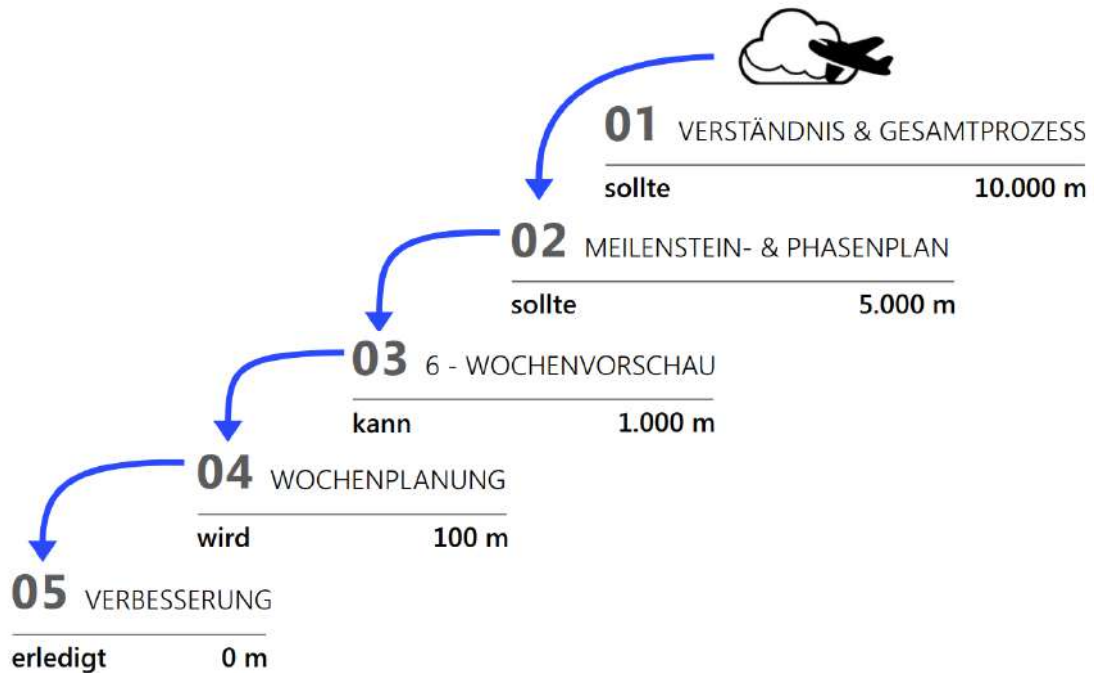


Abbildung 2.4: Die Ebenen des Last Planner System. (Quelle: Refine Projects AG)

### Gesamtprozessanalyse

In der **Gesamtprozessanalyse (GPA)** als ersten Planungsschritt wird das Projekt in Phasen unterteilt („Sollte“). Diese können sich nach Bauteil (z. B. „Bauteil Nord“, „Turm A“) oder Funktion (z. B. Rohbau, Gebäudehülle, Ausbau) ergeben und stellen die größte Unterteilung sämtlicher Aufgaben dar. Für jede dieser Phasen wird ein Meilenstein als Enddatum festgelegt, soweit diese nicht durch vertragliche Termine vorgegeben sind.

Die **GPA** wird in der Regel zu Beginn des Gesamtprojekts, spätestens vor Baubeginn durchgeführt. Im Idealfall wird auch die Planung betrachtet. Ein Problem ist oft, dass wesentliche Beteiligte noch nicht bekannt bzw. beauftragt sind. Dem kann mit alternativen Vertragsmodellen, z. B. **Integrated Project Delivery (IPD)** (siehe **Abschnitt 2.5.2**) zuvorgekommen werden.

## Phasen- Planung

Für die einzelnen definierten Phasen wird als nächstes mit jeweils hinreichendem Vorlauf eine Phasenplanung durchgeführt („Sollte“). Da diese in der Regel nach dem Pull-Prinzip (siehe [Abschnitt 2.2.4](#)) erfolgen, werden sie in der Praxis auch als *Pull-Planungen* bezeichnet.

In der Phasenplanung bestimmen die Teilnehmenden die Abfolge nötiger Tätigkeiten zur Erfüllung des jeweiligen Phasenziels. Daran sind Vertreter der ausführenden (Schlüssel-) Gewerke, Planung, Bauherrenschaft und aller weiterer Stakeholder zu beteiligen. Im ersten Schritt werden diese Tätigkeiten ohne Berücksichtigung von Dauern oder Aufwand in eine logische Abhängigkeit zueinander gebracht. Erst später werden die Tätigkeiten mit Dauern versehen, um die Gesamtzeit der Phase zu beurteilen. Wenn die so ermittelte Dauer nicht mit dem im Masterplan festgelegten Zeitraum übereinstimmt, entscheidet das Team ob Start oder Ende verschoben werden sollen oder ob für wenig kontrollier- und vorhersehbare Aufgaben längere Zeiträume eingeplant werden.

## Vorschauplanung

Die Vorschauplanung ist ein regelmäßiges Treffen, in dem die tatsächlichen Arbeiten in den nächsten fünf bis sechs Wochen (in manchen Unternehmen auch drei oder vier Wochen) geplant werden („Kann“). Welche Tätigkeiten tatsächlich anstehen, ergibt sich aus dem jeweiligen Phasenplan; sie werden jedoch in einem höheren Detaillierungsgrad als dort dargestellt. Die relativ weite Vorausplanung erlaubt auch das flexible Vorbereiten von Tätigkeiten mit langer Vorlaufzeit (z. B. Fertigungs- und Lieferfristen). Außerdem können die Gewerke sich so besser auf den künftigen Personalbedarf vorbereiten oder Probleme (kapazitätsbedingt oder anderweitig) frühzeitig erkennen und entsprechend umplanen. Im Rahmen der Vorschauplanung wird auch überprüft, ob alle Voraussetzungen für die Tätigkeit erfüllt sind.

Koskela identifiziert sieben Voraussetzungen, die alle für sicheres und effizientes Arbeiten erfüllt sein müssen [40]:

1. Vorarbeiten
2. Materialien
3. Personal
4. Geräte
5. Informationen
6. sicherer Arbeitsraum
7. äußere Bedingungen
8. [52]: gemeinsames Verständnis

Die *Last Planner* nehmen nur jene Tätigkeiten in die Vorschauplanung auf, für die bekannt ist, dass diese Voraussetzungen rechtzeitig erfüllt sein werden. Das soll Störungen weitgehend vermeiden (*Schilding*). Wo das nicht der Fall ist, müssen zusätzliche Anstrengungen unternommen werden, um diese Voraussetzungen zu erfüllen (*Screening*) [9]. Andernfalls ist das Risiko zu hoch, dass Aufgaben nicht wie geplant erledigt werden können und es zu Verzögerungen oder *Make-Do* (siehe [Abschnitt 2.3](#)) kommt.

In dieser Phase werden auch Prioritäten festgelegt, denn nicht immer stehen genügend Personal oder andere Ressourcen zur Verfügung, um alle zur Ausführung bereiten Aufgaben auch zu erfüllen. Zudem kann die Produktivität der Ausführenden nie mit absoluter Genauigkeit vorhergesehen werden, sodass auch geklärt wird, welche Tätigkeiten im Zweifelsfall vorgezogen werden sollen.

### **Wochen- und Tagesplanung**

In der wöchentlichen Arbeitsplanung wird besprochen, welche Arbeiten in der jeweiligen Woche tatsächlich ausgeführt werden sollen („Wird“). Hier geben die *Last Planner* (Vorarbeiter, Poliere, Fachbauleiter) verbindliche Zusagen ab, welche Aufgaben sie abarbeiten werden. Sie haben auch alle notwendigen Informationen um diese Zusagen verbindlich treffen zu können. Da dies im direkten Austausch mit den anderen Beteiligten geschieht, entsteht gewollt sozialer Druck diese Zusagen auch einzuhalten, insbesondere wenn davon weitere Aufgaben abhängen.

Gleichzeitig wird dabei überwacht, welche Aufgaben der letzten Periode tatsächlich wie zugesagt erfüllt wurden und wenn nicht, warum („Erledigt“). Der Anteil erfüllter Zusagen (**Project Percent Complete (PPC)**) sowie die statistische Analyse der Abweichungsgründe werden zur Optimierung zukünftiger Aktivitäten innerhalb und jenseits des aktuellen Projekts herangezogen. Unregelmäßigkeiten in der Produktion können so ausgeglichen oder kompensiert werden. PPC stellt zudem einen entscheidenden Key Performance Indicator für das Projekt dar.

### **2.4.2 Taktplanung und Taktsteuerung**

In der stationären Industrie werden die Produkte in einem festgelegten Takt von einem Arbeitsschritt an einer Arbeitsstation zum nächsten weiter gereicht. Im Bauwesen ist das (in der Regel) nicht möglich. Stattdessen ziehen hier die Arbeitsschritte – d.h. die einzelnen Gewerke

– von einem Produkt (d.h. einem Raum, einem Abschnitt, etc.) zum nächsten. das wird mittels TP/TS erreicht [24, 28, 32].

## Taktplanung

Die Taktplanung läuft in mehreren Phasen ab. Als erstes werden die sich wiederholenden Bereiche identifiziert (z. B. Büroflächen, Sanitärtrakte, Fassadenabschnitte, aber auch vertikale Stränge wie Installationsschächte) und in annähernd gleich große Taktbereiche unterteilt sowie die Dauer eines Taktes und die Durchlaufrichtung festgelegt. Üblich sind wöchentliche, zwei- oder halb-wöchige, aber auch tageweise Takte.



Abbildung 2.5: beispielhafte Regelprozesskette Ausbau (eigene Darstellung)

Im nächsten Schritt wird für jeden Bereich die Abfolge der Tätigkeiten festgelegt. So entsteht ein Regelgewerkezug, der sich für jeden Taktbereich mit jeweils einer Taktdauer Versatz wiederholt (siehe Abb. 2.5). Die verschiedenen Gewerke werden dabei farblich markiert. Taktbereichgröße und Taktdauer müssen dabei so aufeinander abgestimmt werden, dass alle beteiligten Gewerke ihr Leistungssoll je Taktbereich sicher innerhalb eines Taktes erbringen können. Das wird durch sorgfältiges Planen der Personalstärken und ggf. Strecken von Tätigkeiten auf mehrere Takte ermöglicht. Verschiedene Arbeiten gleichzeitig in einem Taktbereich durchzuführen, ist abhängig von dessen Größe oft nur sehr eingeschränkt möglich, bei wenig arbeitsintensiven Tätigkeiten aber oft sinnvoll.

Jede Tätigkeit wird dann im allgemeinen in einem Taktbereich je Takt durchgeführt. Der Gewerkezug verschiebt sich also je Takt um einen Taktbereich. Siehe Abb. 2.6 zeigt einen so entstandenen Taktplan: die Taktbereiche bilden Zeilen, Takte bilden Spalten (siehe Abb. 2.6).

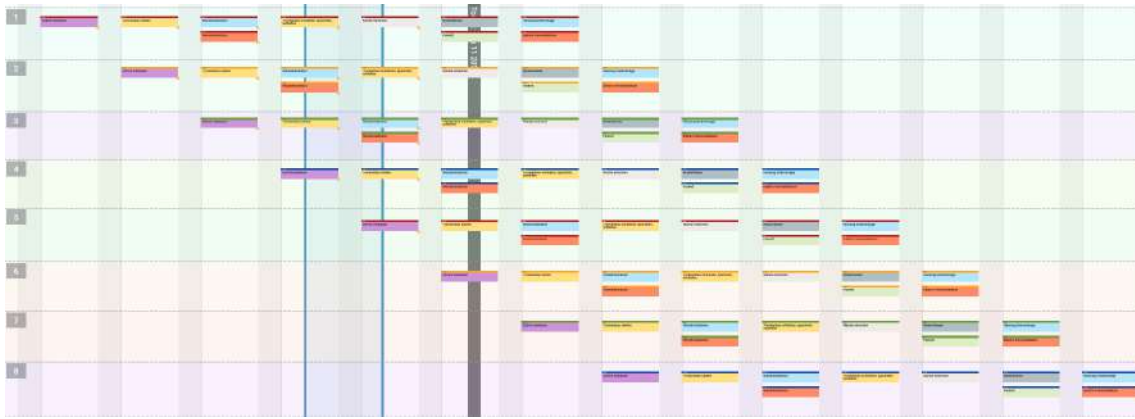


Abbildung 2.6: Die Regelprozesskette aus [Abb. 2.5](#) in einen Taktplan übersetzt. Die Zeilen stellen Taktbereiche dar. (eigene Darstellung)

In fast jedem Projekt existieren verschiedene Arten von Bereichen, die unterschiedliche Prozessketten erfordern. In einem Bürogebäude z. B. könnten eigentliche Büroflächen und Sanitärtrakte von separaten Gewerkezügen bearbeitet werden. Dazu kommen in der Regel Sonderbereiche, die sich nicht wiederholen und damit nicht Takten lassen (z. B. Technikzentralen). Diese müssen mit besonderer Sorgfalt in die Gesamtplanung eingebettet werden.

### **Taktsteuerung**

Ein wesentlicher Vorteil getakteter Baustellen ist, dass jedes Gewerk zu Beginn eines Taktes einen für seine Arbeiten bereiten Bereich betritt. Das vermeidet Konflikte mit sich überlagernden und gegenseitig blockierenden Tätigkeiten. Im Umkehrschluss entstehen schnell Verzögerungen im Gesamtprozess, wenn ein Gewerk sein Leistungssoll nicht in der vorgegebenen Zeit erfüllt. Das Einhalten des Taktes hat daher sehr hohe Priorität. Daher werden in der Regel wöchentliche oder sogar tägliche Steuerungsbesprechungen durchgeführt, um den Arbeitsfortschritt zu kontrollieren und aufgetretene Probleme zu lösen.

KW 12 - 2019 18.03.2019 - 24.03.2019		Bau: Hotel															
FC	Nachunternehmer	Gewerk	Tätigkeit	Mo		Di		Mi		Do		Fr		Sa		So	
				Anz. MA	Status	Anz. MA	Status	Anz. MA	Status	Anz. MA	Status	Anz. MA	Status	Anz. MA	Status	Anz. MA	Status
Los: H13-01 - Geschoss: 1 OG																	
		Projektteam	Sichtabnahme spachtelungen		○												
		Malerarbeiten	1.&2. Anstrich Decke				○		○		○						
		Malerarbeiten	1. Anstrich Wände				○		○		○						
		Malerarbeiten	spachteln + schleifen				○		○								
Los: H14-01 - Geschoss: 1 OG																	
		Projektteam	Abruf CLT Sichtabnahme Spachtelung			○											
		Malerarbeiten	1.&2. Anstrich Decke				○		○		○						
		Malerarbeiten	1. Anstrich Wände				○		○		○						
		Starkstrom	E-Dosen bestücken				○		○		○			○			
		Malerarbeiten	Wände tapezieren				○		○		○						
Los: H13/H14-Flur-01 - Geschoss: 1 OG																	
		Projektteam	Freigabe TGA Decken		○												
		Trockenbau / Verkleidungen	AHD Unterkonstruktion							○		○			○		
		Trockenbau /	Spachteln +							○		○					

Abbildung 2.7: Beispiel einer auszudruckenden Arbeitsliste. Beachte die Eintragungsmöglichkeiten für Ist-Mannstärken. In diesem Beispiel wird der Status (erfüllt, verzögert, nicht erfüllt) mit farbigen Textmarkern in der entsprechenden Markierung eingetragen. (Quelle: Züblin)

Auch die Taktplanung ist nicht perfekt. Einmalige Störungen (z. B. fehlendes Material, Wetter) oder systematische Probleme im Gewerkezug (z. B. unterschätzter Aufwand für einen Prozessschritt, zu geringe Personalstärke) können Verzögerungen hervorrufen. Werden solche Probleme frühzeitig in der Produktion erkannt, so kann der Regelprozess angepasst werden, indem beispielsweise Tätigkeiten verschoben oder auf mehrere Takte gestreckt oder Leertakte als Puffer eingeplant werden. Im Sinne des KVP wird der Gewerkezug so sukzessive optimiert.

Die Kooperation der Gewerke ist ein wesentlicher limitierender Faktor des Erfolgs der Taktplanung und Taktsteuerung. Ihr Ziel ist die Verstetigung der Produktion, jedoch ist nicht jedes Gewerk zu stetiger Arbeit im Stande. Es kann zum Beispiel vorkommen, dass ein Nachunternehmer zunächst Restleistungen auf einem anderen Projekt abschließen und dann eventuellen Verzug durch erhöhte Personalstärke ausgleichen will. Andere Gewerke bevorzugen es, in größeren Abständen zu einer Baustelle anzureisen und dann möglichst viel Arbeit auf einmal zu erledigen. Wieder eine andere Firma ist vielleicht gar nicht im Stande, die zugesagte Personalstärke bereit zu stellen. All dies führt zu erheblichen Störungen im Takttablauf. Dem kann nur durch entsprechende Klauseln in Verträgen entgegen gewirkt werden. Die Arbeit nach dem Taktprinzip ist für Ausführende gewöhnungsbedürftig.

Es wird auf jeder Baustelle immer auch Sonderbereiche geben, die sich nicht takten lassen, weil sie einmalige Tätigkeiten umfassen (z. B. Technikzentralen). Der Bauablauf in solchen Bereichen muss natürlich losgelöst vom Taktplan ebenfalls geplant und gesteuert werden.

### **Taktplanung und Taktsteuerung im Last Planner System**

Nicht alle Anwender unterscheiden klar zwischen den beiden Methoden. Grundsätzlich können TP/TS auch von einer zentralen Arbeitsvorbereitungsabteilung z. B. eines Generalunternehmers durchgeführt werden. Das funktioniert jedoch nur, wenn diese zentrale Stelle alle anstehenden Arbeiten genau kennt. In vielen Fällen wird diese mit dem LPS verknüpft und die ausführenden Gewerke in die Erstellung der Regelprozesse mit einbezogen. Die Taktplanung findet dabei im Zuge der Phasenplanung statt, die Taktsteuerung entspricht der Vorschau- und Wochenplanung.

Die Steuerung von getakteten Baustellen lebt in diesem Fall von der Partizipation der beteiligten Gewerke. In bestenfalls tageweisen kurzen Besprechungen wird das Voranschreiten der Arbeiten nach Plan kontrolliert. Weil alle anstehenden Arbeiten im Taktplan erkennbar sind, muss dabei nur auf problematische Aspekte eingegangen werden. So wird wiederum Besprechungszeit eingespart [10].

### **2.4.3 Location Based Management System**

Klassischerweise wird ein (Bau-) Projekt durch einen **Projektstrukturplan (PSP)** (engl. *Work Breakdown Structure*, WBS) untergliedert. Dieser bringt sämtliche anstehenden Aufgaben in eine Baumstruktur [4]. Verschiedene Gliederungsebenen unterteilen die einzelnen Arbeitspakete nach Gewerk, Tätigkeit und Gebäudegeometrie. Die Anordnung der Gliederungsebenen ist jedoch nicht einheitlich, so kann ein PSP zum Beispiel nach Gebäudetopologie (Abb. 2.8a), nach Gewerken (Abb. 2.8b) oder gemischt gegliedert sein<sup>2</sup> [39].

---

<sup>2</sup>Die Untergliederung nach Gebäudetopologie ist (in verschiedenen Ausprägungen) zugleich die Grundlage für die Strukturierung eines Building Information Model.



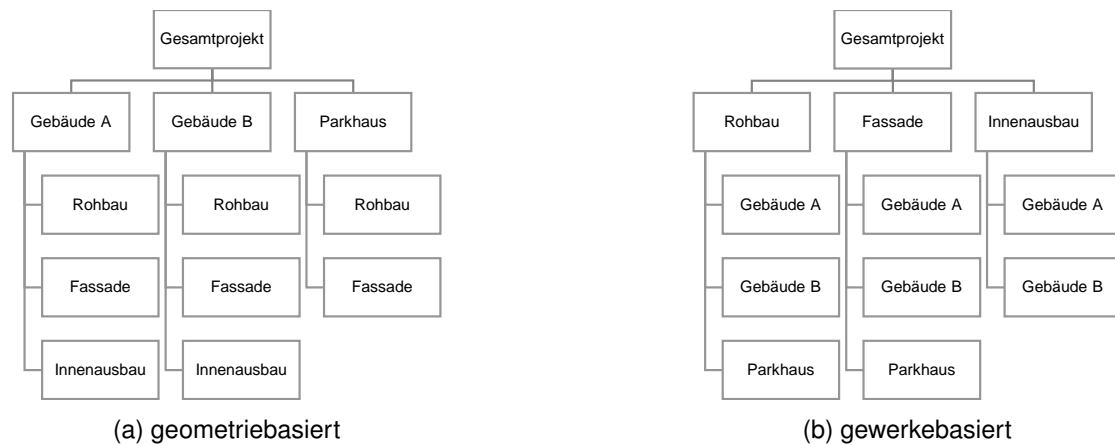


Abbildung 2.8: Vereinfachter Projektstrukturplan mit verschiedenen Gliederungssystematiken (eigene Darstellung)

Auf der untersten Ebene eines PSP stehen stets Arbeitspakete als Blattknoten. Diese sind eindeutig gekennzeichnet durch die Kombination aus Gewerk, Art der Tätigkeit und Ort. Gerade mit Hinblick auf sich häufig wiederholende Tätigkeiten (z. B. solche, die Teil eines Regelprozess sind) ist jedoch in einer solchen Struktur eine hohe Redundanz verbunden. So ist beispielsweise in einem gewerkeorientierten PSP für jedes Gewerk jeder zutreffende Bauabschnitt als Zwischenknoten definiert. Wie auch in jeder anderen Situation kann diese Redundanz zu vermeidbarer, mehrfacher Dateneingabe und inkonsistenten Informationen führen.

Schon seit dem 1940er-Jahren kommt als Reaktion auf diesen Umstand das [Location Based Management System \(LBMS\)](#) zum Einsatz. Ein Gebäude wird dabei zunächst hierarchisch in mehrere Abschnitte unterteilt. So entsteht die baumartige [Location Breakdown Structure \(LBS\)](#) mit Gebäuden, Geschossen, Bereichen, etc. als Ebenen. Die Arbeitspakete werden dann als einheitliche Tätigkeit betrachtet, welche nacheinander die verschiedenen Abschnitte durchlaufen. Die erforderliche Bearbeitungszeit je Abschnitt wird dafür aus der Mengenermittlung abgeleitet. Die Mannstärke wird so angepasst, dass alle aufeinander folgenden Tätigkeiten ähnliche Produktionsraten haben. Seppänen et al. haben Synergien zwischen LBMS und dem Last Planner System gefunden [65].

Die Abläufe werden beim LBMS so geplant, dass stets eine möglichst kontinuierliche Produktion möglich ist – ohne Unterbrechungen oder starke Schwankungen des Personalbedarfs. Der Schwerpunkt des LPDS liegt damit auf der Fluss-Perspektive der TFV-Theorie (siehe [Abschnitt 2.1.1](#)) und der Umsetzung des Fluss-Prinzips. Insofern ist das LBMS eng mit der Taktplanung und Taktsteuerung verwandt. Diese legen mehr Fokus auf die Bildung gleichfö-

miger Taktabschnitte und einen geordneten, diskreten Wechsel der Arbeiten zwischen Orten, bezwecken aber gleichermaßen die Kontinuierliche Arbeit.

### Flowline Scheduling

Planung nach dem LBMS werden oft als *Line-of-Balance* oder *Flowline Sheduling (FLS)* visualisiert (siehe Abb. 2.9) [38]. Dieses Diagramm zeigt einzelne Arbeitsschritte als kontinuierliche Prozesse, welche die auf eine Dimension reduzierte Baustelle linear durchlaufen. Das bietet sich besonders bei Linienbaustellen (wie z. B. Straßen an), ist jedoch auch für Hochbaustellen mit vielen gleichartigen Räumen wie z. B. Büros oder Hotelzimmer anwendbar.

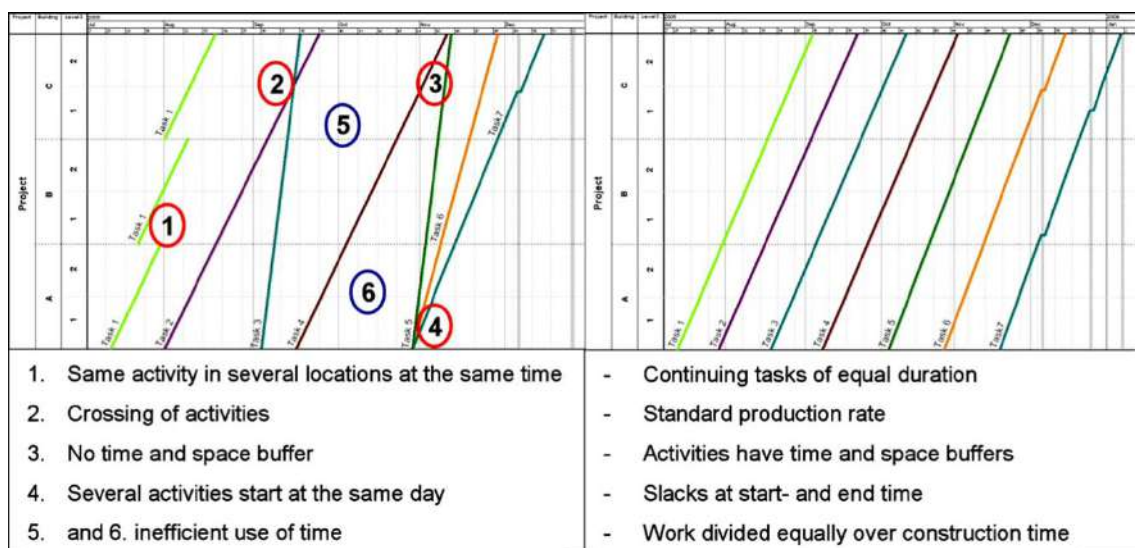


Abbildung 2.9: Line-of-Balance- / Flowline- Diagramme vor und nach der Optimierung. Die horizontale Achse bezeichnet die Zeit, die vertikale Achse den Ort, die farbigen Linien repräsentieren verschiedene Tätigkeiten. [38]

Aus dieser Darstellungsform sind Pufferzeiten und ungleichförmige Produktion besonders leicht zu erkennen. Im Zuge der Planoptimierung werden insbesondere die Einteilung der Taktbereiche und die Mannstärken je Trupp / Arbeitsschritt so angepasst, dass sämtliche Arbeiten in einem gleichförmigen Fluss ablaufen können.

### Location Breakdown Structure

Kenley und Harfield beschreiben eine Kombination aus PSP und LBS [39]: Abb. 2.10 zeigt beide gleichberechtigt und parallel zueinander. Jedes Arbeitspaket ist dann nicht mehr allein durch seinen Pfad im PSP identifizierbar, sondern durch die beiden Pfade in PSP und LBS. Für beide Bäume reduziert sich dadurch die erforderliche Tiefe. Die Erzeugung der LBS, un-

abhängig von der technischen Implementierung, sollte während der Gesamtprozessanalyse erfolgen, um die Einteilung der Arbeitspakete an die verfügbaren Kapazitäten anzupassen [65].

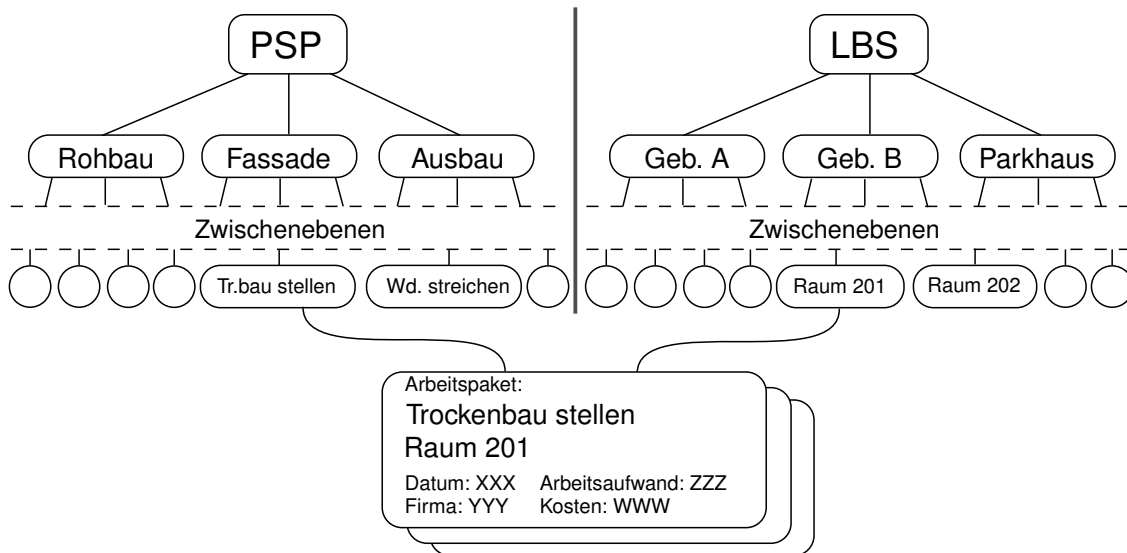


Abbildung 2.10: PSP und LBS als gleichberechtigte Baumstrukturen mit beliebig vielen Ebenen nebeneinander. Jedes Arbeitspaket ist gleichermaßen in beiden verortet und nur durch beide eindeutig identifiziert. (eigene Darstellung)

## 2.5 Building Information Modeling

BIM bezeichnet ...

die Benutzung von gemeinsam genutzter digitaler Repräsentanz eines Bauwerks (inklusive Gebäude und Infrastrukturbauwerke, usw.), um die Prozesse der Bauplanung, der Baukonstruktion und des Bauwerksbetriebs zu erleichtern und eine verlässliche Entscheidungsgrundlage bereitzustellen [37]

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

[17]

Gleichzeitig steht die Abkürzung BIM auch für das *Building Information Model*, also besagte Repräsentanz selbst.<sup>3</sup>

Während verschiedene Softwarefirmen zunächst ihre eigenen, proprietären Standards und Dateiformate für ihre jeweiligen Programme entwickelten<sup>4</sup>, treibt das BuildingSmart-Konsortium die Entwicklung des offenen und erweiterbaren Standards [Industry Foundation Classes \(IFC\)](#) voran [16, 35]. Mittlerweile sind fast alle BIM-kompatiblen Programme in der Lage, IFC-Dateien zu exportieren und teilweise zu importieren.

Losgelöst von der technischen Darstellung der Gebäudemodelle ist für den konsequenten Einsatz von BIM eine gemeinsames Verzeichnis entscheidend, in dem sämtliche Informationen zusammen laufen. Dieses Verzeichnis wird als [Common Data Environment \(CDE\)](#) bezeichnet [12]. Es sammelt idealerweise nicht nur Gebäudeinformationen, sondern auch alle nicht-geometrischen und nicht modellbezogenen Informationen wie Vertragsunterlagen (mit entsprechenden Zugriffsbeschränkungen) und Leistungsbeschreibungen. Es dient so als „Single Source of Truth“ für sämtliche Projektinformationen. Der Prozess zur Verteilung, Verifizierung und Freigabe von Daten über ein CDE wurde in ISO 19650 [36] standardisiert.

Es gibt verschiedene Ansätze, die sehr große Informationsmenge, die für ein umfassendes Gebäudemodell anfällt, zu strukturieren. Dabei ist auch sicher zu stellen, dass bei der Bearbeitung des Gesamtmodells durch verschiedene Planende gleichzeitig keine Versionskonflikte entstehen oder auch einzelne Planende mit veralteten Information arbeiten [12]. Die ursprüngliche Idee, das gesamte Modell in einer Datei zu speichern, hat sich nicht als praktikabel erwiesen. Mittlerweile ist der Standard etabliert, dass die verschiedenen Fachplanern jeweils an eigenen Dateien, den Fachmodellen, arbeiten, die dann regelmäßig in einem Koordinationsmodell zusammengefasst und auf Konflikte mit anderen Fachmodellen geprüft werden. Gleichzeitig existieren Ansätze, Gebäudemodelle nicht mehr als Dateien, sondern als Datenbank von Gebäudeelementen zu begreifen (z. B. Autodesk BIM360 oder der IFC-basierte open-source BIMserver) [12]. Alle Beteiligten können dann die von Ihnen benötigte Auswahl an Elementen von einem entsprechenden Server abrufen.

---

<sup>3</sup>Welcher Begriff jeweils gemeint ist, muss aus dem Kontext und dem beigeordneten Pronomen erschlossen werden; gelegentlich wird auch der redundante Begriff „BIM-Model“ verwendet.

<sup>4</sup>zum Beispiel Autodesk Revit mit `.rvt` oder GraphiSoft ArchiCAD mit `.p1n`

## 2.5.1 Mehrdimensionale Gebäudemodellierung

BIM sollte idealerweise nicht auf 3D-Modellierung beschränkt bleiben, ebenso wenig wie Lean Construction auf die Planung mit Haftnotizen reduziert werden darf. Das würde die Komplexität, aber auch das Potential von BIM wesentlich einschränken. Viel mehr ist die räumliche Dimension nur eine von mehreren Aspekten, durch die Elemente eines Gebäudemodells beschreiben werden. Die für das Projektmanagements entscheidenden Attribute sind:

- Geometrie** Die räumliche Lage, Form und Abmessung des zu erstellenden Produkts im Gebäude bzw. Projekt
- Topologie** Die Verortung des Produkts in der logischen Untergliederung des Projekts: Bauabschnitt, Geschoss, Raum, etc., also die Lage in der [LBS](#).
- Produkt** Das ausführende Gewerk bzw. die zuständige Planungsdisziplin sowie die Beschreibung und hierarchischer Untergliederung der Tätigkeiten analog eines Leistungsverzeichnis, d.h. die Lage im [PSP](#).
- Zeit** Der Bearbeitungszeitraum, also Beginn und Ende von Errichtungs- und ggf. Rückbauzeitraum<sup>5</sup>. Kann nach ursprünglich geplanter, voraussichtlicher und tatsächlicher Ausführungszeit unterscheiden werden.

Darüber hinaus existieren zahlreiche weitere Attribute wie statische, bauphysikalische, ökologische und vor allem finanzielle Informationen, die Spezialprogramme für komplexe Berechnungen und Auswertungen verwenden. Welche dieser Dimensionen tatsächlich mit Informationen befüllt werden, entscheiden die Projektteams anhand der Charakteristika des Projekts, ihrer Zusammensetzung sowie der verfügbaren Software und Kenntnisse der Teilnehmenden.

In der konventionellen Planung werden diese vier zentralen Aspekte losgelöst voneinander betrachtet, zum Beispiel in Form von Termin- und Ablaufplänen (Zeit) oder Leistungsverzeichnissen (Produkt). Für eine echte integrierte Planung müssen diese vier Attribute miteinander in Verbindung gebracht werden, wenn auch nicht in der selben Datenbank gespeichert sein. Ein Beispiel für eine sehr enge Verknüpfung wäre ein IFC-Modell, dessen Produkt-Elemente über die Klasse `IfcScheduleTimeControl` mit Terminen versehen sind und welches beispielsweise über ein BIM-Server [66] abrufbar ist. Ein Terminplan in einem proprietären Format, dessen Einträge BIM-Objekte in einer separaten Datenquelle referenzieren, wäre eine weniger eng integrierte Umsetzung des gleichen Prinzips. Entscheidend ist, dass möglichst

---

<sup>5</sup>falls auch abzubrechende Bauteile und Provisorien (z. B. Gerüste) betrachtet werden

alle Informationen in einem kohärenten Modell vorliegen. Das schließt auch Angaben zur Herstellungsprozess und zu Organisationsstrukturen ein.

## 2.5.2 Visual Design and Construction und Integrated Project Delivery

Über die Jahre ist eine Reihe weiterer Begriffe entstanden, die von verschiedenen Parteien als Schlagwort verwendet werden. Diese überlappen sich oft stark und werden von verschiedenen Firmen und Institutionen als Marketing-Begriff verwendet.

Der Term „Virtual Design and Construction“ (VDC) wird vom Center for Integrated Facility Engineering definiert als:

die Verwendung multi-disziplinärer Leistungsmodelle von Planungs- und Bauprojekten, einschließlich Produkt (z. B. Einrichtungen), Arbeitsprozesse und Organisation des Planungs-, Ausführungs- und Betriebs-Teams zur Unterstützung von Unternehmenszielen [2]

Das American Institute of Architects definiert IPD wie folgt:

Ein Projektabwicklungsansatz, der Personen, Systeme, Unternehmensstrukturen und -Praktiken in einen Prozess integriert, der kollaborativ die Talente und Einblicke nutzt, um durch allen Phasen von Planung, Herstellung und Errichtung das Projektergebnis zu optimieren, der Wert für den Auftraggeber zu erhöhen, Verschwendung zu reduzieren und Effizienz zu maximieren [69]

Beide Begriffe bezeichnen also die Nutzung mehrdimensionaler Gebäudemodelle (ergo: BIM) für Planung und Ausführung. Im Mittelpunkt steht die modellbasierte Integration aller Disziplinen und Projektphasen entsprechend der Definition des Common Data Environment [36]. Sie thematisieren über die eigentliche Modellierung hinaus auch Aufbau- und Ablauforganisation.

Speziell IPD ist zudem ein Management-Ansatz, der die wesentlichen Grundprinzipien der frühzeitigen Partizipation aller Beteiligten mit dem Last Planner System (siehe Abschnitt 2.4.1 und [48]) teilt. Es betont die Wichtigkeit von Vertrauen zwischen Projektbeteiligten. Realisiert werden kann es durch verschiedene Vertragsformen, so zum Beispiel Mehrparteienverträge, Partnering-Modelle, *design-build*-Verträge oder Alliancing, die alle eine enge und frühzeitige Bindung von Bauherrschaft, Planung und Ausführung aneinander vorsehen. Somit setzt es auch Ideen von Lean Construction um.

## 2.6 Praktischer Einsatz von BIM und Lean Construction

Auf technischer und unternehmerischer wie auch auf sozialer und menschlicher Ebene stehen der Einführung von BIM und Lean Construction praktische Hindernisse im Weg, die den Vorteilen entgegen stehen. Unzulänglichkeiten technischer Umsetzungen, uneinheitliche Plattformen und Verfahrensweisen, unternehmerische Aspekte sowie soziale Faktoren wie persönliche Abneigung gegen Veränderung der Arbeitsweise sorgen dafür, dass beide sich nur langsam in der Praxis verbreiten.

### 2.6.1 BIM: geringe Verbreitung, fehlende Anreize, hohe Erwartungen

Es gab in den letzten Jahren zahlreiche Umfragen und Untersuchungen zum Verbreitungsgrad von BIM [5, 14, 55, 62, 63]. Nach Stand von 2017 geben in mehreren Umfragen ca. 20% der Befragten an, keine Erfahrungen mit BIM zu haben [14, 55]. Gleichzeitig stimmt die überwiegende Mehrheit (ca. 90%) der These zu, dass BIM sich durchsetzen wird [14, 55, 63]. Trotzdem werden digitale Technologien bisher selten eingesetzt [14, 55]. So sagt beispielsweise der überwiegende Anteil der Befragten aus, noch keine oder nur wenige Tablets auf Baustellen einzusetzen [62].

Die wesentlichen Anreize für die Einführung sind der Wunsch mit technischer Entwicklung Schritt zu halten [5, 34, 55] und (besonders in Deutschland) die eigenen internen Prozesse zu optimieren [5, 55].

Die meistgenannten bzw. schwerwiegendsten Hindernisse für den Einsatz von BIM sind die Einschätzung, dass bisherige, konventionelle Methoden ausreichend sind [14, 55], sowie fehlende Nachfrage seitens der Arbeitgeber [14, 34, 55]. Hinzu kommen hohe Kosten für Anschaffung und Training mit der neuen Technologie [34, 55]. Schließlich bemängeln viele der Befragten, dass ihre Partner BIM nicht nutzen [34].

In der Praxis zeigt es sich als wesentliches Problem, dass die Einsparungen durch den Einsatz von BIM an anderer Stelle auftreten als die Mehrkosten. Durch sogenanntes *Frontloading* entsteht mehr Planungsaufwand in frühen Projektphasen und mehr Entscheidungen müssen früher getroffen werden [62]. Der Nutzen von BIM, z. B. effizientere Mengenermittlung in der Vergabe- und Ausführungsphase, tritt erst in nachgelagerten Aufgaben auf.

Bisherige Abrechnungsmodelle, insbesondere die HOAI, werden dieser Verlagerung nicht gerecht. Bei konventioneller Vergabe kann es für Bauunternehmen sogar notwendig werden,

schon für die Angebotsbearbeitung ein Gebäudemodell zu erzeugen, wenn vom Planer keines zur Verfügung gestellt wird. Das zeigt, dass auch eine Veränderung der Management- und Unternehmenskultur mit der Einführung neuer Technologie einhergehen muss. Partnering-Modelle und IPD sind geeignet, dadurch entstehende Schwierigkeiten aufzufangen [60].

### **2.6.2 Lean: Führung und Mentalität**

Als Methode und Philosophie ist das Prinzip Lean Construction nochmals abstrakter als BIM und daher vielen im Bauwesen Beschäftigten noch gänzlich unbekannt. Einige Beschäftigte lehnen die Methoden als vermeintlicher Zusatzaufwand oder mit der Begründung „Wir arbeiten doch schon immer so“ ab. Sie werden häufig als „von oben aufgebrummt“ angesehen. Laut einer Umfrage von Sarhan und Fox [61] sind wesentliche Hindernisse für die Umsetzung fehlende Kenntnis, Kultur und Einstellung sowie mangelnde Unterstützung durch Vorgesetzte.

Dabei ist es Aufgabe von Führungskräften, diese teilweise berechtigten Vorbehalte aufzugreifen und abzubauen sowie ihre Mitarbeiter zur selbstständigen Arbeit mit Lean Prinzipien zu motivieren [20, 43, 59, 61]: Durch Teilnahme an Lean-Besprechungen können Projektleiter signalisieren, dass diese ein sinnvoller Einsatz ihrer Zeit und der ihrer Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter ist. Es muss erklärt und demonstriert werden, dass beispielsweise die Steuerungsbesprechungen des LPS keine zusätzlichen Termine darstellen, sondern herkömmliche Nachunternehmer-Besprechungen ersetzen (und im Idealfall kürzer sind). Diese Aufklärung obliegt wiederum internen und externen Beratern und Experten.

Der Fakt, dass vielerorts bereits entsprechend Lean Prinzipien gearbeitet wird, ohne sie als solche zu benennen, darf hierbei nicht unter den Tisch gekehrt werden. Dies bewusst anzuerkennen, ist erfahrungsgemäß ein wichtiges Zeichen der Wertschätzung, somit Grundlage für die Zusammenarbeit zwischen Experten und Anwendern, und begünstigt zudem die Akzeptanz weiterer konkreter Lean Methoden.

Die wichtigste Komponente von Lean Construction sind jedoch keine Methoden oder Arbeitsanweisungen, sondern Denkweisen [24]. Offene Kommunikation, Einholen von Informationen an der Quelle, Lernbereitschaft, Mut zu Veränderung und Streben nach kontinuierlicher Verbesserung können nicht durch Arbeitsanweisungen verordnet, sondern nur durch Üben und eigenes Erkennen der Vorteile erlernt werden. Als wichtigster Vorteil täglicher Steuerungsbesprechungen erweist sich häufig die kurzzyklische Abstimmung mit Vertretern anderer Firmen, die andernfalls in Form von E-Mails deutlich aufwändiger und langwieriger erfolgt wäre. Ähn-



lich vorteilhaft zeigt sich die frühzeitige Einbindung von Fachplanern und anderen Experten in den Planungsprozess.

Schließlich ist auch ein wichtiger kalkulatorischer Aspekt zu beachten: Die Arbeit mit BIM und Lean Construction darf nicht als zusätzlicher Kostenfaktor für Projekte dargestellt werden. Selbst wenn durch Effizienzsteigerungen und Verschwendungsvermeidung netto Kosten sinken, leisten dann viele Beteiligte Widerstand gegen die Finanzierung (und deshalb oft auch die eigentliche Arbeit) von Beratern und Experten, deren Arbeit intern über Projekte abgerechnet werden soll. Wenn sich also eine Geschäftsführung um Akzeptanz für BIM und Lean Construction bemühen will, bietet es sich an, diese Kosten zunächst nicht auf Projekte zu verrechnen, sondern als unternehmensweite Entwicklungsausgaben. Beim flächendeckenden Einsatz auf (fast) allen Projekten ist gar die Abrechnung als allgemeine Geschäftskosten angebracht. So hat den Nachteil nicht, wer diese auf Anweisung der Geschäftsführung über seine Projekte finanziert, sondern wer eine Leistung, deren Kosten unvermeidlich anfallen, nicht nutzt.

Einige Bauherrenorganisationen, insbesondere solche, die in ihren eigenen Prozessen bereits nach Lean-Prinzipien arbeiten (z. B. Automobilhersteller), fordern die Anwendung von Lean Construction und BIM explizit ein, da sie selbst positive Erfahrungen damit machen konnten. Diese sind auch bereit, dafür Honorare einzuplanen.

## Kapitel 3

# Anwendungsszenarien von BIM in Lean Construction

Die weiter oben aufgeführten Methoden lassen sich alle analog umsetzen – zum Beispiel funktioniert Taktplanung und Taktsteuerung mit Steckkarten oder Haftnotizen an großen Plakatwänden [24]. Das erfordert allerdings zusätzlichen Aufwand: Nicht nur müssen solche Hilfsmittel produziert und geliefert werden, Änderungen am analogen Plan werden in der Praxis manuell oder halb-manuell in parallel geführte digitale Systeme zurück übertragen. Die Verwendung integrierter BIM-Systeme kann dazu beitragen, Projekte besser zu visualisieren, Mehrfacharbeit zu reduzieren und anderweitige Aufwandsersparnisse einbringen [20].

In diesem Kapitel werden Anwendungsszenarien aufgeführt, in denen der Einsatz von Building Information Modeling Planung und Bauausführung mit Lean-Methoden erleichtern kann. Die Auswahl basiert auf der Literatur, eigenen Beobachtungen, Erfahrungen und Gesprächen des Autors in diversen Projekten sowie dem Austausch mit im Bereich Lean Construction tätigen Spezialisten, Beratern und Software-Entwicklern. Die Anwendungen werden in [Abschnitt 3.4](#) in konkrete Szenarien zusammengefasst, welche für die Anwenderbefragung und die Bewertung vorhandener Software herangezogen und mit zweistelligen Bezeichnungen codiert werden.

Nicht jede dieser Anforderungen ist in jedem Projekt notwendig oder sinnvoll. Es ist Aufgabe des Projektmanagements, gemeinsam mit dem Projektteam Anforderungen zu definieren und dementsprechend die zu verwendende Software auszuwählen.

Die nachfolgend beschriebenen Anwendungen setzen – zumindest in fortgeschrittenen Stufen – voraus, dass ein komplexes, föderiertes und aktuelles 4D-BIM existiert und alle Beteiligten darauf zugreifen können: Während der Planung am Arbeitsplatz, in der Ausführung entweder über Tablets und Mobilgeräte oder großformatige Touchscreens direkt auf der Baustelle.

Es existieren weitere potentielle Anwendungsszenarien für BIM in Verbindung mit Lean Construction, die jedoch nicht direkt auf das Projektmanagement bezogen sind und somit außerhalb der Aufgabenstellung dieser Arbeit liegen. Nicht im Einzelnen betrachtet wird insbesondere die Logistikplanung mit BIM zur Optimierung von Lagerflächen, Transportwegen, Anlieferung und Entsorgung.

### **3.1 Produktvisualisierung für gemeinsames Verständnis**

Nur wenn Projektbeteiligte ein Verständnis für die komplexen Zusammenhänge des Gesamtprojekts haben, können sie ihr Know-How ideal einbringen [52]. Grundlage für ein BIM-orientiertes Projektmanagement ist daher freier Zugang zu einem vollständigen 3D- oder 4D-Modell [25]. Dabei ist allerdings nach verschiedenen Stufen der Interaktivität und Übersichtlichkeit zu unterscheiden.

#### **3.1.1 3D-Visualisierung**

Die klassische Darstellungsform mehrgeschossiger Gebäude zeigt die Grundrisse der einzelnen Geschosse nebeneinander (in der Praxis regelmäßig auf separaten Plänen). Solche Pläne können in wesentlichen Zügen aus einem BIM extrahiert werden, sind jedoch nur sehr beschränkt als Übersicht geeignet. Vertikale Bezüge zwischen den Geschossen, wie zum Beispiel Treppenhäuser oder Steigleitungen sind nur eingeschränkt als solche zu erkennen.

In [Abb. 3.1](#) zeigt eine alternative Darstellungsform: Durch die isometrische Darstellung und werden übereinander liegende Bauteile als solche einfacher erkennbar [A1]. Derartige Übersichten sind bei vorhandenem Modell vergleichsweise einfach zu erstellen.

#### **3.1.2 Dynamische Ansicht**

Interaktive 3D-Modelle sind vielseitiger nutzbar als reine statische 3D-Darstellungen. Während die zuvor beschriebenen Darstellungen zum Beispiel als Plan auf der Baustelle ausge-

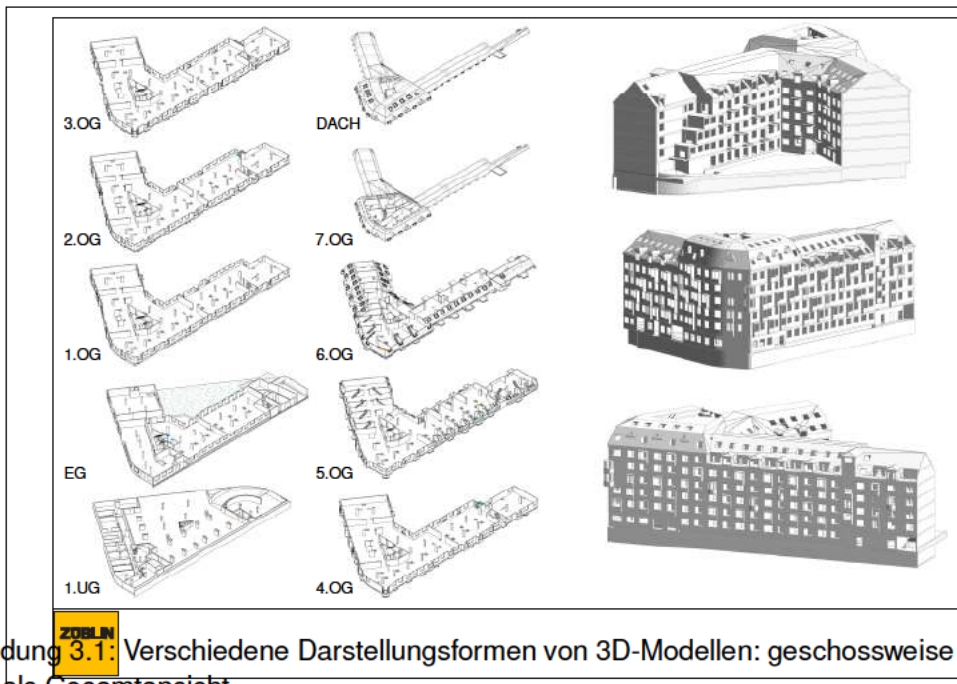


Abbildung 3.1: Verschiedene Darstellungsformen von 3D-Modellen: geschossweise gestapelt oder als Gesamtansicht

hängen oder als Taschenlandkarte<sup>1</sup> verteilt werden können, ist diese Form der Visualisierung als navigierbares Modell nur in digitaler Form möglich: Nutzer können am Bildschirm, egal ob am PC oder Touchscreen, jederzeit innerhalb des Modells navigieren. [A2]

### 3.1.3 Mehrdimensionale Filterung und Übersicht

Die Filterung von Produktelementen in einem 3D- oder 4D- Modell nach Bauzeit, Topologie und Projektstruktur etc. ist potentiell von großem Vorteil für verschiedene Anwendungen. So reduzieren Projektbeteiligte die enorme Informationsfülle des Modells auf die für sie zum jeweiligen Zeitpunkt relevanten Aspekte. So werden zum Beispiel nur die Bauteile hervorgehoben, die im kommenden Zeitraum durch ein bestimmtes Gewerk zu errichten sind. [A3]

Eine weitere Erleichterung der Orientierung kann eine persistente Gesamtübersicht mit Darstellung des aktuellen Ansichtsfensters als Bild-im-Bild bieten. Das gilt insbesondere in großen Projekten mit vielen, untereinander teilweise sehr ähnlichen Etagen, Bauabschnitten und Räumen oder für Projektbeteiligte, die sich mit jedem einzelnen Projekt nur wenig intensiv oder kurz auseinander setzen. [A4]

<sup>1</sup>Eine Taschenlandkarte ist ein laminiertes Übersichtsplan im A6-Format, auf dem neben der Lage von Taktbereichen, Aufzügen, etc. auch die Kontaktdaten wichtiger Projektbeteiligter verzeichnet sind und der an alle Beteiligten ausgegeben wird.

## 3.2 BIM-basiertes Prozessmanagement

Jedwede Fortschrittsüberwachung – vor allem in der Bauausführung, aber auch in der Planung – befasst sich mit der Verwaltung von Aufgaben [4]. Diese haben mehr Dimensionen, als sich auf einem Bildschirm, Ausdruck oder Plakat darstellen lassen: nämlich neben der Geometrie der assoziierten Bauteile die topologische und zeitliche Dimension sowie die Verantwortlichkeit (siehe [Abschnitt 2.5](#)).

### 3.2.1 Wochenpläne und Arbeitslisten

In der Arbeitsvorbereitung und in Wochenbesprechungen wird aus pragmatischen Gründen regelmäßig auf die geometrische Darstellung der zu Aufgaben gehörigen Bauteile verzichtet. Im Gegensatz zu dieser lässt sich die Topologie auf eine eindimensionale Listenform reduzieren. Mit i.d.R. der Zeit als zweite Achse lassen sich so Wochen- und Vorschaupläne (siehe [Abschnitt 2.4.1](#)) planar darstellen. Als dritte Dimension in der so entstehenden Matrix lässt sich in der Regel die Verantwortlichkeit farblich unterscheiden (siehe [Abb. 3.2](#)). Diese Übersichtspläne lassen sich digital anzeigen oder automatisch als Dokumente erzeugen. [C1]



Abbildung 3.2: Beispiel eines Wochen- und Vorschauplans. Die Zeilen zeigen Taktabschnitte, die Spalten Tage, die Farben der Haftnotizzettel das Gewerk. Im Bild nicht zu erkennen: die einzelnen Zettel sind mit der Aufgabenbeschreibung beschriftet. (Quelle: Züblin)

In wöchentlichen, gewerkespezifischen Arbeitslisten oder auch klassischen Terminplänen als Gantt-Diagramm wird wie in [Abb. 2.7](#) auf die dritte Dimension Gewerk verzichtet. Dafür enthalten diese i.d.R. Personalstandskurven, welche die Einzelgewerke bei der Personalplanung unterstützen. Solche Arbeitslisten können von den meisten Taktplanungs-Programmen auto-

matisch generiert werden und erleichtern oder ersetzen die Führung eines Bautagebuchs, zumal sie regelmäßig die manuelle Eintragung der Ist-Mannstärken und -Tätigkeiten vorsehen. **[C2]**

### **3.2.2 Fortlaufende Statuskontrolle**

Zum Management gehört allerdings nicht nur die Darstellung geplanter Abläufe, sondern auch und vor allem die Überwachung und Steuerung tatsächlicher Tätigkeiten. Die meisten LC-spezifischen Programme erlauben Nutzern, den Status ihrer Tätigkeiten laufend fortzuschreiben: Einzelne Aktivitäten werden zunächst als „Zugesagt“ oder „In Arbeit“, später als „Erledigt“ oder „Nicht erledigt“ markiert. Bei Nichterfüllung muss dann in der Regel ein Grund für die Verzögerung sowie ein neuer Termin angegeben werden. Die Meldung kann nur durch das jeweils verantwortliche Gewerk oder die Bauleitung (bzw. Programmadministratoren) erfolgen.

Für einen optimalen Ablauf sollten alle, die für die Verwaltung von Aufgaben verantwortlich sind (d. h. Poliere, Fachbauleiter, Vorarbeiter), selbstständig Zugang zur Aufgabenverwaltung haben und über diese ihre Meldungen selbst vornehmen [9]. So wird Zeit in Wochen- und Tagesbesprechungen gespart, die stattdessen zur Diskussion und Lösung von Problemen genutzt werden kann. Falls ein mobiler oder App-Zugang besteht, kann eine solche Meldung Bautagebücher ergänzen oder ersetzen. **[C3]**

Bei einzelnen Plattformen sind Fertigmeldungen durch Bauleiter freizugeben oder zurückzuweisen. Das entspricht zwar nicht den partnerschaftlichen Prinzipien von Lean Construction, kann jedoch gerade für Bauteams, in denen (noch) kein ausreichendes Vertrauen besteht, nützlich sein.

Teilweise können Aufgaben auch mit Kommentaren, Fotos und Dateianhängen versehen werden – so wird die Taktplanungssoftware zur Kollaborationsplattform. Vereinzelt kann eine Fotodokumentation verpflichtender Bestandteil der Fertigmeldung sein. **[C4]**

Durch die Aufzeichnung des Bearbeitungsverlaufs kann ein einfacher Soll-Ist-Vergleich ange stellt werden. Eine systematische Meldung von nicht erfüllten Zusagen erlaubt das automatische Berechnen von PPC-Kennwerten sowie die statische Auswertung von Verzögerungsgründen. Wenn diese im Steuerungstool visualisiert werden, sind beide zur Analyse und Konzentration des Steuerungsaufwands geeignet, können von Generalunternehmern und Auftraggebern zur Auswahl von Partnern für künftige Projekte herangezogen werden, motivieren

Partner zu höherer Produktivität und befeuern konstruktiven Wettstreit unter Gewerken im Projekt [9]. [C5]

### 3.2.3 Automatische Vorgangserstellung und Synchronisation

In der Regel werden die zu erledigenden Tätigkeiten schon im Rahmen der Termin- und Ablaufplanung konzipiert – so zu sehen in Abb. 3.3. Jedes Lean-Tool sollte Nutzer in die Lage versetzen, diese Informationen zu importieren und in Aufgaben umzuwandeln, um unnötige Wiederholung von Arbeiten oder aufwändiges manuelles Übertragen zu vermeiden. Tätigkeiten, die mehrere Takte (Tage, Halb-Wochen, Wochen) dauern, sollten entsprechend in mehrere Teilschritte aufgeteilt werden. [B1]

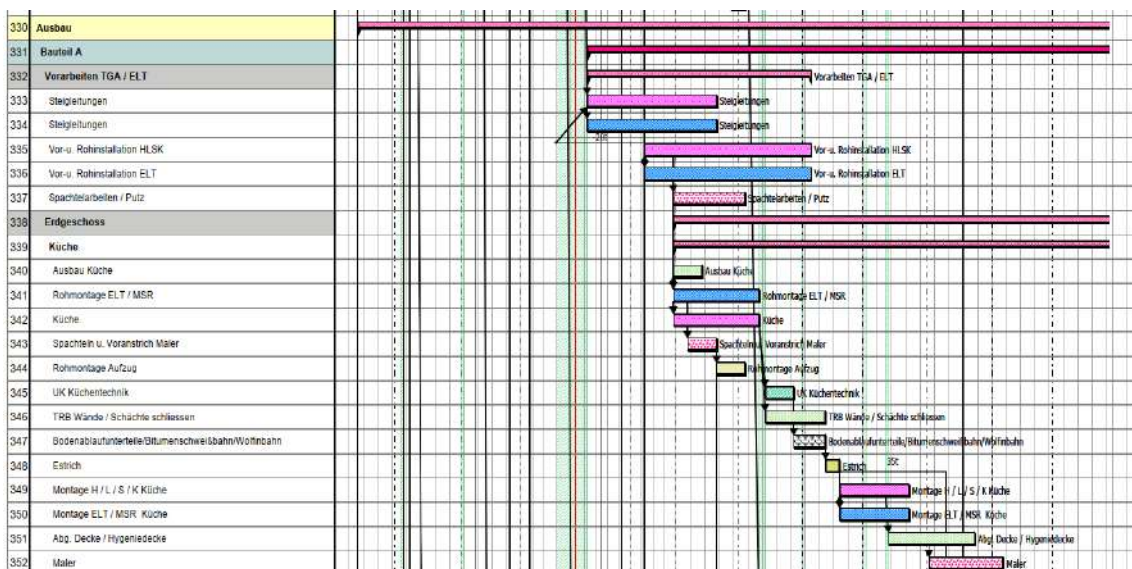


Abbildung 3.3: Auszug aus einem „Rahmenterminplan“. Terminpläne enthalten oft Informationen in einer hohen Detailtiefe, die zu den Ergebnissen von Pullplanungsworkshops oder Steuerungsbesprechungen redundant sind.

Die Verknüpfung von [Projektmanagementplattform \(PMP\)](#) mit Lean-Steuerungs- und Planungstools muss jedoch nicht nur in eine Richtung erfolgen: Die Rückmeldung von Planänderungen und tatsächlichen Ausführungszeiträumen erfolgt i d R. im Lean-Tool. Die Übertragung dieser Informationen in die [PMP](#) – oder Synchronisierung mit dieser – erleichtert die Projektsteuerung auf einer höheren Betrachtungsebene wesentlich. Die Praxis zeigt, dass Terminpläne sonst zusätzlich redundant gepflegt werden müssen oder im Verlauf des Projekts jede Aussagekraft verlieren, wenn die Inhalte nicht mehr der Realität entsprechen. Unter Umständen geht sonst Wissen verloren, weil diejenigen, die den Terminplan erstellt haben, in

der Steuerung nicht eingebunden sind und deshalb Erkenntnisse, die sie für weitere Projekte nutzen könnten, gar nicht erst erlangen. [B2]

### 3.2.4 Darstellung von Aufgaben im BIM

Sacks et al. haben eine alternative Darstellung mit anstehenden und fälligen Tätigkeiten als Overlay direkt im BIM vorgeschlagen [56]. Jede Aufgabe wird als Karte an der entsprechenden Stelle in der Geometrie angezeigt. Da diese allein schon zweidimensional ist, müssen die Dimensionen Zeit und Verantwortlichkeit anders dargestellt werden. [C6]

Der betrachtete Zeitraum kann über Menüs oder Schieberegler ausgewählt werden. Die Darstellung zukünftiger Tätigkeiten erfolgt gegebenenfalls abgeschwächt oder verkleinert. Wie im klassischen Wochenplan können Karten das Gewerk als Farbe oder mittels eines Icons anzeigen. Genauso kann per Klick / Tipp auf die Karte der Tätigkeitsstatus aktualisiert werden. Ein Authentifizierungssystem kommt zum Einsatz, das die Karten des gerade angemeldeten Gewerks hervorhebt.

Zur Erprobung dieses Konzepts haben Sacks et al. unter dem Namen KanBIM einen Prototypen implementiert und erprobt (siehe Abb. 3.4) [57, 59]. Diese Darstellungsform erleichtert die Orientierung im Projekt; Produktivitätssteigerung über normale projektspezifische Lerneffekte hinaus konnten jedoch noch nicht nachgewiesen werden.

Umgekehrt können auch bei Betrachtung einer einzelnen Aufgabe entsprechend assoziierte BIM-Elemente im Modell-Kontext angezeigt werden. [B3]



Abbildung 3.4: Der Prototyp von KanBIM [57]



### 3.3 Arbeitsvorbereitung mit BIM

Das vorausschauende, rechtzeitige Prüfen und Anfordern notwendiger Voraussetzungen für eine reibungslose Arbeit durch die Ausführenden ist als Pull-Prinzip einer der Kerngedanken des Lean Management (siehe [Abschnitt 2.2.4](#)). Dies erfordert umfangreichen Informationsaustausch zwischen allen Projektbeteiligten.

#### 3.3.1 BIM als Kommunikationsplattform

Dieser Informationsaustausch erfolgt zunehmend auf spezialisierten, digitalen Projektmanagementplattformen. In diesen werden E-Mail-Verkehr und (Plan-) Unterlagen zentral abgelegt oder spezifische Meldungen (z. B. Behinderungen, Fertigstellungen, Mängel) über spezielle Apps gesammelt. Darüber hinaus dienen ausgeprägte Produktmodellserver als Common Data Environments, in denen auch BIMs für alle Beteiligten und vor allen über verschiedene Interfaces zugänglich abgespeichert werden.

Gleichzeitig existieren diverse Tools, welche branchenunabhängig Teams zur Zusammenarbeit befähigen (z. B. Trello oder Microsoft Planner). Beteiligte können für ihre Aufgaben Informationen (RFI / Request for Information) und Vorleistungen anfordern, für diese Fristen und Verantwortlichkeiten festlegen (im Folgenden als „Anfragen“ bezeichnet). Sie können ihnen zugewiesene Anfragen verwalten, beantworten, Rücksprache halten und fertig melden. **[D1]**

Es kann nützlich sein, als Verknüpfung beider Technologien Fristen, Fragen, Kommentare <sup>2</sup> inklusive jeweiliger Verantwortlichkeit direkt als Bestandteile des BIM zu speichern – oder zumindest die jeweiligen Elemente in der verwendeten Kollaborationsplattform mit den entsprechenden BIM-Elementen zu assoziieren. In der Auflistung der Anfragen wäre dann direkt ein Bezug zur Verortung im Modell möglich. **[D2]**

Analog zu [Abschnitt 3.2.4](#) können solche Anfragen direkt im BIM dargestellt werden. **[D3]** Der Kontext einzelner Anfragen ist dann sofort erkennbar, auch für Beteiligte, die (noch) nicht lange oder wenig intensiv mit dem Projekt zu tun haben und daher das verwendete Ortsbezeichnungssystem nicht auswendig beherrschen. Bei der Arbeitsvorbereitung ist für jeden Bereich übersichtlich dargestellt, welche Punkte noch zu klären sind. Für unmittelbar anstehende Arbeiten können diese Punkte dann priorisiert werden. Ausführende können so klar

---

<sup>2</sup>„Beispiele: Ausführungsplanung Abschnitt B1 muss bis 13.5. vorliegen“, „LoD 500- Planung für Finish-Leistung mit Schlosser klären“, „Entscheidung Wandfarbe durch Bauherr“

erkennen, ob ihre Aufgaben zur Ausführung bereit sind. „Make Do“, also das Arbeiten trotz fehlender Voraussetzungen[42], wird vermieden.

### 3.3.2 Automatisiertes Erkennen von Konflikten und Hindernissen

Die automatische Erkennung von Bauteilkollisionen ist einer der am einfachsten umzusetzenden Vorteile und in vielen Projektteams eine der ersten Anwendungen von BIM [12]. Kollisionen physischer Bauteile sind allerdings nicht die einzigen Hindernisse, welche die Umsetzbarkeit der Planung beschränken: Auch die Zugänglichkeit der benötigten Arbeitsräume ist für die Verarbeitung eines jeden Bauteils unumgänglich.<sup>3</sup> Genauso sollten Zwischenlagerflächen so geplant werden, dass sie nicht die Zugänglichkeit von Flächen für noch ausstehende Arbeiten behindern<sup>4</sup>.

Freizuhalten Bereiche gibt es nicht nur in der örtlichen, sondern auch in der zeitlichen Dimension, etwa in Form von Trockenzeiten oder nicht vermeidbarer Zwischenlagerung. Zudem zeigt die Praxiserfahrung, dass vorbehaltlich intensiver Abstimmung Arbeiten wesentlich effizienter ablaufen, wenn an einem Ort (Raum, Bauabschnitt, Geschoss, ...) nicht mehrere Gewerke gleichzeitig arbeiten.

Auch auf Baustellen sind Fluchtwege freizuhalten, die sich durch z. B. Betonage von Wänden häufig ändern. Dafür könnte ein dynamischer Fluchtwegplan erstellt werden.

Wird der tatsächliche Baufortschritt kurzfristig gepflegt (siehe [Abschnitt 3.2](#)), dann können die Ausführenden selbst am BIM prüfen, ob die räumlichen Erfordernisse für anstehende Tätigkeiten erfüllt sind – oder sein werden, denn diese Überprüfung ist vor allem im Zuge der Vorschauplanung (siehe [Abschnitt 2.4.1](#)) sinnvoll, um bei Bedarf noch Korrekturmaßnahmen einleiten zu können. Kombiniert mit der Verwaltung von Anfragen ((siehe [Abschnitt 3.3.1](#))) lassen sich so automatisiert Übersichten erzeugen, die im Fall von Behinderungen das Planen von Ausweichtätigkeiten erleichtern und Untätigkeit vermeiden helfen. [E1]

Es ist möglich, Arbeitsräume als Volumen in Form von Attributen von BIM-Elementen zu modellieren. In diesem Fall können sie automatisch auf Überschneidungen mit anderen Bauteilen oder untereinander geprüft werden. Es sollte dann die zeitliche Abfolge des Einbaus bei ei-

---

<sup>3</sup>Beispiel: Eine Kabeltrasse kann nicht an der Decke montiert werden, weil die darunter verlaufende Lüftungsleitung bereits installiert ist. Die Leitung muss dann rückgebaut und nach Einbau der Kabeltrasse wieder installiert werden – weder wertschöpfende noch erforderliche Arbeit, also Verschwendung.

<sup>4</sup>Beispiel: nicht eingebaute Türblätter liegen auf Bodentanks, in denen bereits Kabel verzogen werden sollen

ner Kollisionsprüfung beachtet werden, da sonst scheinbare Konflikte mit Bauteilen auftreten können, die zum betrachteten Zeitpunkt noch nicht vorhanden sind. **[E2]**

### 3.3.3 BIM-integrierte Termin- und Ablaufplanung

Einer der wesentlichen Gründe für die Nichterfüllung von Aufgaben ist fehlende Planung [18]. Oft wissen (oder beachten) die Planenden nicht, welche Planungsabschnitte zu welchem Zeitpunkt benötigt werden. Baubegleitende Planung und oftmals späte Entscheidungen durch Bauherren führen erfahrungsgemäß regelmäßig zu sehr knappen Erstellungszeiträume für Planunterlagen<sup>5</sup>. Die meisten Ausführungsarbeiten benötigen zudem eine gewisse Vorlaufzeit, um das richtige Material bestellen zu können (Abruf-, Produktions- und Lieferzeiten, Bemusterungen, etc.).

Einzelne fehlende Pläne können über das im vorherigen [Abschnitt 3.3.2](#) beschriebene System angefordert werden, wenn das Planungsteam die selbe Plattform wie die Ausführenden nutzt. Besonders in größeren Projekten ist die Steuerung der rechtzeitigen Planfertigstellung Aufgabe gesonderter Planungs koordinations teams. Bei einer Vielzahl von beteiligten Disziplinen und Bauteilabschnitten können digitale Methoden dabei helfen.

Die 4D-Planung mit BIM muss vor diesem Hintergrund nicht auf die Ausführung begrenzt bleiben. Für BIM-Elemente (also Gebäude, Bereiche, aber auch bis hin zu einzelnen Elementen) ist es denkbar, zu diesem Zweck mit dem gesamten Projektteam jeweils Liefertermine für die Fertigstellung der Planung gestaffelt nach Verantwortlichen und erforderlichem Detaillierungsgrad zu definieren. Wie auch für eigentliche Bautätigkeiten, könnten diese zur Terminierung von Tätigkeiten im Rahmen der Ablaufplanung für den Planungsprozess herangezogen werden. Die Darstellung von Modellen mit kombiniertem Level of Detail ist derzeit in Entwicklung [3]. **[F1]**

Die Planenden könnten so aus dem Modell Terminlisten für die Entwicklung der Planung generieren oder den Planungsablauf direkt im Modell visualisieren: Beispielsweise können Bereiche entsprechend Liefertermin, verfügbarem Zeitpuffer oder Fertigstellungsgrad eingefärbt oder gefiltert werden. Eine gesonderte Planungs koordinations könnte ggf. wegfallen. **[F2]**

---

<sup>5</sup>Hiermit sind einerseits konventionelle Pläne, wie sie von ausführenden Gewerken noch oft verlangt werden, andererseits auch Teile eines BIMs in der erforderlichen Detailtiefe gemeint. Wenn die verwendete Plattform es erlaubt, können erstere halbautomatisch aus letzterem generiert werden.

## 3.4 Zusammenfassung der Anforderungen

Als Bewertungssystem für die Marktuntersuchung (Kapitel 4), die Umfrage (Kapitel 5) und die Gegenüberstellung beider sind hier die in diesem Kapitel beschriebenen Anforderungen und Hilfsmittel kategorisiert und stichpunktartig zusammengefasst.

### Visualisierung

- A1 Dreidimensionale Darstellung
- A2 Navigierbares 3D-Modell
- A3 Filterung der Modellkomponenten nach Topologie, Zeit und Zuständigkeit
- A4 Persistente Übersicht als Orientierungshilfe

### Synchronisierung

- B1 Importieren von Aufgaben aus Terminplan
- B2 bidirektionale Synchronisierung von Aufgaben mit Terminplanung oder WBS
- B3 Verknüpfung von Aufgaben mit BIM-Elementen

### Aufgabenverwaltung

- C1 Darstellung von Tätigkeiten als tabellarischer Wochenplan
- C2 automatisierte Erzeugung von Arbeitslisten und Personalbedarf
- C3 Notizen und Anhänge zu Aufgaben
- C4 Statusmeldung: zugesagt, in Arbeit, erfüllt, . . .
- C5 PPC-Berichte, Auswertung der Gründe für Nichterfüllung
- C6 räumliche Darstellung von Aufgaben in der Gebäudegeometrie

### Vorleistungsverwaltung

- D1 Verwaltung von Anfragen mit Zuständigkeit, Terminierung und Rückmeldung
- D2 Verknüpfung von Anfragen mit Bauteilen oder Orten im BIM
- D3 Anzeige der Anfragen direkt im BIM

### Arbeitsräume

- E1 Modellierung von Arbeitsräumen im BIM
- E2 einfache Überprüfung der Baufreiheit

### Planungskoordination

- F1 Angabe von Planungsfristen im BIM
- F2 Unterstützung visueller Planungskoordination

# Kapitel 4

## Marktanalyse der Softwaresysteme

Die im vorangegangenen Kapitel vorgestellten Anwendungsszenarien sind zunächst losgelöst von möglichen Implementierungen zu betrachten. Für die Praxis ist jedoch vor allem relevant, welche Szenarien tatsächlich in Projekten umgesetzt werden können. Dieses Kapitel untersucht daher ausgewählte Projektmanagementplattformen und webbasierte Lean Construction- Spezialprogramme und stellt diese vergleichend gegenüber. Die einzelnen Programme werden entsprechend des Feature-Katalogs in [Abschnitt 3.4](#) klassifiziert und in den [Tabellen 4.2 bis 4.9](#) bewertet. Diese Tabellen entsprechen dem in [Tabelle 4.1](#) dargestellten Schema.

Die Aufstellung der Programme erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit und sollte nicht als alleinige Grundlage für Unternehmensentscheidungen verwendet werden.

Tabelle 4.1: Features von einzelnen Programm zusammengefasst

Visualisierung	<b>A1</b>	X	Synchronisierung	<b>B1</b>	Aufgaben	<b>C1</b>	Vorleistungen	<b>D1</b>	Arbeitsräume	<b>E1</b>	Planung	<b>F1</b>
	<b>A2</b>	x		<b>B2</b>		<b>C2</b>		<b>D2</b>		<b>E2</b>		<b>F2</b>
	<b>A3</b>	(x)		<b>B3</b>		<b>C3</b>		<b>D3</b>				
	<b>A4</b>			<b>C4</b>								
				<b>C5</b>								
				<b>C6</b>								

Eventuelle Anmerkungen (wie diese) werden unterhalb der Tabelle notiert.

‚x‘ bezeichnet ein vorhandenes Feature, ‚(x)‘ ein eingeschränkt vorhandenes und ‚X‘ ein Feature, das sich in der Qualität deutlich von den Konkurrenzprodukten abhebt.

## 4.1 Projektmanagementplattformen

Der Begriff der [Projektmanagementplattform \(PMP\)](#) meint im Kontext des Bauwesens in der Regel Programme, die Kostenrechnung und AVA<sup>1</sup>, Termin- und Ablaufplanung und/oder Modellverwaltung miteinander verbinden und verknüpfen. Als solche dienen sie häufig als zentrale Datenbank, mit der integrierte Planung, ggf. bis hin zu 5D-Planung (3D-Modellierung, Zeit und Kosten) möglich sind und auf die über verschiedene Schnittstellen zugegriffen werden kann. Für die Projektsteuerung nach Lean-Methoden sind sie im Allgemeinen nicht geeignet, erleichtern aber mehrheitlich die Arbeit mit speziellen Lean Tools (siehe [Abschnitt 4.2](#)).

In den folgenden Abschnitten werden einige Projektmanagementplattformen mit Hinblick auf ihre Eignung für die zuvor definierten Anwendungsszenarien untersucht.

### 4.1.1 Synchro Pro und Synchro Site

Synchro ist eine integrierte 4D-Planungs-Plattform. Sie besteht aus mehreren miteinander verknüpften Komponenten. Dafür können alle gängigen Dateiformate für Gebäudemodelle und Terminpläne integriert und synchronisiert werden (ggf. via Plugin).

Die Grundlage bildet Synchro Workgroup Project, ein Modellserver, der die Datenbestände für die übrigen Komponenten vorhält. Er ist nicht dateibasiert, sondern stellt eine Datenbank zur Verfügung. Er dient so als [CDE](#) für modellbezogene Projektinformationen. Die Anwenderprogramme rufen diese in Echtzeit vom Server ab.

Synchro Pro ist ein Programm zur Terminplanung, das Terminpläne direkt mit BIM-Modellen verknüpft und so 4D-Planung ermöglicht<sup>2</sup> (siehe [Abb. 4.1](#)). Es vereint Gantt-Diagramme, Modellansichten und andere Darstellungsformen in einer Modellansicht. Durch die Synchronisierungsfunktion kann es auf lediglich als Schnittstelle zwischen anderen Synchro-Anwendungen und externen Programmen genutzt werden.

Synchro Site ist als Ergänzung dazu eine App zur Baufortschrittskontrolle (siehe [Abb. 4.2](#)). Sie greift die Daten aus Synchro Pro auf und erlaubt dem Personal vor Ort, Bauteile im 3D-Modell zu markieren und den Erledigungsstatus anzugeben. Die Stati sind je Projekt anpassbar. Bauteile können mit Anmerkungen und Photos als Anlagen versehen werden. Diese Angaben

---

<sup>1</sup>Auschreibung, Vergabe, Abrechnung

<sup>2</sup>Die eingeschränkte Version für ausschließliche Terminplanung ist als Synchro Scheduler kostenlos verfügbar.

fließen dann zurück ins eigentliche Modell auf einem zentralen Server, wo sie wiederum in anderen Programmen ausgewertet werden können.

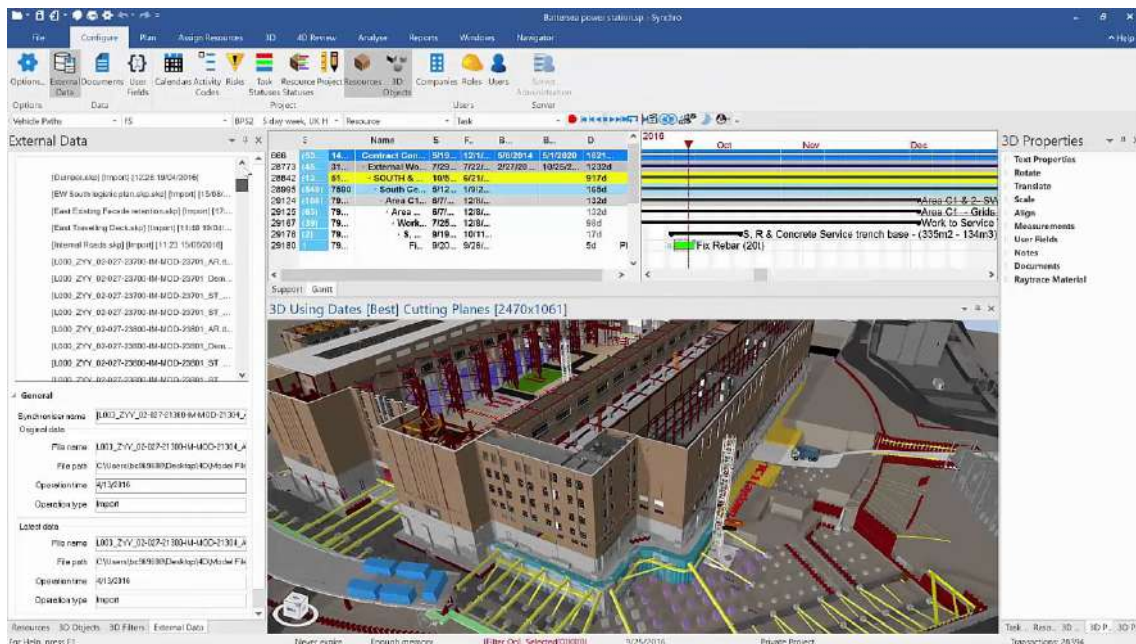


Abbildung 4.1: Screenshot von Sychro Pro (Quelle: Sychro [67])

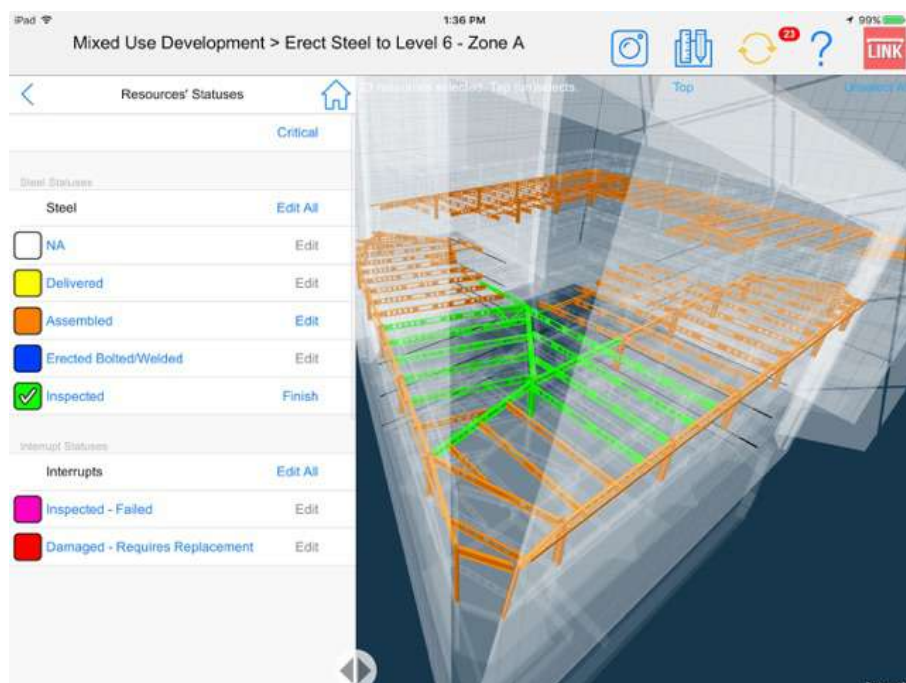


Abbildung 4.2: Screenshot von Sychro Site (iPhone-App) (Quelle: Sychro [67])

Tabelle 4.2: Features von Synchro

Visualisierung	A1	x	Synchronisierung	B1	x	Aufgaben	C1	Vorleistungen	D1	Arbeitsräume	E1	Planung	F1
	A2	x		B2	x		C2		D2		E2		F2
	A3	x		B3	x		C3		x	D3			
	A4						C4		x				
				C5	x								
				C6									

#### 4.1.2 Vico Office

Vico Office ist die Projektmanagementplattform von Trimble. Sie besteht aus mehreren Komponenten, die in drei modular im selben Programm eingebettete Lösungen unterteilt werden (siehe Abb. 4.3)[23, 72]. Sie implementiert explizit das LBMS unter Zuhilfenahme der LBS und FLS.

*Vico Office for Design* enthält mit dem Document Controller eine dateibasierten Modelldatei- und Versionsverwaltung für 2D- und 3D- Modelle mit Änderungsverfolgung und -hervorhebung sowie Kollisionsprüfung. Verschiedene Arbeitsstände von Plänen und Fachmodellen werden darin als separate Dateien gespeichert. Sie erlaubt Annotationen und Hervorhebungen in Plänen und Modellen. Die zentrale Ablage dient als projektweite Single Source of Truth. 2D-Pläne werden automatisiert in 3D-Modelle eingebettet, um beide auf Übereinstimmung prüfen zu können.

Aus Modellen können nach Elementtypen und Bauabschnitten getrennt automatisch Mengenermittlungen abgeleitet werden. Die verschiedenen Abschnitte (also die Location Break-down Structure LBS) können dabei losgelöst von den zugrunde liegenden Gebäudemodellen in einem geometriebasierten Editor eingeteilt werden. Die Einzelmengen errechnen sich aus den Modellen und der direkt im Programm erzeugten Abschnittsunterteilung und dienen als Grundlage für nachgelagerte Schritte, insbesondere Ablauf- und Kostenplanung.

Als zweites Element ist *Vico Office for Cost* ein Werkzeug zum Erstellen dynamischer Leistungsverzeichnisse. Durch Verknüpfung mit BIM-Elementen sowie den zuvor erstellten Abschnitten sollen dynamische Verzeichnisse entstehen, die sich bei Aktualisierung des Modells automatisch anpassen. Die Verzeichnisstrukturen selbst können dabei aus vorab oder in frü-



heren Projekten definierten Komponenten zusammengesetzt werden. Die Verknüpfung selbst kann automatisch (nach Längen, Flächen, Umfängen oder Anzahlen) aus 2D- und 3D-Plänen oder nach benutzerdefinierten Formeln erfolgen. Mit einer Position verknüpfte BIM-Elemente können in einer graphischen Modellansicht hervorgehoben werden. Schließlich lassen sich wie in gewöhnlicher AVA-Software die Leistungsverzeichnisse in Lose unterteilen sowie Angebote einlesen und vergleichen. Darüber hinaus können diese Lose nochmals im Modell oder in Form von Diagrammen visualisiert werden.

*Vico Office for Time* verwendet zur Ablauf- und Produktionsplanung Flowline Scheduling (siehe [Abschnitt 2.4.3](#)). Die Bereichseinteilung auf der vertikalen Achse entspricht der im Design-Modul erstellten Location Breakdown Structure. Jedes Gewerk stellt eine Flowline dar und ist mit Aufwandswert, erforderlichen Ressourcen und Personenanzahl versehen. Diese Werte können je Gewerk und Abschnitt angepasst werden, um den Ablauf zu optimieren. Die Ergebnisse dieser Planung fließen in die Kostenplanung zurück und stellen z. B. einen Personalbedarfs- oder Mittelabflussplan bereit oder können in ein Gantt-Diagramm exportiert werden. Der so erstellte Ablaufplan kann auch mit einer 4D- Simulation visualisiert werden. Das Programm enthält schließlich noch eine Ansicht zur Produktionskontrolle, in der übersichtlich manuell eingetragene Ist- Ausführungstermine mit Soll-Terminen verglichen werden. Aktivitäten sind entsprechend ihrem Status (abgeschlossen, im Plan, verspätet gestartet, noch nicht begonnen) eingefärbt. Der *Flowline Schedule* hat ebenfalls eine Soll-Ist-Vergleichs-Ansicht, in der der tatsächliche Arbeitsverlauf gestrichelt dargestellt wird. Auch die 4D-Simulation und Berichte werden entsprechend der gemeldeten tatsächlichen Ausführungstermine angepasst.

Für mobile Endgeräte ist *Vico Office* nicht verfügbar.

Tabelle 4.3: Features von Vico Office

Visualisierung	<b>A1</b>	x	Synchronisierung	<b>B1</b>		Aufgaben	<b>C1</b>	Vorleistungen	<b>D1</b>	Arbeitsräume	<b>E1</b>	Planung	<b>F1</b>
	<b>A2</b>	x		<b>B2</b>	x		<b>C2</b>		<b>D2</b>		<b>E2</b>		(x)
	<b>A3</b>	x		<b>B3</b>	x		<b>C3</b>		<b>D3</b>				
	<b>A4</b>				<b>C4</b>								
					<b>C5</b>		x						
					<b>C6</b>								

E2: durch Überschneidungen der Flowlines

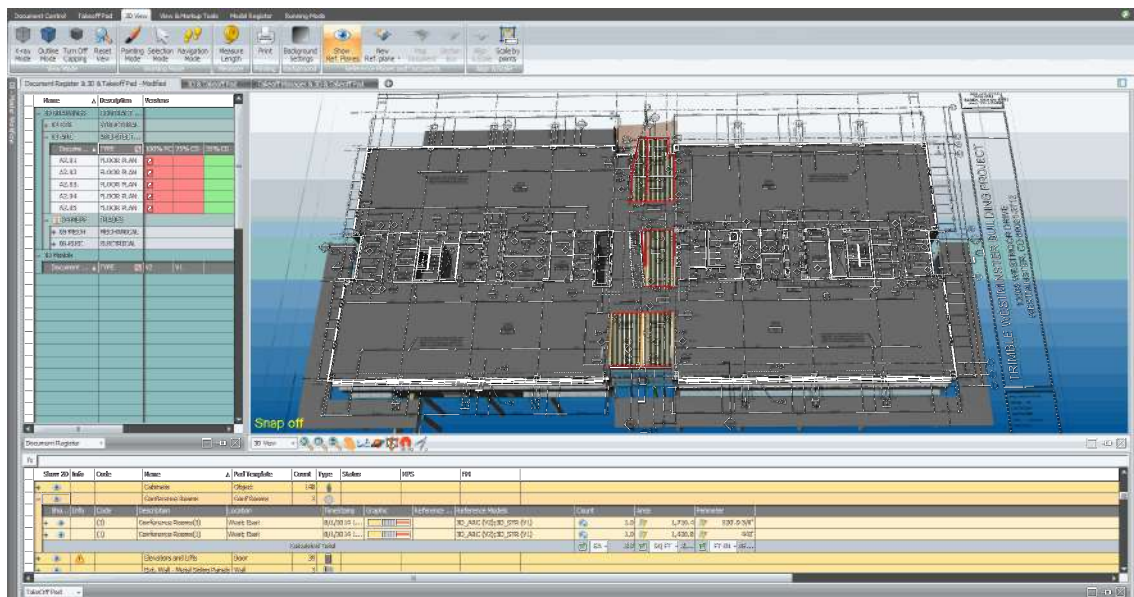


Abbildung 4.3: Screenshot von ViCo Office (Quelle: Trimble [72])

#### 4.1.3 Autodesk BIM360

BIM 360 ist die Projektplattform von Autodesk. Sie besteht aus einer ganzen Reihe an Einzelanwendungen, die teilweise mit dem zentralen BIM-Viewer interagieren. Diese decken diverse Bandbreite an Aufgaben ab, vom Dokumentenmanagement bis Qualitätschecklisten. Eine davon ist BIM 360 Plan (siehe [Abschnitt 4.2.5](#)), das zur Aufgabenverwaltung dient, jedoch nicht in die Modellservers-Funktionalität integriert ist.

Für die folgenden Aufgaben gibt es jeweils spezialisierte Lösungen:

- Zusammenarbeit zwischen Planern (mit Revit), Koordination mehrerer Fachmodelle und Kollisionsprüfung, Änderungsvisualisierung und Planprüfung
- Entscheidungsvorlagen, standardisierte Qualitäts- und Sicherheitskontrolle
- Kostenkontrolle, Nachtragsmanagement, Berichte, Auswertung und Analysen

Die meisten dieser Lösungen sind losgelöst voneinander. Sie werden derzeit in vier verschiedenen Paketen mit unterschiedlichen Schwerpunkten vertrieben: Docs, Design, Coordinate, Build. Keines davon umfasst alle Komponenten. Im Mittelpunkt steht jedoch stets der von Autodesk gestellte Modellservers, auf dem alle Modelldaten – in verschiedenen Versionen und von sämtlichen beteiligten Autoren – und nicht modellbezogene Daten gesammelt gespeichert werden. Über den BIM 360 Viewer können freigegebene Modelle auch per Smartphone oder Tablet betrachtet werden.

Da die Zusammenstellung der verschiedenen Lösungen zu Paketen intransparent ausfällt, wird hier auf eine Zuordnung zu den Features verzichtet.

#### **4.1.4 Fazit**

Verschiedene **PMPs** unterstützen mittlerweile integrierte 5D-Planung in weitgehendem Maße. Von den betrachteten Lösungen bietet bisher nur Synchro die Möglichkeit, diese verknüpften Daten auch zur Steuerung nach Lean Prinzipien zu Hilfe zu nehmen, indem man über mobile Endgeräte einen Erledigungsstatus angibt. Vico Office stellt ein einfaches und mächtiges Hilfsmittel zur Unterteilung von Gebäudemodellen in Herstellungsabschnitte zur Verfügung. Bei beiden kann Support für Lean Construction noch nicht als expliziter Anwendungsfall betrachtet werden. Autodesk BIM 360 hat dafür zwar eine dezidierte Komponente, die jedoch isoliert von den anderen Komponenten steht.

## 4.2 Spezialsoftware für Lean Construction

In den letzten Jahren wurden zahlreiche Software-Systeme entwickelt, die explizit oder implizit das LPS – ursprünglich bewusst zur Nutzung auf Papier vorgesehen – und TP/TS erleichtern sollen. Diese Tools sind grundsätzlich webbasiert, sind also für jeden Nutzer mit einem Laptop oder Tablet ohne Installation nutzbar. Einige bieten zusätzlich Smartphone- bzw. Tablet-Apps an.

Einige Konzerne betreiben darüber hinaus Eigen- und Sonderentwicklungen. Da diese generell nicht öffentlich zugänglich oder zur Weiterverbreitung vorgesehen sind, wird darauf in dieser Arbeit nicht näher eingegangen.

Die meisten dieser Programme befinden sich in aktiver Entwicklung. Daher ist die inhaltliche Halbwertszeit der Informationen in diesem Kapitel voraussichtlich gering. Es ist daher nicht als *alleinige* Entscheidungsgrundlage zur Auswahl eines Programms für den produktiven Einsatz geeignet.

### 4.2.1 Touchplan

Touchplan ist laut Selbstdarstellung ein *construction collaboration tool*. [71] Es ist eng an das Last Planner System angelehnt. Je Projekt lassen sich beliebig viele Phasenpläne erzeugen, für die jeweils separate Meilensteine festgelegt werden.

Abbildung 4.4 zeigt die zwei Arbeitsmodi von TouchPlan aus: Im Planungsmodus werden Tätigkeiten unabhängig von ihrer Dauer mit Hinblick auf Anordnung und Abfolge geplant, entsprechend der Phasenplanung des LPS. Dabei wird jede Tätigkeit als virtuelle Haftnotiz dargestellt. Zusätzlich können auf diesem virtuellen Phasenplan Meilensteine (Rauten) und *Constraints*, also Vorbedingungen für andere Tätigkeiten platziert werden. Für jede Tätigkeit kann Beschreibung, Dauer, Mannstärke, Bereich und Zuständigkeit angegeben werden. Aus der Abfolge und den Dauern errechnet das Programm automatisch den erforderlichen Startzeitpunkt bzw. den erwarteten Fertigstellungszeitpunkt.

Im Steuerungsmodus wird aus dem Phasenplan ein Vorschauplan. Jede Tätigkeit wird dann als Balken entsprechend ihrer geplanten Dauer dargestellt. Die Besonderheit dabei ist, dass Planung und Steuerung im selben Plan stattfinden. Sie werden durch die sogenannte „*Active Line*“ getrennt, welche die Arbeitsfläche in zwei Teile trennt: links der Steuerungsbereich; rechts der Planungsbereich. Durch Verschieben der *Active Line* nach rechts werden Tätigkei-

ten vom Planungs- in den Steuerungsmodus überführt. Im Steuerungsbereich wird außerdem automatisch eine nach Gewerken unterteilte Personalstandskurve eingeblendet. Die Einteilung der Pläne in *Swimlanes*, also horizontale Unterteilungen, ist völlig frei den Planenden überlassen.

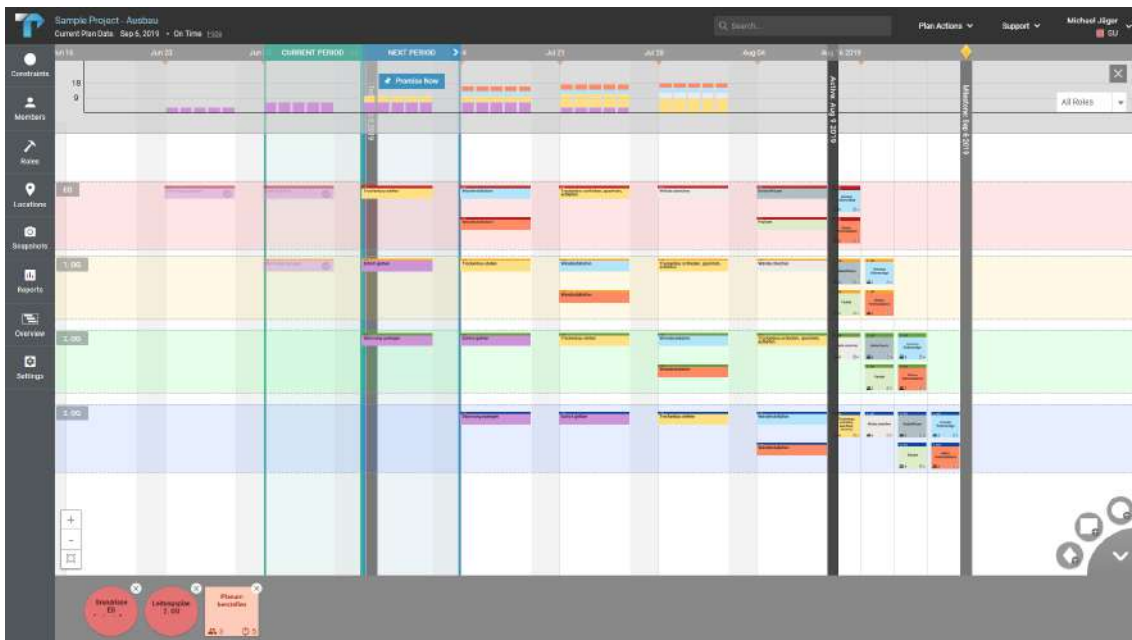


Abbildung 4.4: Screenshot von Touchplan. Links der Steuerungsbereich, rechts der Planungsbereich, dazwischen die *Active Line*. Unten die persönliche Ticket-Abfrage; oben die Personalstandskurve. (Quelle: TouchPlan)

Im Zuge der i.d.R. wöchentlichen Steuerungsbesprechungen markieren die Teilnehmenden Tätigkeiten, die in der nächsten Periode abgearbeitet werden, mit virtuellen Stecknadeln als verbindlich zugesagt. Gleichzeitig markieren sie abgeschlossene Tätigkeiten als erledigt. Werden bereits zugesagte Tätigkeiten nicht planmäßig abgeschlossen, also verschoben, so muss ein Grund für die Verzögerung angegeben werden. Die Verschiebungshistorie ist im Plan einsehbar.

Gemäß der vorgesehenen Nutzungsweise soll jeder *Last Planner* – also z. B. Vorarbeiter, Fachbauleiter etc. – die Software selbstständig nutzen. Dazu erhalten sie einen limitierten Zugang, mit denen sie nur jene Tätigkeiten erzeugen und manipulieren können, für die sie auch selbst zuständig sind. Als Vorbereitung für eine Phasenplanung sollen die Teilnehmenden in ihrem persönlichen Ablagebereich sämtliche in dieser Phase anfallenden Tätigkeiten vorbereiten und diese dann während der Besprechung über ihre eigenen Endgeräte kollaborativ auf dem Plan platzieren. In der Steuerung sollen alle *Last Planner* die Zusagen selbstständig

treffen und auch die Tätigkeiten selbst entsprechend markieren. Im Idealfall melden sie planmäßig abgeschlossene Tätigkeiten außerhalb der Steuerungsbesprechung selbstständig, um in dieser Zeit zu sparen.

Vorbedingungen (*Constraints*) werden in einem zentralen Menü aufgelistet. Für sie wird jeweils angegeben, a) wer sie benötigt b) wem sie zugewiesen sind c) wann sie angelegt wurden und fällig sind d) wann sie voraussichtlich abgeschlossen werden e) Kommentare.

Das Programm erzeugt regelmäßige *Snapshots*, sodass bei Eingabefehlern ein vorheriger Zustand wiederhergestellt werden kann. Zudem kann es viele verschiedene Arten von Berichten erzeugen: für die direkte Ausführung stehen wöchentliche Arbeitslisten, Sechs-Wochen-Vorschaupläne, Listen überfälliger Aufgaben und offener Vorbedingungen sowie Gantt-Diagramme (jeweils auch nach Gewerk gefiltert) zur Verfügung. Für die statistische Auswertung können PPC-Berichte und Auswertungen der Abweichungsgründe (jeweils nach Gewerk und Zeitraum gefiltert) generiert werden.

Die enge Orientierung am Last Planner System hat zur Folge, dass die Entwickler auf ein Rastersystem verzichten: Im Planungsbereich können Tickets beliebig platziert werden. Das ist teilweise wünschenswert, kann aber auch die Übersichtlichkeit stören und erzeugt Fehler bei der Berechnung der Durchlaufzeit.

Da das Programm noch vergleichsweise neu ist und noch kein europäischer Server existiert, lässt die Latenz insbesondere bei Plänen mit vielen Tätigkeiten zu wünschen übrig; die Framerate im Browser liegt auch bei leistungsfähigen Computern oft im einstelligen Bereich.

Tabelle 4.4: Features von TouchPlan

Visualisierung	<b>A1</b>	Synchronisierung	<b>B1</b> (x)	Aufgaben	<b>C1</b> x	Vorleistungen	<b>D1</b> x	Arbeitsräume	<b>E1</b>	Planung	<b>F1</b>
	<b>A2</b>		<b>B2</b>		<b>C2</b> x		<b>D2</b>		<b>E2</b> (x)		<b>F2</b>
	<b>A3</b>		<b>B3</b>		<b>C3</b>		<b>D3</b>				
	<b>A4</b>				<b>C4</b> x						
					<b>C5</b> x						
					<b>C6</b>						

B1: Die Terminplandatei muss an den Kundensupport gesendet werden, der dann den Import durchführt.

E2: Es lassen sich Arbeitslisten nach Bereichen gefiltert erzeugen.

#### 4.2.2 YoLean

YoLean hat sich zum Ziel gesetzt, die Daten, welche durch die Digitalisierung von Lean Construction Methoden entstehen, besonders effizient zu nutzen. Beispielsweise werden dort aus projektübergreifenden Katalogen Regelprozesse importiert und für das jeweilige Projekt individualisiert. Kommt es im Laufe des Projekts zu Abweichungen, werden diese zurück übertragen und der Regelprozesskatalog entsprechend angepasst. Hierfür kommt künstliche Intelligenz zum Einsatz.

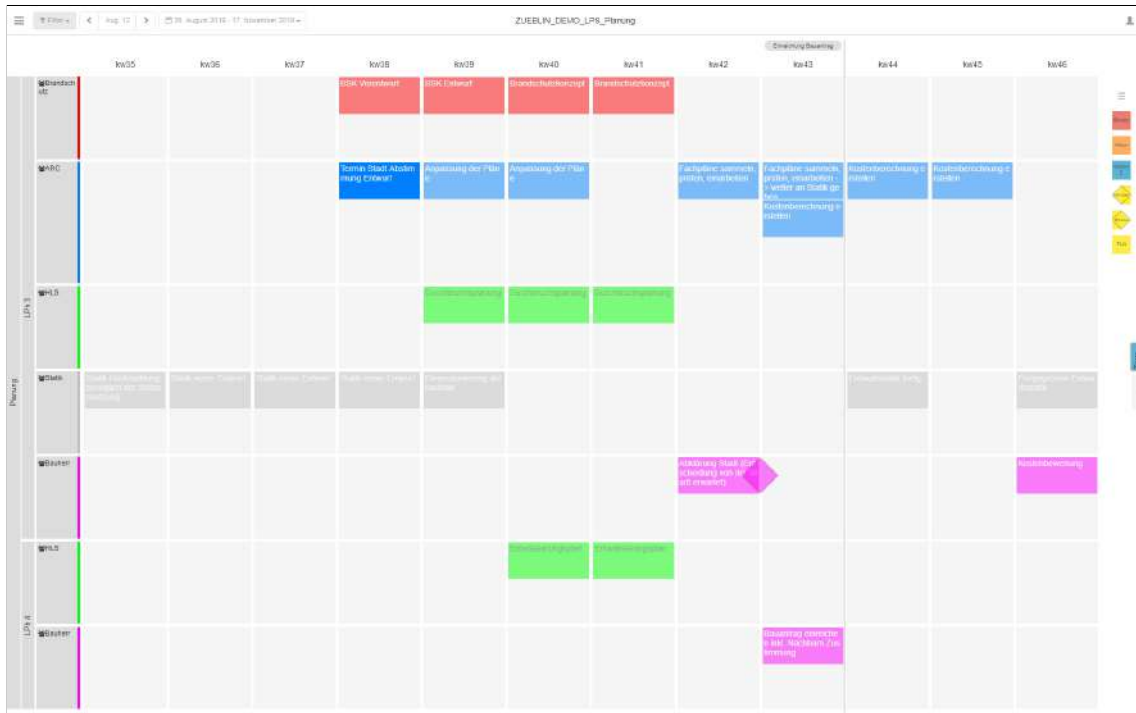
Die Projektansicht besteht aus einer flexibel anpassbaren tabellarischen Übersicht, dargestellt in [Abb. 4.5](#). Die vertikale Achse stellt die Untergliederung des Projekts in Abschnitte in mehreren Ebenen dar. Auf Knopfdruck lässt sie sich durch eine Sortierung nach Gewerken („Swimlane-Diagramm“) umschalten. Horizontal ist die Zeitachse dargestellt. Der dargestellte Zeitraum und die Zeitintervalle der einzelnen Spalten (tage-, wochen-, monats-, quartalsweise) lassen sich unabhängig voneinander einstellen<sup>3</sup>. Dazu kommen sehr umfangreiche Filterungsmöglichkeiten nach Gewerk, Status, Bereich, etc. Die Ansicht wird dabei dynamisch skaliert, sodass immer alle gefilterten Tätigkeiten im gewählten Bereich und Zeitraum auf einer Bildschirmansicht dargestellt werden.

Die einzelnen Elemente in der Übersicht heißen Karten und stellen im Regelfall Tätigkeiten, aber auch Meilensteine, Mängel und Blocker (z. B. für Trockenzeiten) dar. Welche Arten von Karten es gibt und mit welchen Attributen diese versehen sind, kann auf Projektebene angepasst werden. Des Weiteren unterstützt YoLean Im- und Exporte von bzw. zu allen gängigen Terminplanungsprogrammen. Das Programm kann konventionelle Arbeitslisten erzeugen und Projektberichte im PowerPoint-Format generieren.

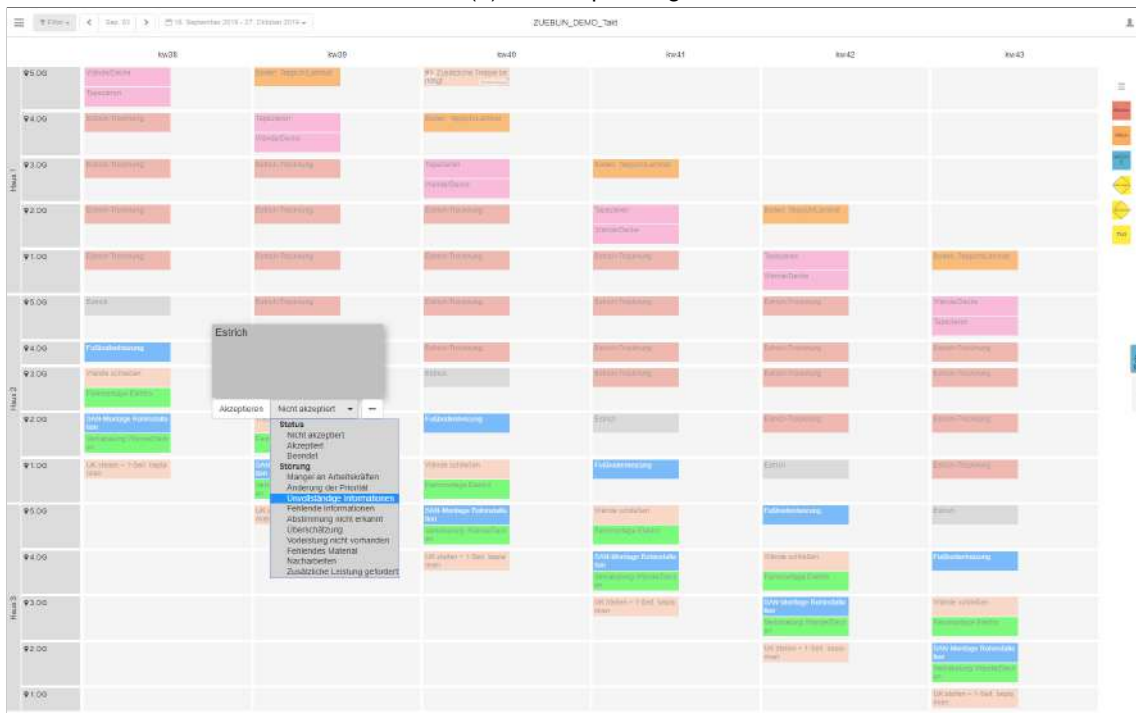
Auch bei YoLean erhalten Vertreter jedes Gewerks Zugänge zum Online-Portal (eine App existiert nicht) Essentiell ist, dass sämtliche Tätigkeiten nicht als fest eingeplant gelten, bevor sie nicht durch das jeweilige Gewerk akzeptiert wurden. So soll Kollaboration gefördert werden.

---

<sup>3</sup>So kann man theoretisch beispielsweise eine tageweise Vorschau des nächsten Quartals oder wochenweise Anzeige des nächsten Monats darstellen lassen.



(a) Phasenplanung



(b) Taktplanung

Abbildung 4.5: Screenshots von YoLean. Durch flexible Filteroptionen lässt sich die selbe Ansicht für verschiedene Zwecke nutzen. (Quelle: YoLean)



Tabelle 4.5: Features von YoLean

Visualisierung	A1	Synchronisierung	B1	x	Aufgaben	C1	x	Vorleistungen	D1	x	Arbeitsräume	E1	Planung	F1
	A2		B2	x		C2	x		D2	E2		F2		
	A3		B3			C3	x		D3					
	A4					C4	x							
						C5	(x)							
						C6								

C5: Auswertung nur als statischer Bericht

### 4.2.3 LCM Digital

LCM Digital ist eine Produktionsmanagement-Plattform, die Terminplanung nach Lean Methoden und Rahmenterminplanung verknüpfen soll. Es handelt sich um eine Ausgründung aus einem Projektsteuerungsbüro, die das dort entwickelte Planungssystem digitalisiert.

Konzeptionell basiert das Programm auf der Verknüpfung von Regelprozessen mit Abschnitten der Gebäudetopologie wie in [Abschnitt 2.4.3](#) beschrieben. Jeder Bereich des Projekts wird mit einem Gleichprozess assoziiert Die Arbeit damit ist in vier diskrete Phasen in separaten Menüs unterteilt:

1. In der als „Gesamtprozessanalyse“ bezeichneten Phase werden die sogenannten „Gleichprozesse“, also alle Regelprozesse und auch einmalige Sonderbereiche, identifiziert und in Phasenplänen entwickelt – so zu erkennen in [Abb. 4.6](#). Jeder Gleichprozess wird auch einer Projektphase zugeordnet (z. B. LPh. 5).
2. In der „Taktanalyse“ werden diese Regelprozesse mit Dauern präzisiert, welche wiederum anhand anzugebender Leistungszahlen von den Abschnittsgrößen abgeleitet werden.
3. Während der „Taktplanung“ wird ein Gewerkezug gebildet, also für jeden Gleichprozess die Abfolge der entsprechenden Bereiche festgelegt. Dabei können zeitliche Abhängigkeiten von Prozessketten zueinander definiert werden.
4. Daraus ergibt sich ein Projektkalender, in dem der Ablauf z. B. anhand einer Kapazitätskurve optimiert werden kann. Änderungen in dieser Phase (z. B. vertauschen von Bereichen) werden in die vorherige Phase zurück propagiert.

Die einzelnen Prozessschritte innerhalb der Prozessketten sind jeweils einem Gewerk und einem Team (z. B. einem Trupp) zugeordnet und können mit Kommentaren versehen werden. Dazu kommen sog. Stabilitätskriterien (z. B. Materialbestellung), die mit gewissem Vorlauf zur eigentlichen Tätigkeit erfüllt werden müssen. Bei Nichterfüllung entstehen entsprechende Meldungen. Außerdem können Tätigkeiten mit Aktionspunkten versehen werden, also außerplanmäßigen Anforderungen, die zur ordnungsgemäßen Arbeit rechtzeitig erfüllt werden müssen. Diese Aktionspunkte sind mit Bearbeitungszeitraum und Zuständigkeit zu versehen.

Eine wesentliche Stärke des Programms ist die Möglichkeit, Gleichprozesse als Vorlagen in einer Bibliothek zu speichern. So entstehen durch die Arbeit mit dem Programm standardisierte Prozesse, die nicht in jedem Projekt neu entwickelt werden müssen.

Je Projekt können Anwenderrollen definiert und individuell Berechtigungen zugeordnet werden. Die Entwickler verstehen ihr System als Alternative zur klassischen Terminplanung, daher sind keine Im- und Exporte von und zu Terminplanungssoftware vorgesehen.

Da das System ist noch sehr neu ist, existiert noch kein einsatzbereites Projekt-Dashboard und auch keine statistische Auswertung (PPC etc.). Auch Steuerungsmöglichkeiten wie Statusmeldungen zu den Tätigkeiten fehlen bisher.

Für die Zukunft sind neben dem Dashboard und dynamischer Meilensteine eine automatische, algorithmische Optimierung der Terminierung hinsichtlich der Personalkapazität und eine Verknüpfung der Bereiche mit BIM-Elementen geplant.

Tabelle 4.6: Features von LCM digital

Visualisierung	<b>A1</b>	Synchronisierung	<b>B1</b>	Aufgaben	<b>C1</b>	x	Vorleistungen	<b>D1</b>	x	Arbeitsräume	<b>E1</b>	Planung	<b>F1</b>
	<b>A2</b>		<b>B2</b>		<b>C2</b>	x		<b>D2</b>			<b>E2</b>		<b>F2</b>
	<b>A3</b>		<b>B3</b>		<b>C3</b>	(x)		<b>D3</b>					
	<b>A4</b>				<b>C4</b>								
					<b>C5</b>								
					<b>C6</b>								

B3: in Planung

C3: nur Kommentare

C6: in Entwicklung

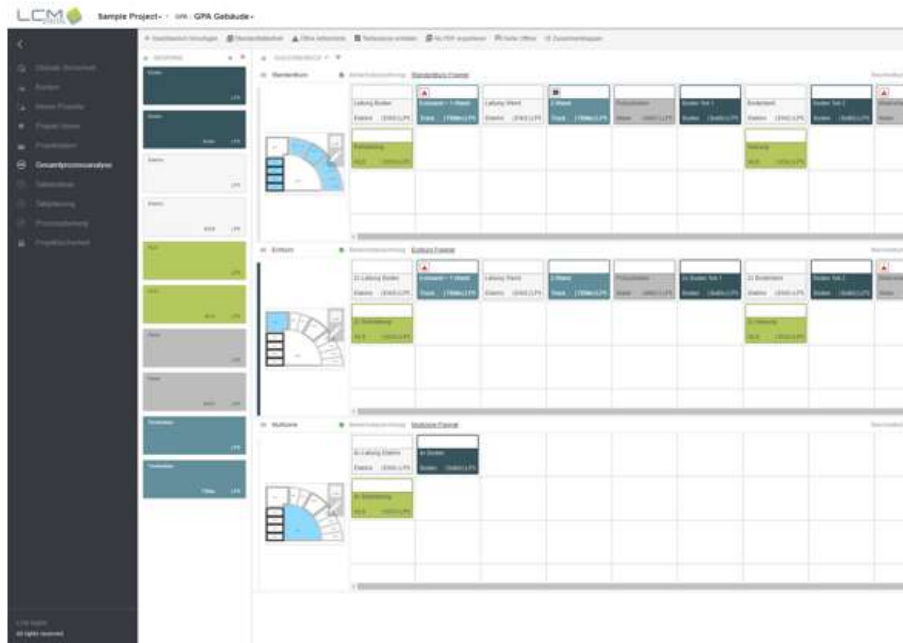


Abbildung 4.6: Screenshot von LCM Digital. Zu sehen sind drei verschiedene Prozessketten, die in unterschiedlichen Regelbereichen Taktbereiche durchlaufen. (Quelle: LCM Digital [45])

#### 4.2.4 Bosch RefineMySite

RefineMySite ist ein noch in der Entwicklung befindliches System, dessen Entwicklungsschwerpunkt bisher auf der detaillierten Beschreibung einzelner Aufgaben und der Einbindung von Polieren etc. liegt.

Neben den üblichen Attributen Zeitraum, Ort, Beschreibung, Verantwortlichkeit und Bearbeitungsstatus ist es möglich, Themen als Text oder Foto zu Aufgaben hinzuzufügen (siehe [Abb. 4.8](#)). Diese können wiederum kommentiert oder als kritisches Thema markiert werden. Letztere werden besonders hervorgehoben, ihre Gesamtzahl wird in der Projektübersicht als KPI angezeigt. Weiterhin können beliebige Dateien als Anhänge hinzugefügt sowie die komplette Bearbeitungshistorie eingesehen werden. Zudem können wie in die mehrtätigen oder mehrwöchigen Aufgaben mit Tageskarten als Unteraufgaben versehen werden, die wiederum mit Feldern für Titel, Anzahl der Arbeitskräfte und Notizen versehen sind.

In der Web-Ansicht ist die Aufgabenübersicht sowohl als Liste als auch als Sechswochenplan verfügbar. In letzterem kann wie in [Abb. 4.7](#) durch Klick auf eine einzelne Woche auf eine tageweise Ebene hereingezoomt werden. In beiden Ansichten können die Aufgaben nach Gewerk, Firma oder Status gefiltert werden.

Die zugehörige App zeigt alle dem Nutzer zugewiesenen Aufgaben (auch für mehrere Projekte) als Liste oder in Kalenderform an. Von dort aus können Nutzer\*innen Handlungsbedarf (fehlende Voraussetzungen) melden, Themen einreichen, Bilder hochladen oder tageweise Schritte hinzufügen. Sie richtet sich somit an Poliere, Vorarbeiter, etc., die sie zur Aufgabenverwaltung und Dokumentation verwenden.

Die Plattform bietet ein Benachrichtigungssystem, das Nutzer über sie betreffende Ereignisse (z. B. Meldung von Problemen) informiert.

Bisher fehlt die Möglichkeit, Tätigkeiten aus / zu anderen Programmen oder Datenbanken und im- oder exportieren. Die Software ist damit zum jetzigen Entwicklungsstand noch nicht als integrierte Lean-Construction-Plattform zu bezeichnen.

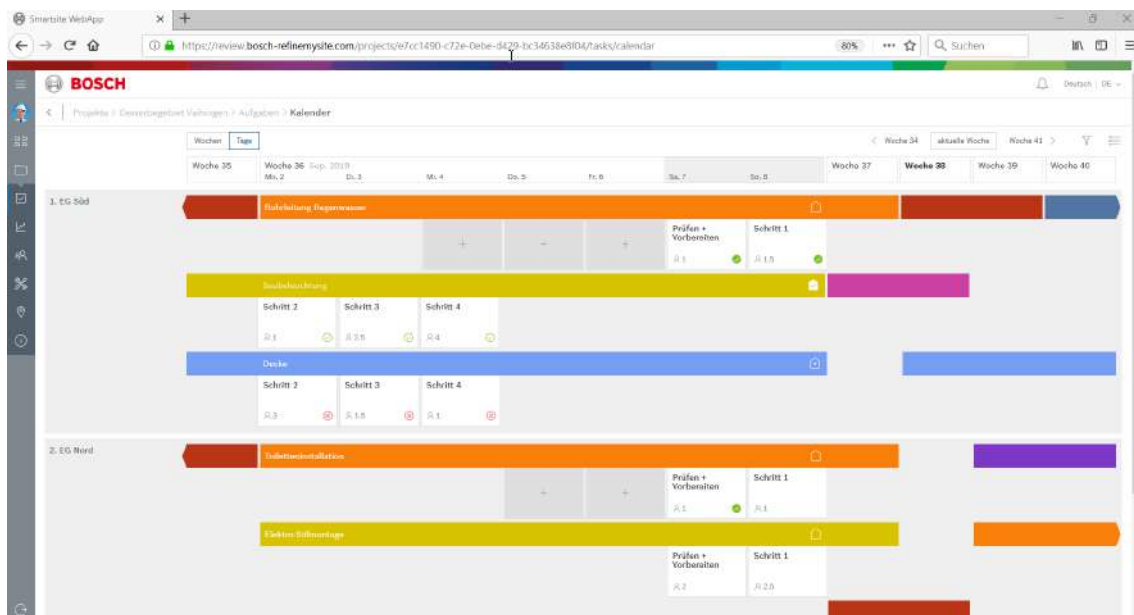


Abbildung 4.7: Screenshot von RefineMySite: Wochenplan-Ansicht (Quelle: Bosch)

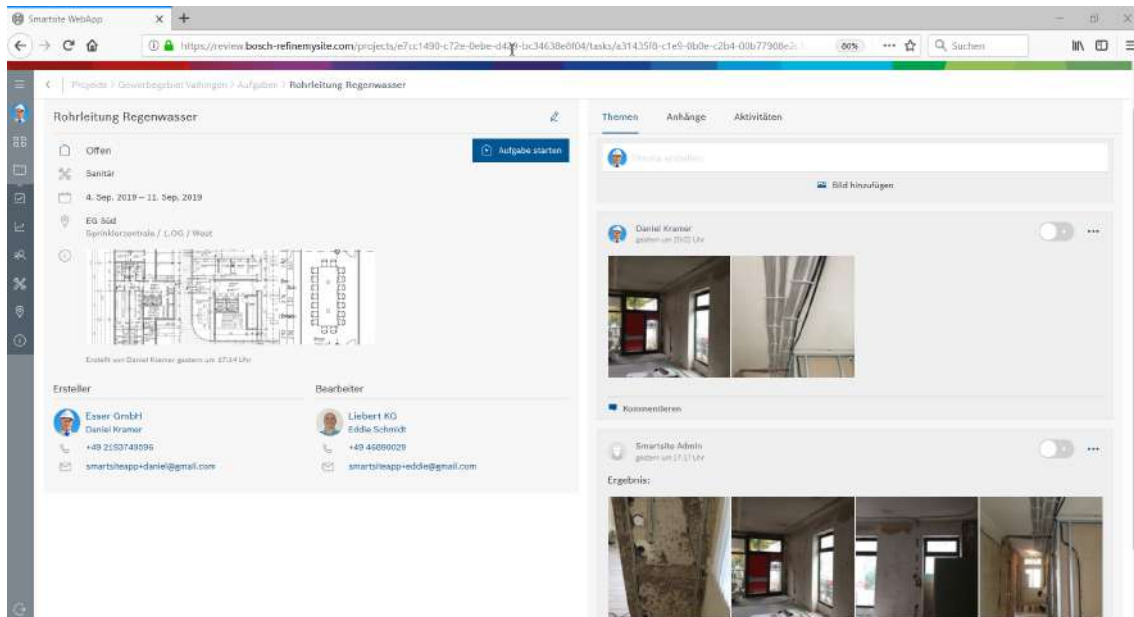


Abbildung 4.8: Screenshot von RefineMySite: Aufgabedetails (Quelle: Bosch)

Tabelle 4.7: Features von RefineMySite

Visualisierung	A1	Synchronisierung	B1	Aufgaben	C1	x	Vorleistungen	D1	Arbeitsräume	E1	Planung	F1	
	A2		B2		C2			D2		E2		x	F2
	A3		B3		C3	X		D3					
	A4				C4	X							
					C5	x							
					C6								

C4: Fertigmeldungen müssen vom Bauleiter bestätigt werden

#### 4.2.5 Autodesk BIM 360 Plan

BIM360 ist die Projektplattform von Autodesk. BIM360 Plan stellt innerhalb dieser Plattform die Lösung für die Produktionsplanung dar. [6]

Die Aufgabenverwaltung ist wie in Abb. 4.9 in erster Linie listenbasiert. Diese Listen sind nach Zuständigkeit, Bereichen, etc. filterbar. Eine Steuerungstafel-artige Übersicht steht ebenfalls zur Verfügung. Informationen zu einzelnen Tätigkeiten können vergleichsweise detailliert angegeben werden: Neben Beschreibung, Zuständigkeit, Ort und Zeit lassen sich Abhängigkei-

ten zu anderen Tätigkeiten, Bearbeitungsstatus (*open, backlog, committed, complete, incomplete*) und Typ der Tätigkeit (*Task, Milestone, Roadblock, Delivery, Inspection*) angeben.

Die Lösung umfasst eine ausführliche Analytik zur Auswertung der PPC-Werte und Störungsquellen nach Wochen und Gewerke. Obwohl Autodesk sich als führender Anbieter integrierter BIM-Lösungen präsentiert, bietet die Produktionsplanung mit BIM360 Plan derzeit keine Integration mit BIM.

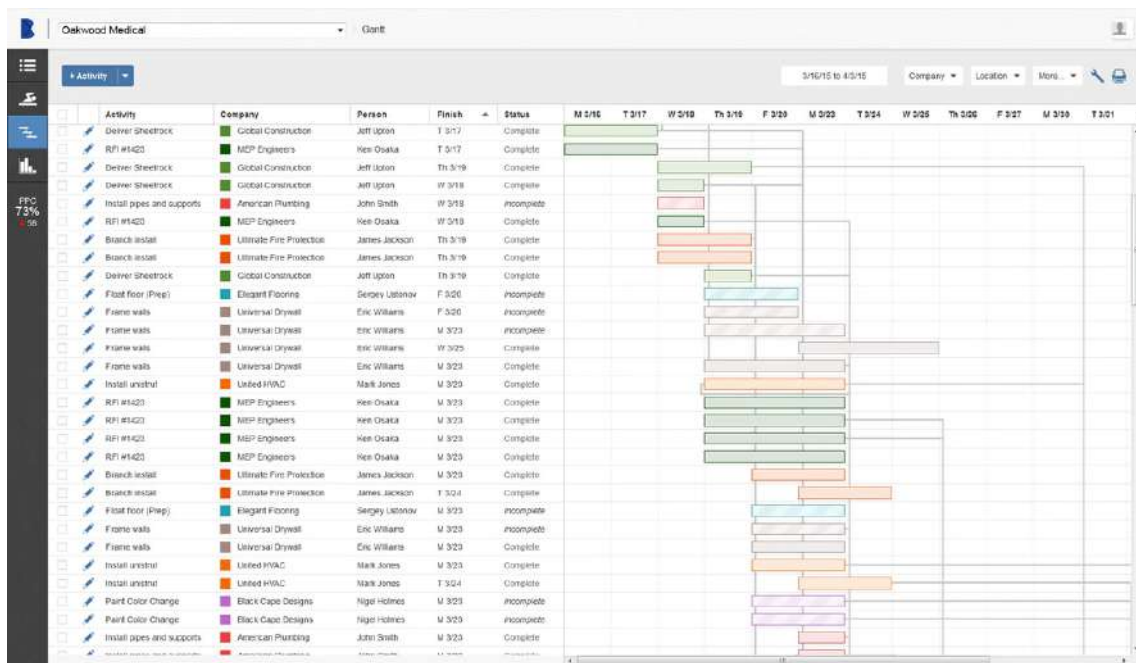


Abbildung 4.9: Screenshot von Autodesk BIM 360 Plan (Quelle: BIM360 [6])

Tabelle 4.8: Features von BIM 360 Plan

Visualisierung	A1	?	Synchronisierung	B1	x	Aufgaben	C1	x	Vorleistungen	D1	x	Arbeitsräume	E1	Planung	F1
	A2			B2			C2	x		D2			E2		F2
	A3			B3			C3			D3					
	A4				C4		x								
							C5	x							
							C6								

B1: nur aus MS Excel

D1: Typ von Aktivitäten lässt sich festlegen (Task, Milestone, Roadblock, Delivery, Inspection)

## 4.2.6 VisiLean

VisiLean beschreibt sich selbst als eine integrierte Lean BIM Lösung [74]. Die dahinter stehende Firma wurde von Bhargav Dave gegründet, der als einer der führenden Wissenschaftler in der Interaktion von Lean und BIM gilt (z. B. [20, 60]). Dementsprechend ist das einzigartige Feature dieser Lösung die Verknüpfung zwischen Aufgaben und BIM-Elementen.

Aufgaben lassen sich aus allen gängigen Terminplanungsprogrammen importieren; BIM-Modelle ausschließlich als IFC-Dateien. Beim der Import aus Synchro Pro werden auch die Verknüpfungen zwischen Tätigkeiten und BIM-Elementen übernommen.

Zusätzlich zu einem Projekt-Dashboard besteht das Webinterface aus einer tabellarischen Aufgabenübersicht, einer Ansicht des 3D-Modells, einem Gantt-Diagramm und einer flexibel konfigurierbaren Tabellenansicht. Jeweils zwei davon lassen sich wie in Abb. 4.10 gezeigt nebeneinander darstellen. In der Aufgabenansicht (siehe Abb. 4.11) lassen sich die Aufgaben wahlweise nach Bereich oder Firma geordnet anzeigen.

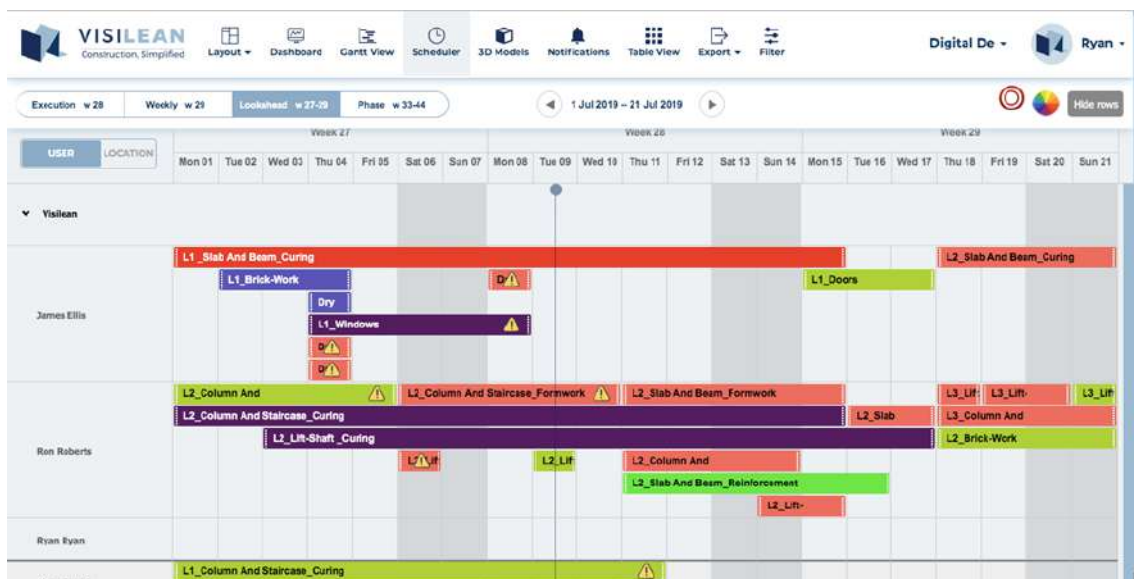


Abbildung 4.10: Screenshot von VisiLean: Kombinierte Ansicht von 3D-Modell und Gantt-Ansicht (Quelle: VisiLean)

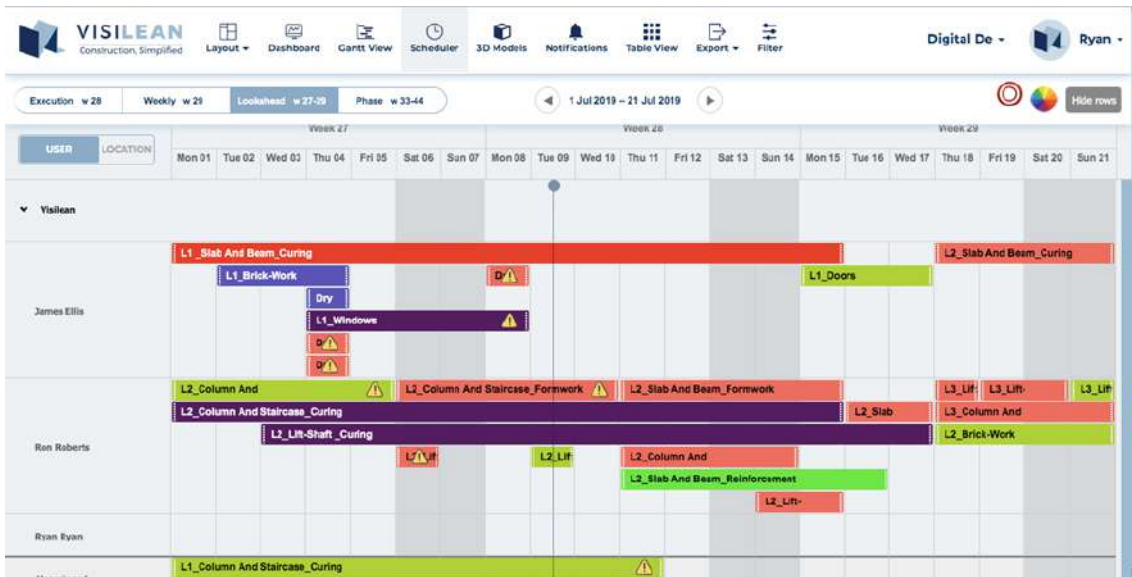


Abbildung 4.11: Screenshot von VisiLean: Scheduler-Ansicht (Quelle: VisiLean)

Die dazugehörige App umfasst Listen der jeweils zugewiesenen Aufgaben und Benachrichtigungen. Über die App ist es nicht möglich, Tätigkeiten zu verschieben, aber Statusmeldungen und Notizen abzugeben. Zusätzlich dazu lassen sich für Tätigkeiten auch Mengen und Dateien hinterlegen.

Das Programm ist noch relativ neu am Markt, in aktiver Weiterentwicklung, aber nicht vollständig technisch ausgereift. Einige Interaktionen sind noch wenig nutzerfreundlich und nicht intuitiv.

Tabelle 4.9: Features von VisiLean

Visualisierung	A1	x	Synchronisierung	B1	x	Aufgaben	C1	X	Vorleistungen	D1	Arbeitsräume	E1	Planung	F1
	A2	x		B2	(x)		C2			D2		E2		F2
	A3	x		B3	X		C3	x		D3				
	A4						C4	x						
					C5		x							
					C6									

B2: nur aus Synchro Pro

C1: Sortierung wahlweise nach Zuständigkeit oder Bereich



#### 4.2.7 Fazit

Den zahlreichen Lean-spezifischen Softwarelösungen gemein sind drei Kernfeatures: die digitale Abbildung einer Taktsteuerungstafel, Statusmeldungen für Aufgaben und deren statistische Auswertung. Darüber hinaus unterscheiden sich die Programme deutlich in Ihrem Feature-Umfang. Verschiedene Programme setzen eigene Entwicklungsschwerpunkte; eine Lösung, die alle Anforderungen erfüllt, existiert bisher nicht. Zurzeit sind also noch die Anwenderinnen und Anwender gefordert, die Effektivität der verschiedenen Programme mit Hinblick auf ihre individuellen Bedürfnisse zu prüfen. Die Besonderheiten der einzelnen betrachteten Programme stellen sich wie folgt dar:

**TouchPlan** zeichnet sich insbesondere durch die Flexibilität der digitalen Arbeitsfläche aus sowie den dynamischen Übergang vom Planungs- zum Steuerungsmodus. Bei umfangreichen Projekten wird es jedoch unübersichtlich

**Yolean** sticht durch eine besonders vielseitige Ansicht mit umfangreichen Anpassungs- und Filteroptionen hervor, die es in der Anwendung sehr vielseitig machen.

**LCM Digital** erlaubt das Erzeugen von Taktplänen aus vorgefertigten Gewerkezügen, jedoch ist kein Im- oder Export von / zu Terminplanungssoftware möglich.

**SmartSite** hat die übersichtlichste Darstellung der Sechswochenvorschau vorzuweisen, aber noch keine hinreichenden Schnittstellen zu anderen Programmen und neben der Listenform keine weiteren Darstellungsformen.

**BIM360 Plan** bietet besonders detaillierte Statusmeldungen, nutzt aber leider als isolierte Lösung das erhebliche Potential durch die Verknüpfung mit anderen Lösungen der BIM360-Umgebung nicht aus.

**VisiLean** verfolgt als Einziges konsequent die Verknüpfung von Aufgaben mit BIM-Elementen, ist jedoch technisch noch nicht als ausgereift zu betrachten.

[Tabelle 4.10](#) zeigt eine Übersicht der Features der jeweiligen Programme.

Tabelle 4.10: Feature-Übersicht für Spezialsoftware. ‚x‘ bezeichnet ein vorhandenes Feature, ‚(x)‘ ein eingeschränkt vorhandenes und ‚X‘ ein Feature, das sich in der Qualität deutlich von den Konkurrenzprodukten abhebt.

Feature	TouchPlan	YoLean	LCM Digital	RefineMySite	BIM360 Plan	VisiLean
<b>Visualisierung</b>						
A1						x
A2						x
A3						x
A4						
<b>Synchronisierung</b>						
B1	(x)	x			(x)	x
B2		x				(x)
B3		x				X
<b>Aufgabenverwaltung</b>						
C1	x	X	x	x	x	x
C2	x	x	x		x	
C3		x	(x)	X		x
C4	x	x		x	x	x
C5	x	(x)		x	x	x
C6						
<b>Vorleistungsverwaltung</b>						
D1	x	x	x		X	
D2						
D3						
<b>Arbeitsräume</b>						
E1						
E2	(x)			x		
<b>Planungskoordination</b>						
F1						
F2						

## Kapitel 5

# Anwenderbefragung

Die beste und fortschrittlichste Software nützt nichts, wenn ihre Kapazitäten nicht den Bedarf der tatsächlichen Anwender abdecken. Um zu prüfen, inwiefern die Anwendungsszenarien dem tatsächlichen Bedarf der Praxis entsprechen, wird in diesem Kapitel die Konzeption, Durchführung und Auswertung einer Anwenderbefragung beschrieben.

### 5.1 Konzeption und Durchführung

Die Befragung soll herausfinden, wie nützlich potentielle Anwender die zuvor identifizierten Szenarien einschätzen. Die zu prüfende Kernhypothese lautet also:

Es besteht eine signifikante Nachfrage für Software-Tools, die BIM und Lean Construction verknüpfen.

Diese Hypothese wird für die verschiedenen Szenarien gemäß [Kapitel 3](#) unterteilt und mit einer explorativen, quasi-experimentellen Feldstudie untersucht. Besonderheiten einzelner Untergruppen der Teilnehmenden werden im induktiven Schluss beschrieben und erklärt.

Zielgruppe sind alle am Bau Beteiligten, welche die Anwendungsszenarien umsetzen sollen und somit potentiell Verwendung für die dort beschriebenen Hilfsmittel haben. Die Befragung wurde im Schneeballverfahren verbreitet, um möglichst viele potentielle Teilnehmer zu erreichen. Zur Verbesserung der Repräsentativität werden die Teilnehmenden nach Tätigkeit geclustert.

### **5.1.1 Technische Umsetzung**

Die Umfrage wurde als Online-Umfrage mit „Lamapoll“ erstellt und per Weblink veröffentlicht. Dieser Link wurde per E-Mail an alle Mitarbeiter der Züblin Direktion Bayern sowie weitere Büros und vorab kontaktierte interessierte Einzelpersonen verteilt, auch mit der Aufforderung zur Weiterverbreitung. Zudem erfolgte eine Veröffentlichung über die Züblin-interne Kommunikationsplattform und das konzerneigene soziale Netzwerk unter allen Lean-Interessierten sowie privat über LinkedIn. Die Ergebnisse wurden anonymisiert. Teilnehmer hatten die Möglichkeit, sich anonym für eine Zusammenfassung der Auswertung anzumelden oder ihre Identität für Rückfragen freiwillig Ihren Antworten zuzuordnen.

Alle Antworten sind optional. Der Verzicht auf Pflichtangaben vermeidet unüberlegte, die Ergebnisse verzerrende Angaben.

Die gesammelten Ergebnisse wurden nach Beendigung der Umfrage gesammelt als CSV-Datei exportiert, mit Python und Pandas statistisch ausgewertet und mit Matplotlib visualisiert. Zusätzlich ermöglicht Lamapoll weniger tief gehende und flexible Auswertungen, die stichprobenhaft zur Überprüfung der selbst programmierten Analysen herangezogen wurden.

Die Verbreitung der Umfrage begann am 20. Mai 2019. Als Enddatum galt in den entsprechenden Nachrichten und Beiträgen der 9. Juni 2019, also genau drei Wochen nach Beginn. In diesem Zeitraum haben 113 Personen an der Umfrage teilgenommen.

### **5.1.2 Aufbau der Befragung**

Der Fragebogen besteht aus drei Teilen: Der erste enthält Fragen zur Tätigkeit und zu bisheriger Erfahrung mit BIM und Lean Construction. Der zweite Teil besteht aus Fragen zu den in [Abschnitt 3.4](#) definierten Szenarien. Der letzte Teil umfasst allgemeine Fragen

Der vollständige Fragebogen befindet sich in [Anhang A](#).

## Fragen zum Teilnehmer

Die Teilnehmer ordnen sich als erstes einer Gruppe zu, um zielgerichtetere Fragen und später eine genauere Analyse der Ergebnisse zu ermöglichen. Die Gruppen sind:

- Bauausführung (GU)
- Bauausführung (NU)
- Projektleitung
- Planung (Objekt- / Fachplanung)
- Bauherrschaft
- Softwareentwicklung
- Andere (durch Teilnehmer einzutragen)
- Lean-Berater<sup>1</sup>

Außerdem geben sie an, wie viel Erfahrung sie jeweils mit Lean Construction und BIM gemacht haben und – falls zutreffend – für welche Zwecke sie beides bereits genutzt haben.

## Hauptteil – Fragen zu den Anwendungsszenarien

Im eigentlichen Fragenteil werden den Teilnehmenden für jeden der in [Abschnitt 3.4](#) aufgeführten Punkte zwei Fragen gestellt:

1. Wie schätzen Sie den Nutzen des Hilfsmittels ein? (großer Nachteil bis enormer Vorteil, sieben Stufen)
2. Wie häufig nutzen Sie es zurzeit? (Nie bis Immer, fünf Stufen)

Jedes Anwendungsszenario wird dabei mit einer Problembeschreibung eingeleitet; jedes Hilfsmittel textlich und mit einer Beispielabbildung beschrieben.

Um die Bearbeitungszeit gering zu halten, sollen Teilnehmer nur die jeweils für sie relevanten Szenarien beurteilen. Die Zuordnung der Anwendungsszenarien zu Anwendergruppen ergibt sich entsprechend der folgenden [Tabelle 5.1](#)

Da für Softwareentwickler und nicht den anderen Gruppen zuteilbare Teilnehmer nicht a priori feststellbar ist, welche Szenarien für sie relevant sind, werden ihnen sämtliche Szenarien präsentiert. Gleiches gilt für Teilnehmer, welche die Frage nach der Tätigkeit nicht beantworten. Spezialisierte Lean-Berater sollten alle Szenarien beurteilen können. Insbesondere die Problemstellungen Visualisierung und Anfragenverwaltung sind für alle Anwendergruppen potentiell relevant.

---

<sup>1</sup>Die Option „Lean-Berater“ wurde erst einige Tage nach Veröffentlichung der Umfrage ergänzt. Zu diesem Zeitpunkt hatten neun Personen an der Umfrage teilgenommen.

Tabelle 5.1: Zuordnung der Anwendungsszenarien zu Anwendergruppen

	Visualisierung	Synchronisierung	Aufgabenverwaltung	Anfragenverwaltung	Arbeitsräume	Planungskoordination
Bauausführung GU	x	x	x	x	x	
Bauausführung NU	x		x	x	x	
Projektleitung	x	x	x	x		x
Planung	x			x		x
Bauherrschaft	x		x	x		x
Softwareentwicklung	x	x	x	x	x	x
Andere	x	x	x	x	x	x
Lean-Berater	x	x	x	x	x	x

### Allgemeine Fragen

Diese Fragen stehen am Ende der Umfrage, da sie nicht zur Beurteilung der Kernhypothese erforderlich sind, aber trotzdem wertvolle Erkenntnisse erlauben. Zunächst sollen die Teilnehmenden einschätzen, welche von mehreren Hindernissen (keine Notwendigkeit, zu wenig Zeit, fehlende Ressourcen, etc.) sie davon abhalten, mehr als bisher mit digitalen Methoden zu arbeiten. Diese Frage ist als Likert-Skala gestaltet. Abschließend besteht die Möglichkeit, weitere Anwendungen sowie allgemeine Kommentare zu hinterlassen.

## 5.2 Ergebnisse

### 5.2.1 Demographie

Unter den verschiedenen Positionen sind die GU-seitige Bauleitung (inkl. Poliere und Vorarbeiter), das Projektmanagement (inkl. Oberbauleitung) und die Planung (inkl. Plankoordination und BIM-Management) zahlenmäßig am stärksten vertreten (siehe [Abb. 5.1](#)). Diese Verteilung resultiert wahrscheinlich aus der Reichweite der Umfrage, da ein Großteil der zur Teilnahme aufgeforderten Personen in einem großen Baukonzern arbeiten. Dafür können die Antworten der Gruppen Bauleitung (Nachunternehmer), Bauherrnschaft und Lean-Berater mit jeweils weniger als zehn Teilnehmenden nicht als verlässlich betrachtet werden.

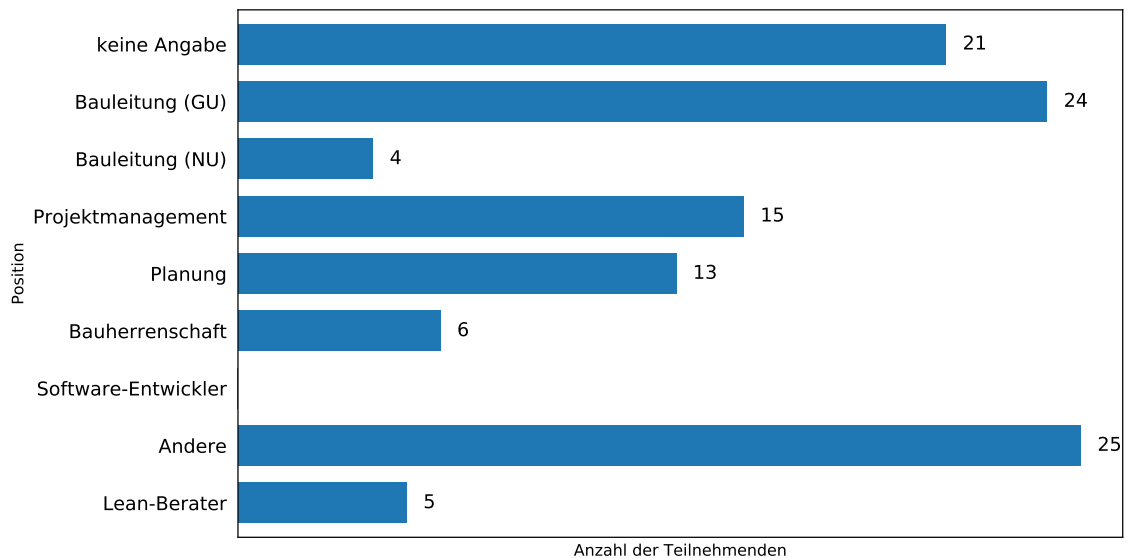


Abbildung 5.1: Teilnehmeranzahl nach Berufsgruppe. Gesamtteilnehmende: 113

Die „Anderen“ Teilnehmenden gaben Positionen selbst an: Diese umfassen im Wesentlichen Innendienste wie Einkauf, Kalkulation oder Qualitätsmanagement, die in der Vorgabe nicht zur Auswahl standen, vereinzelt Werkstudenten und Teamassistenz sowie einzelne Datensätze, die auch den vorgegebenen Kategorien zugeordnet werden könnten. Die genaue Auflistung ist in [Anhang B.2](#) zu finden. Es hat niemand aus der Software-Entwicklung teilgenommen.

## 5.2.2 Erfahrungen

Abbildung 5.2 zeigt das durchschnittliche Ausmaß an Erfahrung mit BIM und Lean Construction je Berufsgruppe. Die Antwortmöglichkeiten waren jeweils:

1. Ich habe davon gehört.
2. Ich kenne es, habe aber noch nie damit gearbeitet.
3. Ich habe vereinzelt damit gearbeitet oder arbeite gerade auf einzelnen Projekten damit.
4. Ich setze es durchgehend auf (fast) all meinen Projekten ein.

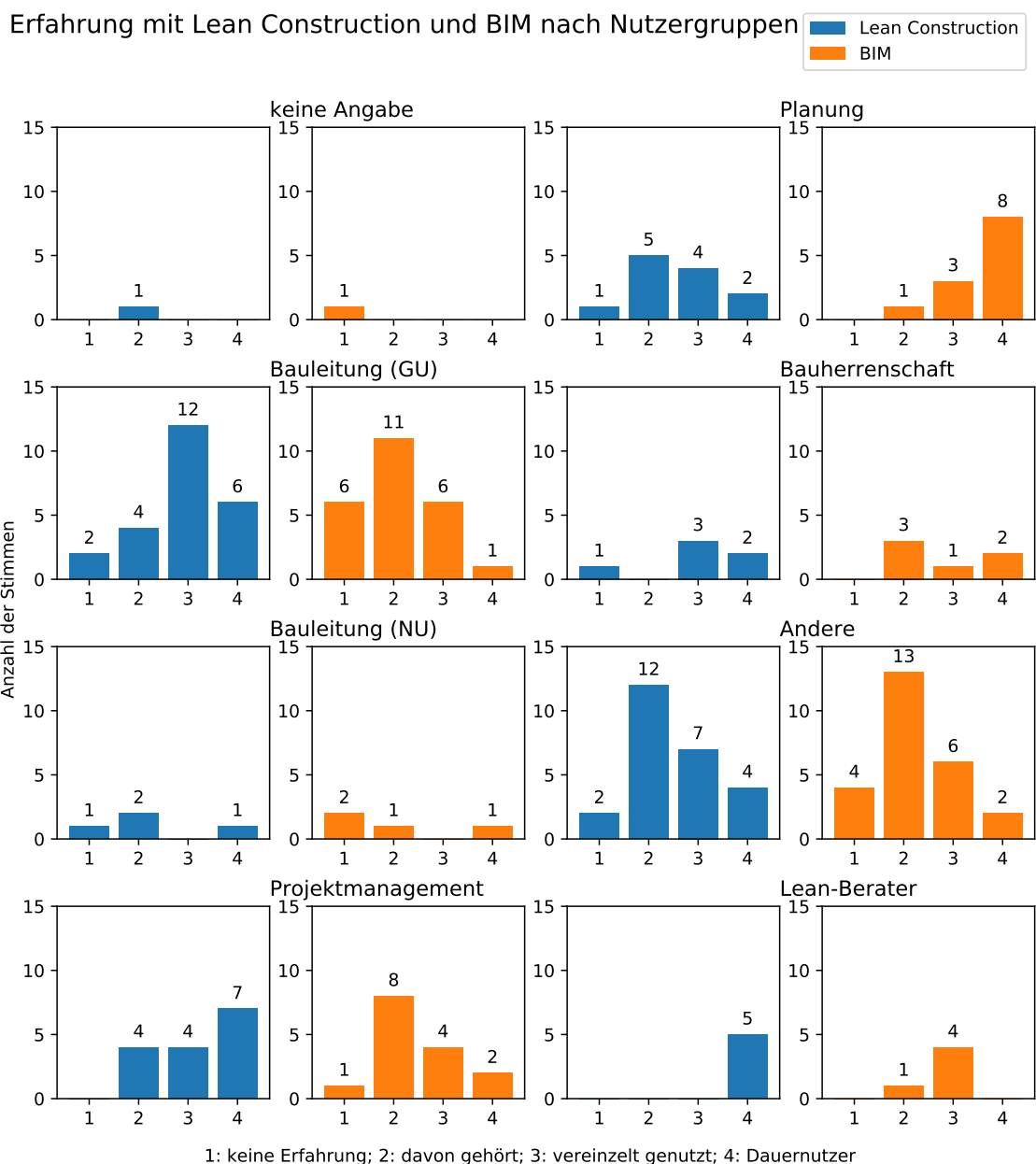


Abbildung 5.2: Erfahrung mit Lean Construction (blau) und BIM (orange) nach Nutzergruppen



Daraus wird ersichtlich, dass insbesondere Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter der Bauleitung – sowohl auf GU- als auch auf Nachunternehmerseite – mehrheitlich noch keine Erfahrung mit BIM haben, es in der Planung dagegen bereits weit verbreitet ist. Erfahrung mit Lean Construction scheint mehrheitlich unter Mitarbeitenden der GU-seitigen Bauleitung und des Projektmanagements sowie der Bauherrenschaft verbreitet zu sein (außerdem erwartungsgemäß Lean-Berater).

Von jenen Teilnehmenden, die sich als gelegentliche Nutzer von Lean Methoden einschätzen, haben die meisten Erfahrung mit dem LPS (siehe Abb. 5.3). Die selbst identifizierten Dauernutzer arbeiten zum größten Teil mit TP/TS. Dies ist konsistent mit den entsprechenden Arbeitsweisen: Ersteres wird von vielen Anwendern auf die Phasenplanungen reduziert, die i.d.R. aus Einzelterminen bestehen; Letzteres besteht aus Sicht der meisten Nutzer im Wesentlichen aus regelmäßigen Steuerungsterminen.

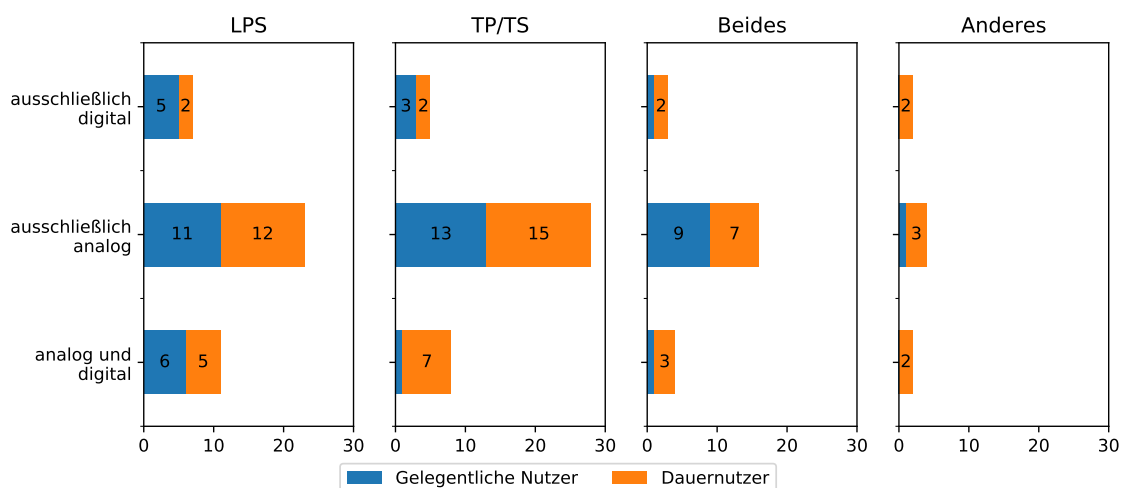


Abbildung 5.3: Anwendungen von Lean-Methoden in analog und digital nach Nutzungsintensität

Unter denjenigen, die angeben Erfahrung mit BIM zu haben, ist die 3D-Visualisierung am häufigsten im Einsatz, vergleichbar oft wird das Extrahieren von Mengenangaben für Massenermittlung und Kalkulation genannt (siehe Abb. 5.4). Etwa die Hälfte von ihnen gibt an, zumindest ab und zu mit jeweils Kollisionsprüfung zu arbeiten oder BIM-Modelle mit Terminplänen zu verknüpfen (4D-Planung).

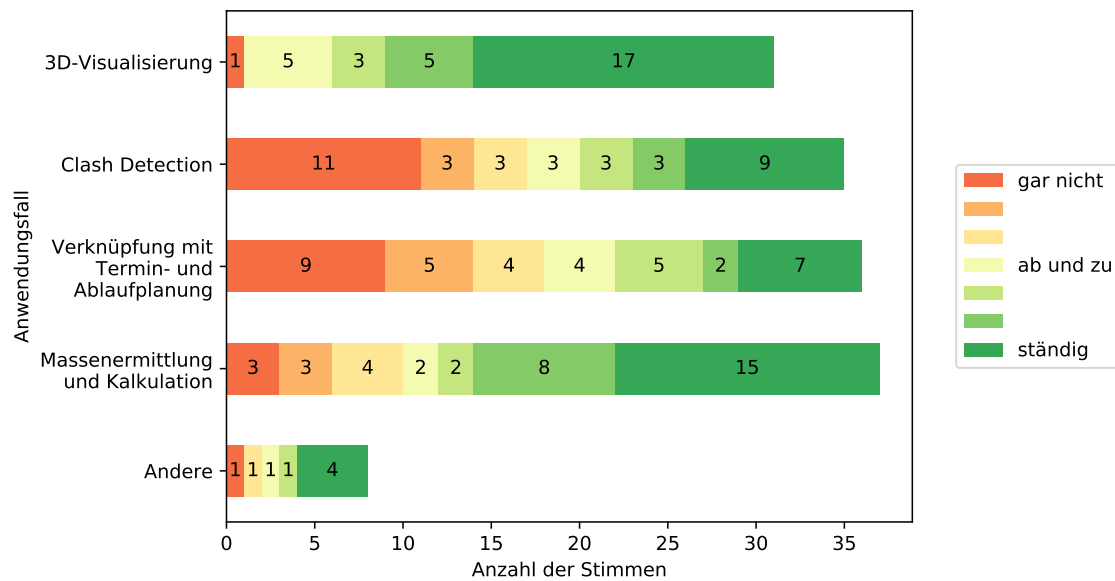


Abbildung 5.4: Einsatzhäufigkeit verschiedener Anwendungen für BIM in Absolutwerten

### 5.2.3 Anwendungsszenarien

Für jedes der zwanzig Anwendungsszenarien wurden zwei Fragen gestellt: „**Wie schätzen Sie den Nutzen dieses Hilfsmittels ein?**“ und „**Wie häufig nutzen Sie es zurzeit?**“. Die Zahlenwerte sind Mittelwerte der wie folgt numerisch codierten Antworten auf den Likert-Skalen:

#### Nützlichkeit:

0. Großer Nachteil
1. Leichter Nachteil
2. Keine Veränderung
3. Leichter Vorteil
4. Mäßiger Vorteil
5. Großer Vorteil
6. Enormer Vorteil

#### Verwendungshäufigkeit:

0. Nie
1. Vereinzelt
2. Teilweise
3. Meistens
4. Immer

Die asymmetrische Verteilung der Antwortmöglichkeiten für die Frage nach der Nützlichkeit wurde in der (zutreffenden) Erwartung gewählt, dass nur wenige Befragte die Szenarien als Nachteil ansehen würden. Die Optionen „Großer Vorteil“ und „Enormer Vorteil“ vereinen beispielsweise 40 bis 80% der Stimmen.

Abbildung 5.5 zeigt beide Angaben je Szenario zusammengefasst. Der blaue Balken zeigt den jeweiligen Mittelwert; zusätzlich sind die 25%- und 75%- Quantile (Quartile) dargestellt (durch eine hohe Anzahl Ausreißer nach oben oder unten kann der Mittelwerte außerhalb der Quartile liegen). Die Mittelwerte der Nützlichkeitsbewertung liegen somit für alle Szenarien zwischen „Mäßiger Vorteil“ und „Großer Vorteil“ – für die Verwendungshäufigkeit jedoch bis auf Ausnahmen zwischen „Nie“ und „Vereinzelt“.

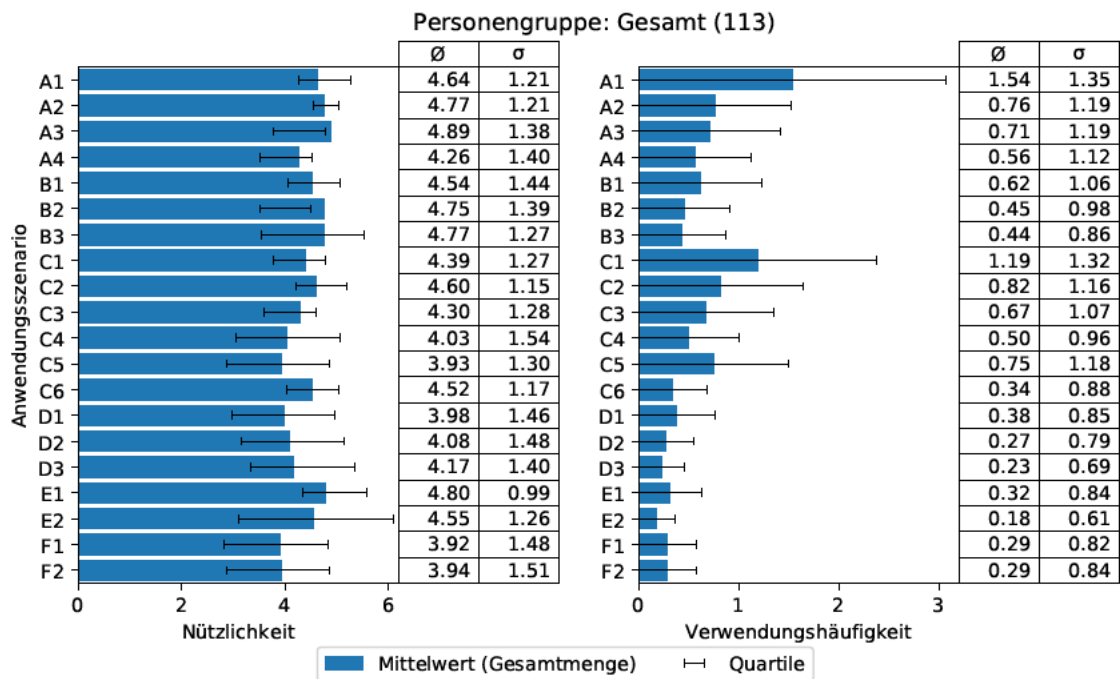
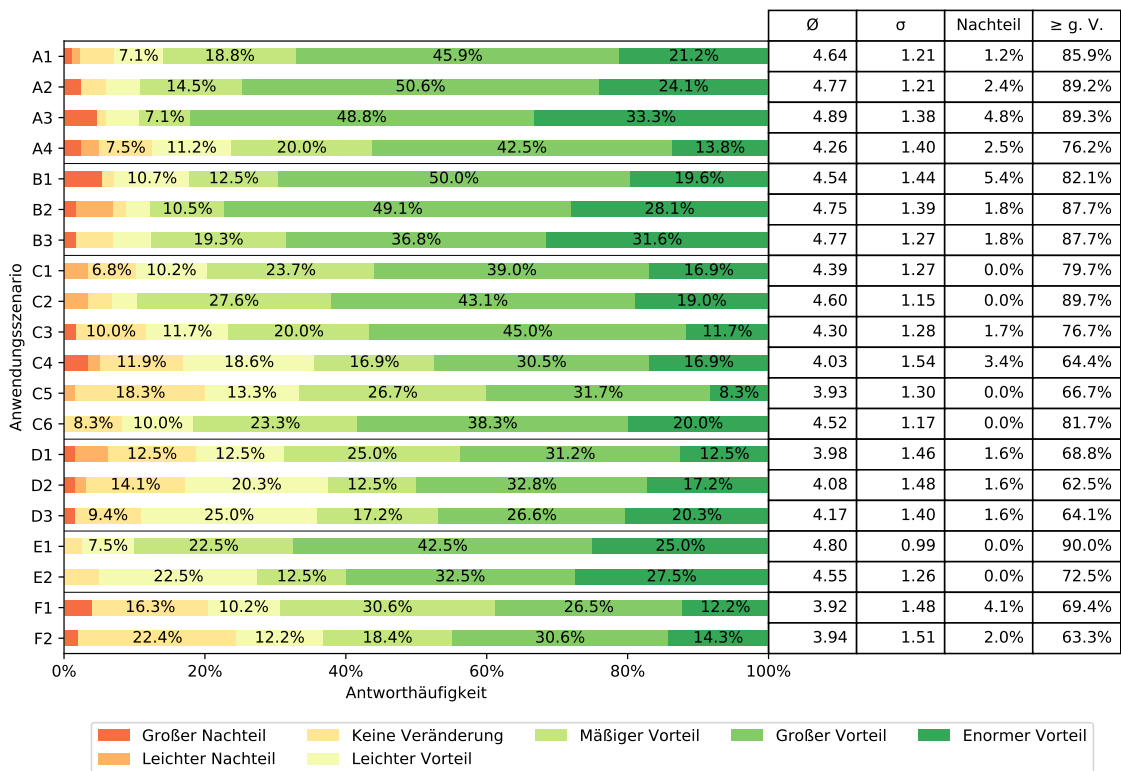


Abbildung 5.5: Verteilung der Nützlichkeitsbewertung und Verwendungshäufigkeit im Mittel je Szenario

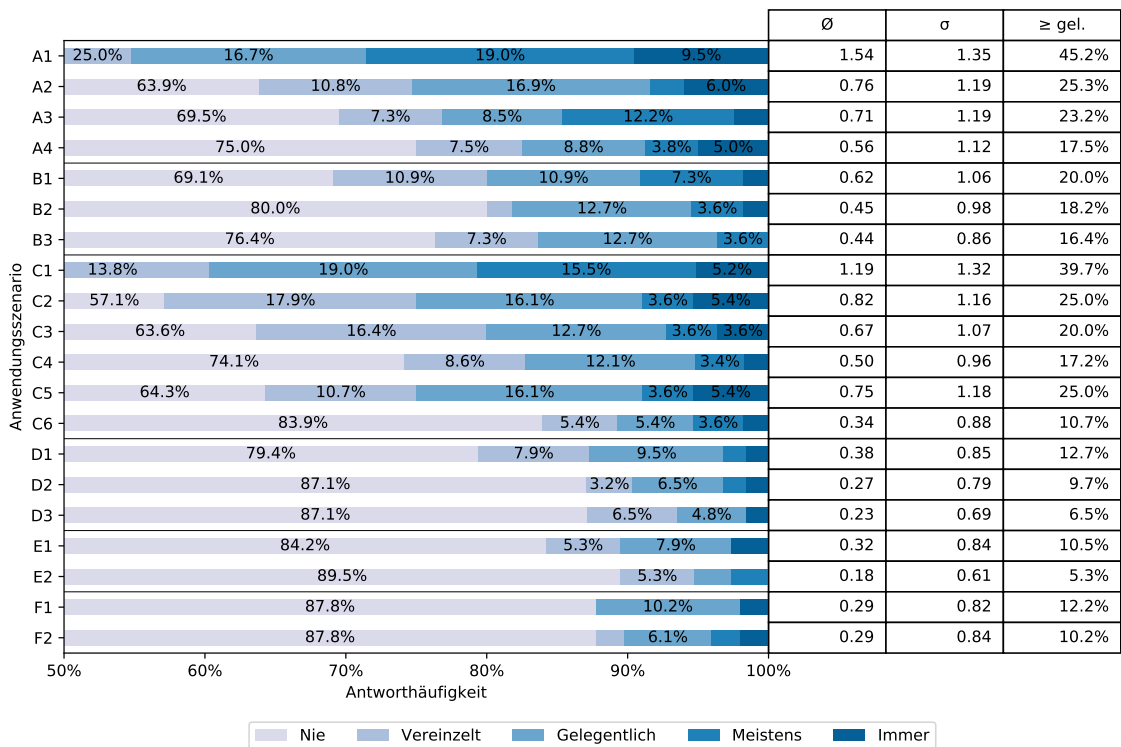
Im Kapitel [Abschnitt 5.3](#) wird diese Auswertung nach Benutzergruppen und Erfahrungsgrad unterteilt auf spezifische Abweichungen vom Mittel analysiert. Außerdem erfolgt dort eine detaillierte Analyse der Einschätzungen zu den einzelnen Szenarien.

Aus [Abb. 5.6a](#) geht hervor, dass die Teilnehmenden über alle Szenarien gemittelt mehrheitlich einen großen oder enormen Vorteil darin sehen. Fast alle Szenarien werden auch von einem kleinen Anteil (< 10%) als Nachteil bewertet. Gleichzeitig zeigt [Abb. 5.6b](#), dass sie bis auf Ausnahmen nur von weniger als 10% der Teilnehmenden meistens oder immer angewandt werden.

Die zugrunde liegenden Zahlen befinden sich in [Anhang B.1](#).



(a) Nützlichkeit



(b) Verwendungshäufigkeit

Abbildung 5.6: Nützlichkeit und Verwendungshäufigkeit der Szenarien. Gezeigt sind die relativen Antworthäufigkeiten je Frage

Für 16 der 20 Szenarien ist zwischen beiden Angaben jeweils eine schwache, aber signifikante positive Korrelation (Pearson-Index zwischen 0,06 und 0,40) zu erkennen (siehe Abb. 5.7). Das heißt, je häufiger jemand das fragliche Szenario anwendet, desto nützlicher findet sie oder er es (siehe Abb. 5.8) Das gilt insbesondere für die Szenarien der Kategorie Aufgabenverwaltung (C). Ausnahmen stellen die Szenarien B1 und B2 dar, für die eine negative Korrelation besteht.

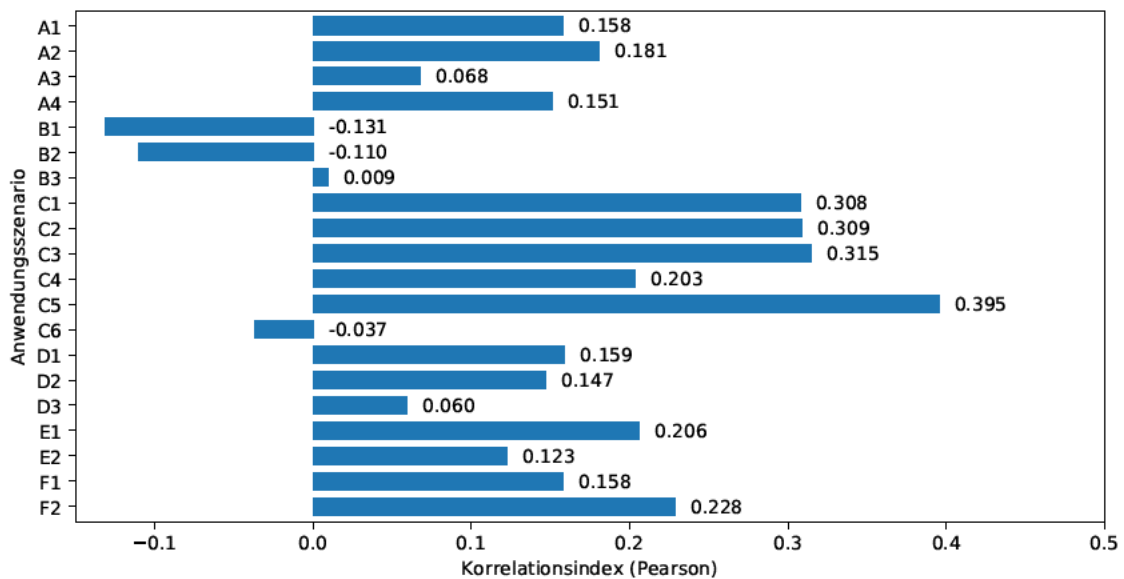


Abbildung 5.7: Korrelation zwischen Nützlichkeit und Verwendungshäufigkeit je Frage über alle Teilnehmenden.

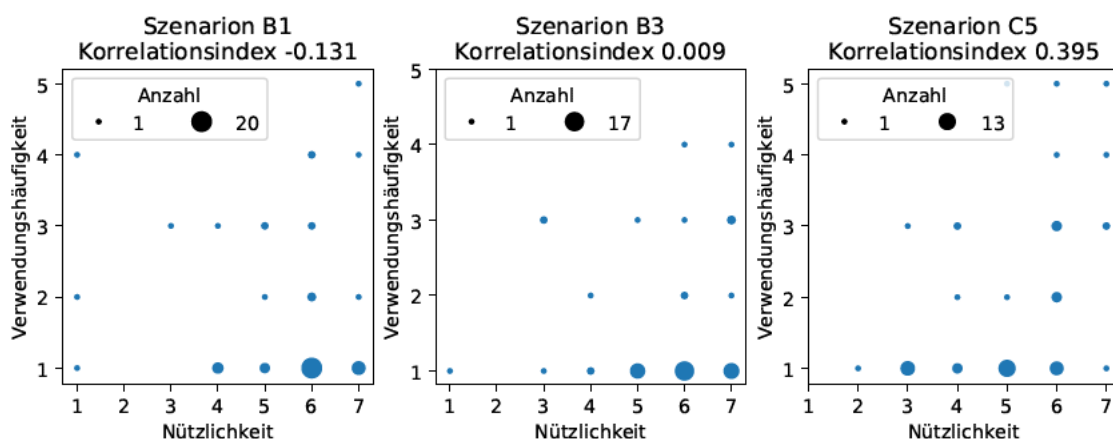


Abbildung 5.8: Beispiele for Korrelation: B1 – schwache negative Korrelation, B3 – keine signifikante Korrelation, C5 – schwache positive Korrelation. Die Punktgröße zeigt die Häufigkeit der jeweiligen Antwortkombination an.

## 5.2.4 Herausforderungen

Als letzte (inhaltliche) Frage wurden die Teilnehmer per Likert-Skala gefragt, worin sie wesentliche Hindernisse für die verstärkte Arbeit mit digitalen Methoden sehen. Die Ergebnisse sind in [Abb. 5.9](#) in absoluten Zahlen dargestellt. Die genauen Auswahlmöglichkeiten lauten:

- Ich sehe keine **Notwendigkeit** dafür / keinen Mehrwert darin
- Ich habe keine **Zeit**, mich damit zu beschäftigen
- Meine Vorgesetzten stellen mir die notwendigen **Ressourcen** nicht zur Verfügung
- Mein **Projektteam** (firmenübergreifend) kann oder will nicht damit arbeiten
- Die notwendige **Technologie** existiert (meines Wissens nach) nicht
- Anderes (*Freitexteingabe*)

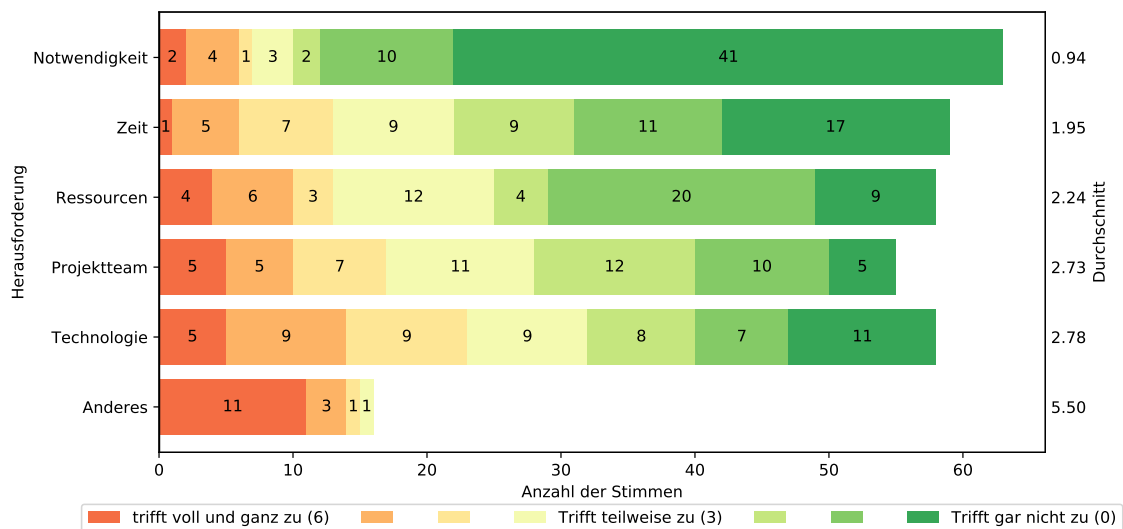


Abbildung 5.9: Hindernisse für die verstärkte Arbeit mit digitalen Methoden.

Aus den Ergebnissen geht hervor, dass die absolute Mehrheit der Antwortenden fehlende Notwendigkeit oder Mehrwert nicht als Ursache sehen, im Umkehrschluss also die fragliche Entwicklung für notwendig hält. Am meisten Zustimmung erhalten die Thesen, dass die notwendige Technologie noch nicht existiert und dass firmenübergreifende Partner nicht willens oder fähig sind so zu arbeiten. Diese Erkenntnisse decken sich mit den in [Abschnitt 2.6](#) beschriebenen Ergebnissen anderer Umfragen.

Jene Teilnehmenden, die einen „Anderen“ Grund angegeben haben, bemängeln insbesondere (neben Erläuterungen zu den vorgegebenen Optionen) folgende Aspekte:

- die baubegleitende Planung als Hindernis für die nötige Detailtiefe
- unausgereifte und uneinheitliche Systeme
- strukturellen Veränderungsunwillen und Unkenntnis der Vorteile in weiten Teilen der Branche, insbesondere Entscheidungspositionen

Dass jene Teilnehmenden, die selbst einen Grund angeben, diesen auch mehrheitlich als sehr bedeutsam ansehen, kann als systematischer Effekt angesehen werden.

### 5.2.5 Fehlerquellen

#### **Unterabdeckung und Antwortausfall**

Durch die Form der Befragung und Verteilung sind vor allem **Unterabdeckung** (englisch: undercoverage) und **Antwortausfall** (englisch: non-response bias) relevant.

Die Umfrage wurde im Wesentlichen durch das professionelle Netzwerk des Autors verbreitet, in dem aufgrund seiner Tätigkeit naturgemäß technophile und innovationsfreudige Menschen überrepräsentiert sind. Die Rücklaufquote ist unter den technik-optimistischen Menschen innerhalb dieser Gruppe vermutlich nochmals überdurchschnittlich.

Diese Menschen stellen jedoch oft Innovatoren und *Early Adopters* dar, deren Einschätzungen für die Entwicklung und Verbreitung neuer Technologien richtungsweisend sind. Daher wird diese Tendenz nicht als schwerwiegender Fehler betrachtet. Zugleich ist davon auszugehen, dass Nicht-Teilnehmer die Fragestellungen der Umfrage nicht so aussagekräftig beantworten können wie die Teilnehmer.

Leider ist die Tendenz der Grundgesamtheit aller in der Bauwirtschaft Beschäftigten nicht bestimmbar, sodass das Ausmaß der Verzerrung durch *Undercoverage* und *Non-Response* nicht festgestellt werden kann.

#### **Antworttendenzen**

In jeder Befragung treten systematische Fehler in Form von Antworttendenzen auf. Diese müssen erkannt und soweit möglich kompensiert, ersatzweise in der Auswertung berücksichtigt werden.

**Tendenz zur Mitte / Tendenz zur Härte** Die Teilnehmenden neigen dazu, bei Fragen mit einer Skala eher die mittleren (oder auch die extremeren) Antwortmöglichkeiten zu wählen. Davon sind die Fragen im Hauptteil der Befragung besonders betroffen. Durch Auswertung der Standardabweichung der Antworten je Nutzer und Normierung auf dieselbe kann dieser Effekt relativiert werden.

**Akquisieszenz** Umfrageteilnehmer neigen dazu, Aussagen eher zuzustimmen als zu widersprechen. In der einzigen Zustimmungsfrage werden die Antworten sowohl unverändert als auch auf ihren Durchschnittswert normiert analysiert. Alle übrigen Fragen sind offen formuliert, damit keine Zustimmung oder Ablehnung erforderlich ist.

### **Ermüdung**

Die exportierten Rohdaten enthalten eine Spalte „abgeschlossen“, welche Auskunft über die Vollständigkeit der Umfrageergebnisse geben soll. Da nicht erkennbar ist, wie diese Information zustande kommt, diese Aussage nicht verlässlich.

**Abbildung 5.10** zeigt die Antwortquoten je Frage – in blau die Zahl jener, welche die Frage gesehen, aber nicht beantwortet haben; in grau diejenigen, denen sie aufgrund der Anzeigeregeln gar nicht erst präsentiert wurde (beides in absoluten Zahlen auf der linken Achse). Die schwarze Linie zeigt den Anteil der Teilnehmenden, welche die Frage gesehen, aber nicht beantwortet haben – also eine wesentliche Messgröße für die Ermüdung. Bei fast allen inhaltlichen Fragen liegt diese Quote bei etwa 15-20%. Es ist kein signifikanter Trend zu erkennen, eher steigt die Antwortquote zum Ende hin. Ausnahmen bilden mit je ca. 20% zwei Fragen, in denen eigene Optionen in einer Mehrfachauswahl anzugeben waren, sowie die Frage am Anfang, ob mehr Informationen zum Thema gewünscht werden.



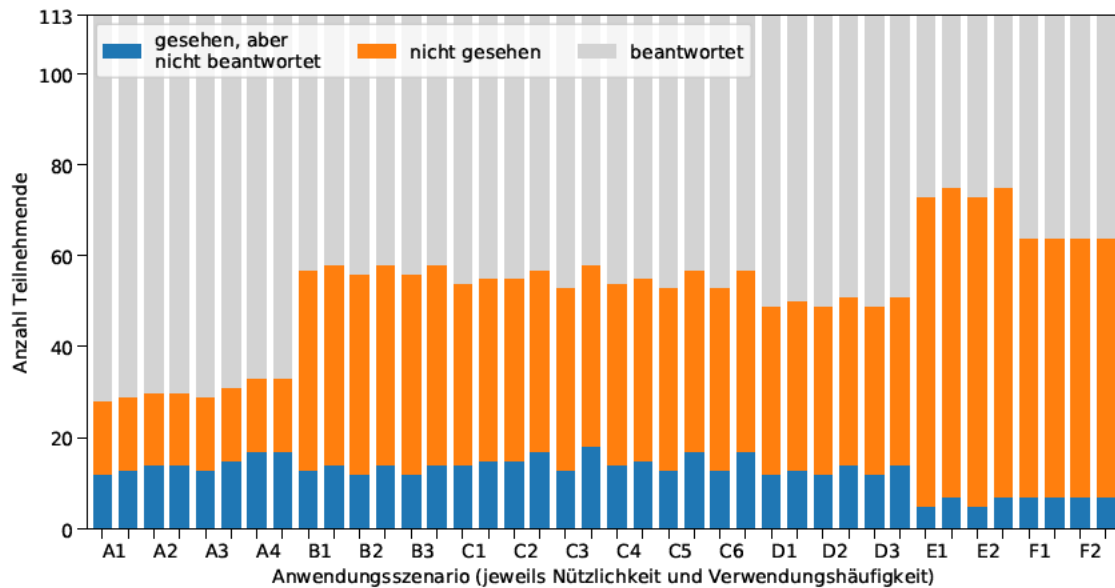


Abbildung 5.10: Antwortquote je Frage. Der Anteil jener, die die Frage übersprungen haben (schwarzer Balken) bezogen auf diejenigen, denen die Frage präsentiert wurde (grauer und schwarzer Balken), bleibt über die Fragen weitgehend konstant. Es kann also davon ausgegangen werden, dass Ermüdungseffekte keine Rolle spielen.

Aus den Datensätzen geht zudem hervor, dass keinen Teilnehmenden die letzte Frage *nicht* präsentiert wurde („nicht gesehen“ und „nicht beantwortet“ werden unterschiedlich kodiert). Ergo haben alle Teilnehmenden zumindest die letzte Seite der Umfrage erreicht.

Aus beiden Beobachtungen lässt sich folgern, dass alle verfügbaren Datensätze auch auswertbar sind. Im Detail wird ein Problem erkennbar: Die räumliche Darstellung von Aufgaben in einem 3D-Modell (C6) ist jenseits von experimentellen Prototypen noch von keinem Programm implementiert. Trotzdem geben 10% der Teilnehmenden an, mindestens gelegentlich damit zu arbeiten. Möglicherweise verallgemeinern diese 10% das Verständnis des Szenarios auf andere Arbeitsweisen, beispielsweise Bekleben von Plänen mit Haftnotizen. Eventuell wurde die Beschreibung des Szenarios auch nicht gänzlich verstanden oder die Fragen nicht völlig ernsthaft beantwortet. In jedem Fall muss durch diese Erkenntnis für alle Fragen hinterfragt werden, wie aussagekräftig die Ergebnisse sind.

## 5.3 Diskussion

Für alle beschriebenen Szenarien gilt: Sie werden von einer großen Mehrheit für vorteilhaft (in verschiedenem Maße) gehalten, aber nur selten auch zum Einsatz gebracht. Im Folgenden werden Die Szenarien unterteilt nach Kategorie, sowie geclustert nach Benutzergruppen und Erfahrungsgraden der Befragten genauer betrachtet.

Aufgrund der teilweise geringen Stichprobengrößen sind alle Prozentangaben in diesem Abschnitt auf 5% gerundet. Durch die nicht repräsentative Natur der Umfrage können nur qualitative und größenordnungsmäßige Aussagen getroffen werden. Die Diagramme zeigen jeweils absolute Antwortzahlen. Da es möglich war Fragen zu überspringen und nicht allen Teilnehmenden jede Frage präsentiert wurde, ergeben sich von Frage zu Frage unterschiedliche Summen der Antworten.

### 5.3.1 Besonderheiten der einzelnen Szenarien

Für die genauere Beleuchtung der Szenarien stellt sie dieser Abschnitt die Bewertungen nach Kategorien aufgegliedert dar. Gezeigt sind in den [Abb. 5.11](#) bis [5.16](#) jeweils die absolute Häufigkeit der Antworten sowie Mittelwert und Standardabweichung. Zudem sind bezogen auf die jeweilige Gesamt-Antwortzahl der Anteil jener gezeigt, die 1. „großer Nachteil“ oder „Leichter Nachteil“ gewählt haben 2. die „großer Vorteil“ oder „enormer Vorteil“ gewählt haben 3. die mindestens gelegentlich das Szenario einsetzen

### Visualisierung

Die Visualisierung mit 3D-Modellen ist von allen Szenarien das am häufigsten genutzte: 45% der Teilnehmenden arbeitet öfter als nur vereinzelt mit 3D-Ansichten. Allerdings arbeiten nur 25% der Teilnehmenden mindestens gelegentlich mit navigier- und filterbaren Modellen – diese werden aber als nützlichste aller Szenarien eingeschätzt. Augenscheinlich sind tendenziell 3D-Modelle verfügbar, aber nicht interaktiv, wie sie gewünscht werden.

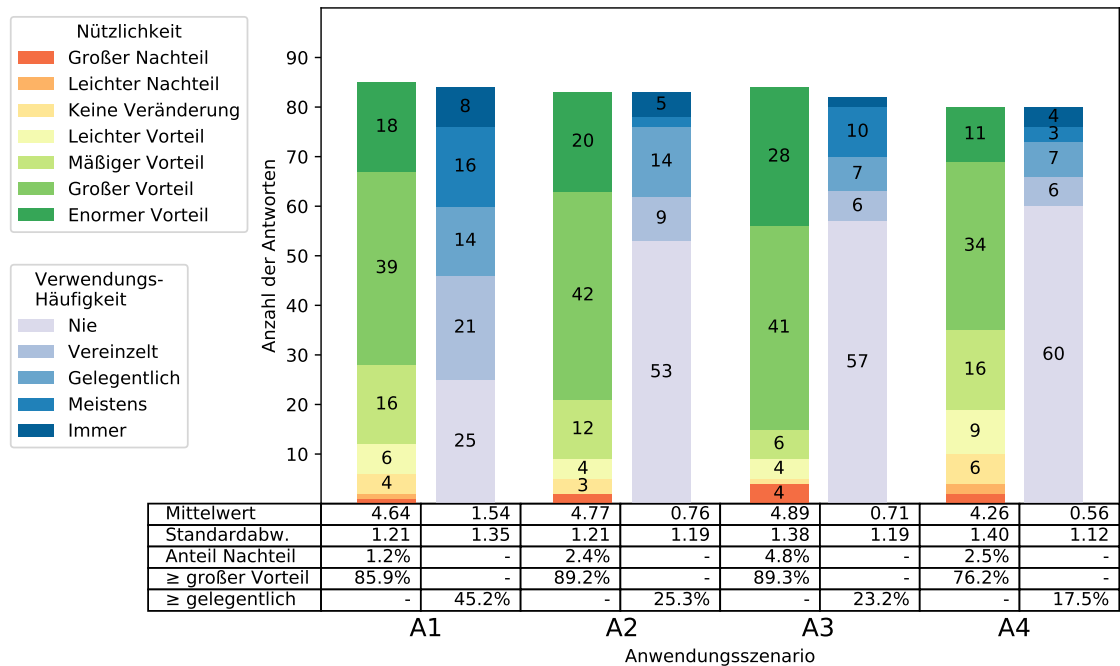


Abbildung 5.11: Nützlichkeit und Verwendungshäufigkeit der Visualisierungs-Szenarien

## Synchronisierung

30% der Teilnehmenden geben an, zumindest vereinzelt Aufgaben aus einem Terminplan in die Aufgabenverwaltung importieren zu können. Das sind etwa halb so viele wie angeben, mit tabellarischen Wochenplänen zu arbeiten. Im Umkehrschluss bedeutet das, dass für die andere Hälfte jemand diese Aufgaben für die Wochenpläne manuell einträgt. Da davon ausgegangen werden kann, dass für jedes Projekt eine Form von Terminplan existiert, bedeutet dies zwangsläufig vermeidbare Mehrarbeit.

Die bidirektionale Verknüpfung zwischen Aufgabenverwaltung und Terminplan sowie zwischen Aufgaben und BIM-Elementen werden von jeweils weniger als 20% der Teilnehmenden genutzt, jedoch von über 70% als deutlich vorteilhaft eingeschätzt. Hier besteht also Entwicklungsbedarf.

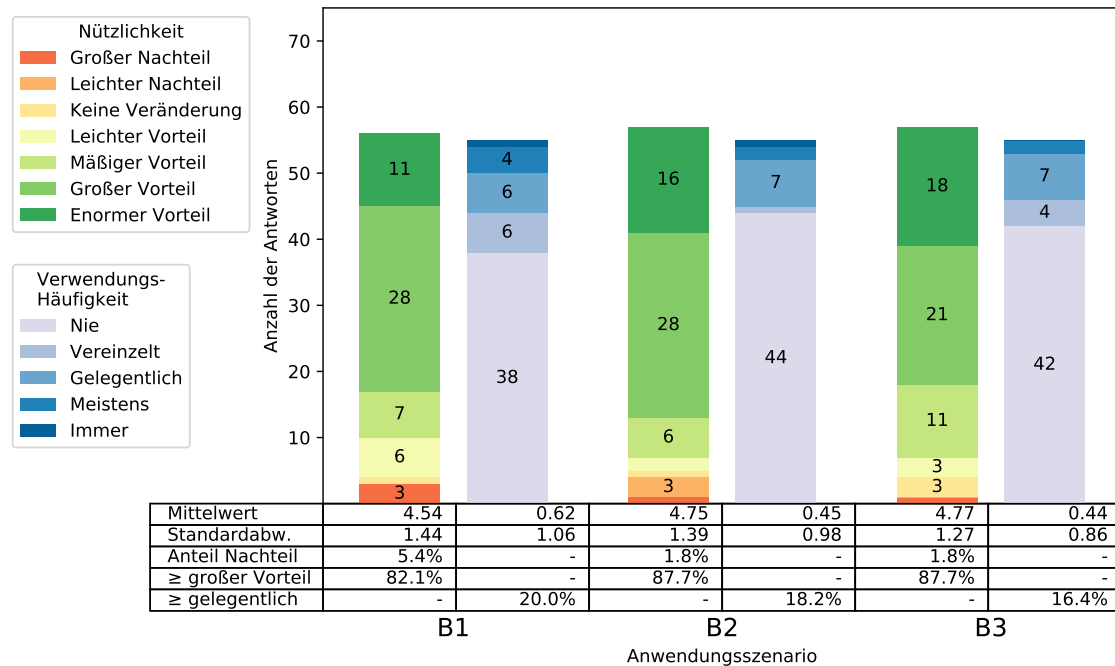


Abbildung 5.12: Nützlichkeit und Verwendungshäufigkeit der Synchronisierungs-Szenarien

## Aufgabenverwaltung

Wie in Kapitel 4 erkennbar ist, stellt die Verwaltung von Aufgaben und Tätigkeiten das Kernfeature der betrachteten Programme dar. Sie ist ein Hauptzweck der Steuerungsphasen des LPS und der Taktsteuerung. Dementsprechend haben die Szenarien in dieser Kategorie den höchsten Verbreitungsgrad, mit 25 bis 55% der Teilnehmenden, die mindestens vereinzelt damit arbeiten.

Die Ausnahme bildet das Szenario der räumliche Darstellung von Aufgaben in der Gebäudegeometrie (C6) – dieses ist bisher nicht über experimentelle Prototypen hinaus implementiert worden.

Die statistische Auswertung und Berichterstattung (C5) wird von allen Szenarien als mit am wenigsten nützlich eingeschätzt. Gleichzeitig wird ihr in den Onlinepräsentationen mehrerer Programme überproportional viel Beachtung eingeräumt. [6] Wie es zu dieser Diskrepanz kommt, kann anhand der vorliegenden Informationen nicht beurteilt werden.

Insgesamt wird die Nützlichkeit der Aufgabenverwaltung (C) geringer eingeschätzt als die der Synchronisierung zwischen Aufgabenverwaltung und Terminplan (B) – dabei ist die letztere eine Zuarbeit für erstere. Dies lässt sich dadurch erklären, dass für die Arbeit mit der Aufga-

benverwaltung umfangreiche Vorarbeit nötig ist (nämlich das Anlegen der Tätigkeiten), welche durch die Synchronisierung reduziert werden kann oder entfällt. Möglicherweise stammen die weniger positiven Bewertungen von jenen Nutzer\*innen, die darauf nicht zugreifen können. Sie sehen die notwendige Vorarbeit als Teil der Aufgabenverwaltung an – wodurch das Kosten-Nutzen-Verhältnis aus ihrer Sicht ungünstiger ausfällt. Eine andere mögliche Erklärung ist, dass gerade durch die weitere Verbreitung bereits Ernüchterung über das vermeintliche Potential der Anwendungen eingetreten ist.

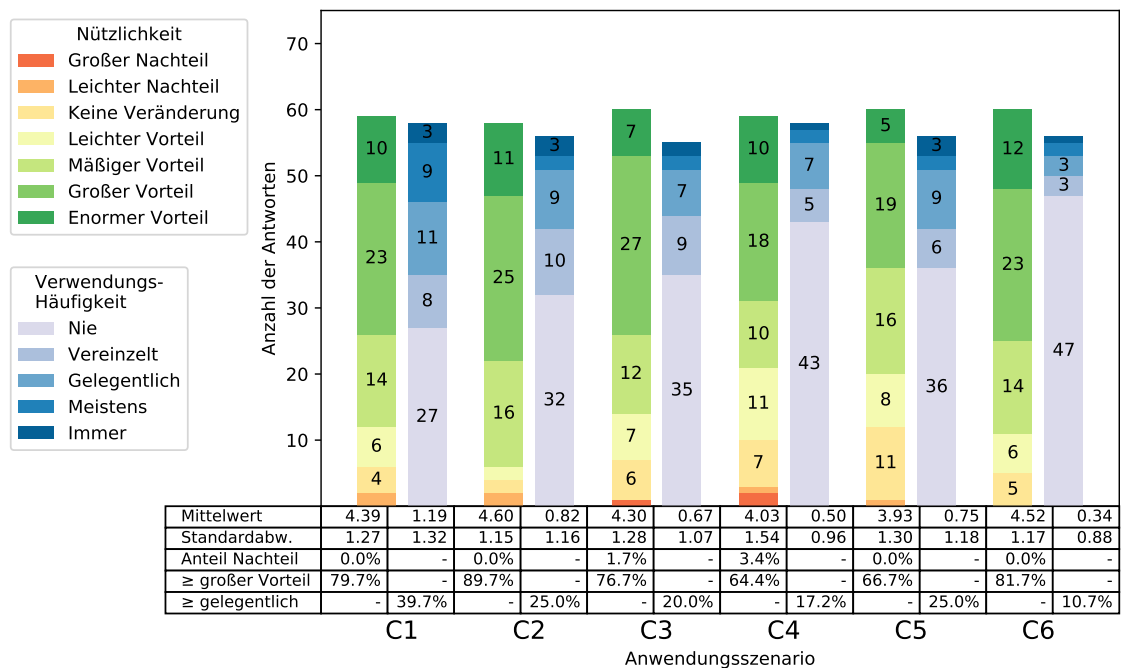


Abbildung 5.13: Nützlichkeits- und Verwendungshäufigkeit der Aufgabenverwaltungs-Szenarien

### Vorleistungsverwaltung

Die zentrale Verwaltung fehlender Vorleistungen wird mit unter 20% der Teilnehmenden nur selten genutzt und mit 35% von einem vergleichsweise geringen Anteil für besonders vorteilhaft gehalten. Möglicherweise war die Beschreibung der Szenarios nicht hinreichend verständlich. Eventuell ist tatsächlich der Bedarf daran nicht so hoch.

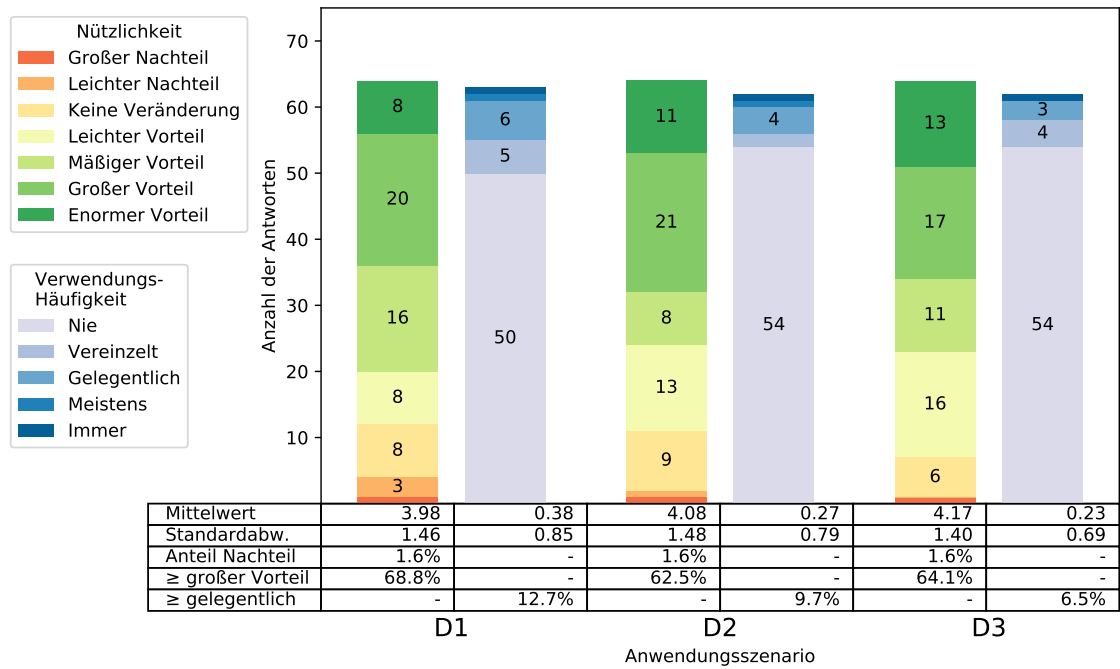


Abbildung 5.14: Nützlichkeit und Verwendungshäufigkeit der Vorleistungsverwaltungs-Szenarien

### Arbeitsräume

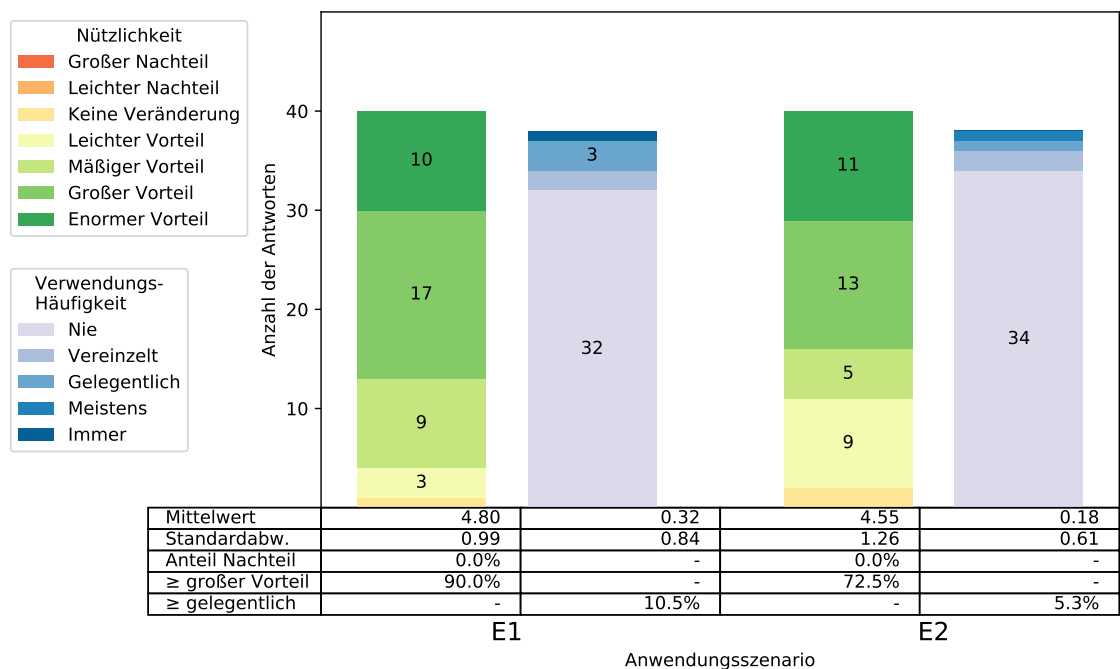


Abbildung 5.15: Nützlichkeit und Verwendungshäufigkeit der Arbeitsraum-Szenarien

60% der Teilnehmenden würden in der digitalen Abbildung von Arbeitsräumen einen großen Vorteil sehen. Gleichzeitig geben nur 10% an, mit solchen Hilfsmitteln zu arbeiten. Die Verbreitung ist also bisher deutlich mangelhaft, obwohl ein signifikanter Bedarf daran besteht. Zugleich wäre damit ein erhöhter Planungsaufwand verbunden. Bemerkenswerterweise sind diese beiden Szenarien die einzigen, welche keine der Teilnehmenden für nachteilig halten.

### Planungskoordination

In der modellbasierten Planungskoordination sehen 40% der Teilnehmenden einen großen Vorteil – ein vergleichsweise geringer Wert. Auch wird sie nur von 10% eingesetzt. Dieses Szenario fällt in den Aufgabenbereich dezidierter Planungskoordinatoren, die für diese Aufgabe bereits spezialisierte Tools verwenden.

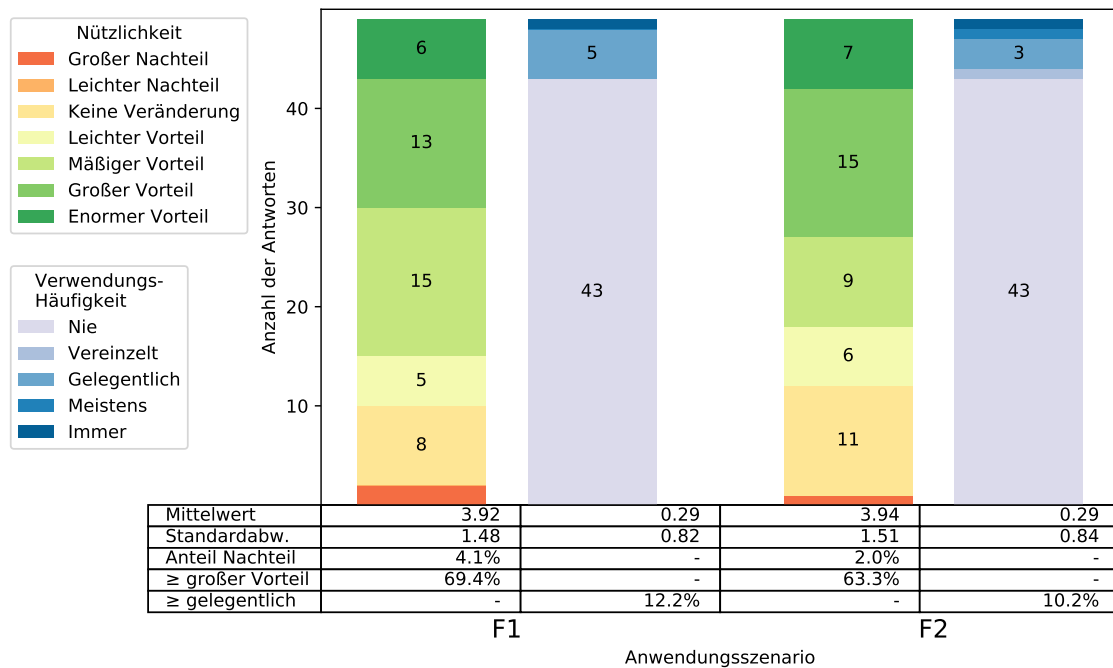


Abbildung 5.16: Nützlichkeit und Verwendungshäufigkeit der Planungskoordinations-Szenarien

### 5.3.2 Unterschiede nach Position

Im Folgenden werden die Daten aller Teilnehmenden gefiltert nach Berufsgruppen betrachtet. Die Ergebnisse werden jenen der Gesamtmenge gegenübergestellt und Abweichungen zu dieser (dargestellt in Abb. 5.5; Erklärung zur Codierung siehe dort) induktiv hinsichtlich möglicher Ursachen analysiert.

In den Diagrammen in diesem Abschnitt (Abb. 5.17 bis 5.27) stellen die Markierungen in schwarz die Quartile und den Mittelwert für die jeweilige Gruppe dar. Die Bewertungen der Gesamtstichprobe als Referenz ist jeweils mit grauen Balken gezeigt. Zusätzlich sind Mittelwert, Standardabweichung für die betrachtete Gruppe sowie die Abweichung der Mittelwerte zum Bezugswert der Gesamtteilnehmermenge dargestellt. Szenarien, für die keine Daten gezeigt sind, wurden der Gruppe nicht präsentiert.

In diesem Abschnitt ist an vielen Stellen von über- oder unterdurchschnittlichen Bewertungen die Rede – dies bezieht sich nicht auf Abweichungen zu den anderen Szenarien bezogen auf die Gruppe, sondern auf Abweichungen von den gemittelten Bewertungen der Gesamtmenge.

#### Bauausführung (GU)

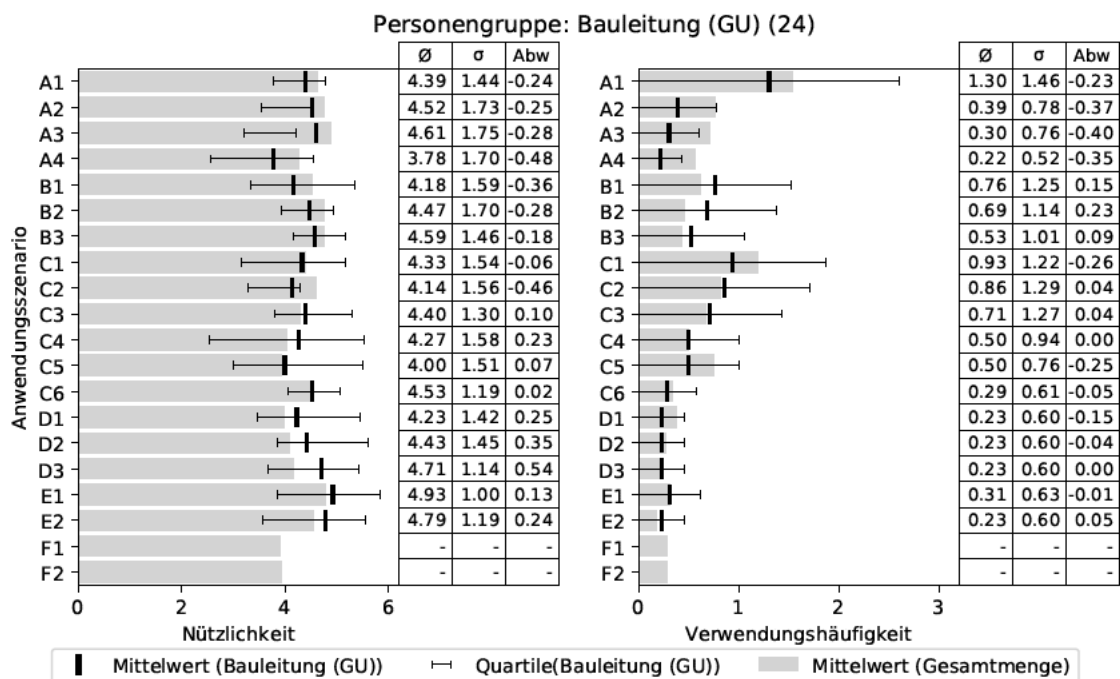


Abbildung 5.17: Bewertung der Gruppe Bauausführung (GU)



Bei Teilnehmenden aus der Bauausführung (Bauleiter, Poliere, Vorarbeiter) auf Generalunternehmerseite schneiden die Visualisierungs-Themen (A) unterdurchschnittlich ab. Dies ist potentiell darauf zurückzuführen, dass sie ihre Baustellen, auf denen Sie in der Regel fest zugeteilt sind, auch ohne Visualisierung sehr gut kennen. Die Erstellung von Arbeitslisten und Personalbedarf (C2) beurteilen sie ebenso als weniger nützlich, mutmaßlich da die Personaleinsatzplanung der einzelnen Subunternehmer nicht in ihr Aufgabengebiet fällt. Die Vorleistungsverwaltung (D) wird hier deutlich positiver als im Mittel eingeschätzt, da Angehörige dieser Gruppe regelmäßig die Verantwortung für den planmäßigen Ablauf des Baus übernehmen und viel damit beschäftigt sind, Nachunternehmer zur Arbeit anzuhalten.

### Bauausführung (NU)

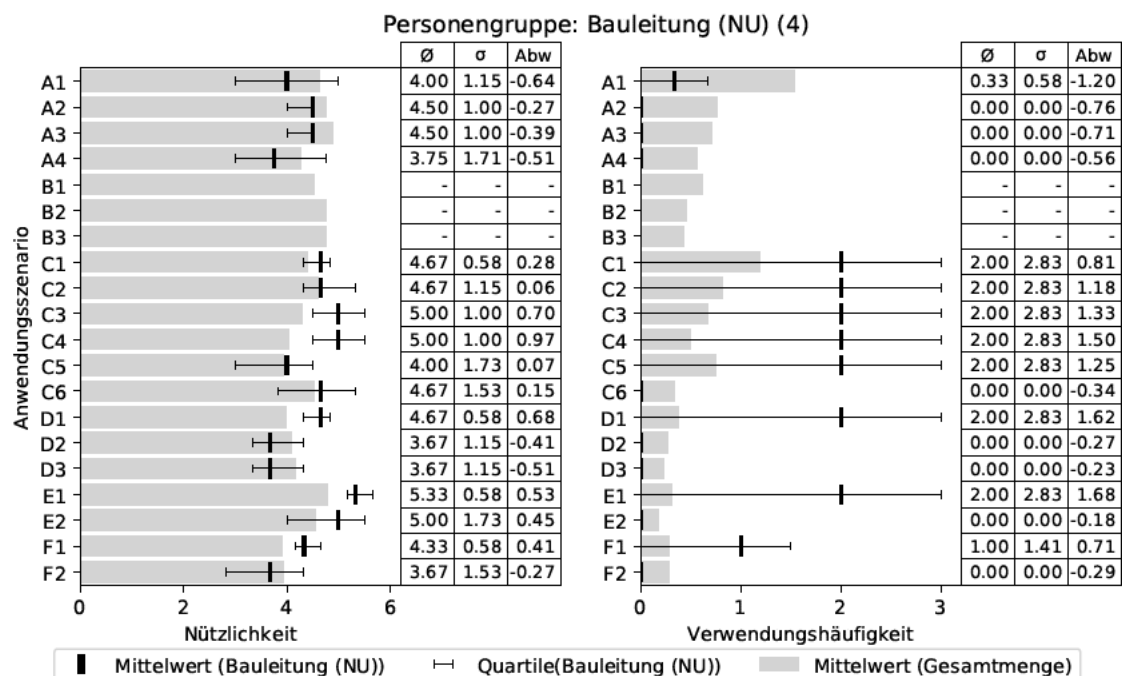


Abbildung 5.18: Bewertung der Gruppe Bauausführung (NU)

Aufgrund der geringen Stichprobengröße können für die Mitarbeitenden der Fachgewerke keine repräsentativen Aussagen getroffen werden. Die hohe Bewertung der Verbreitung ist ein Auswahlfehler: Nur solche Nachunternehmer, die an Züblin-Projekten mit Lean-Einsatz mitwirken, wurden von der Umfrage überhaupt erreicht.

Trotzdem ist erkennbar, dass die Möglichkeit zu Aufgaben Anmerkungen, Anhänge hinzuzufügen (C3) sowie Stati (C4) und nötige Vorleistungen (D1) zu melden und die Arbeitsfreiheit zu

prüfen (E) als besonders nützlich erachtet werden – dies entspricht den wesentlichen Inhalten, über die sich Fachgewerke mit den übrigen Projektbeteiligten austauschen.

## Projektmanagement

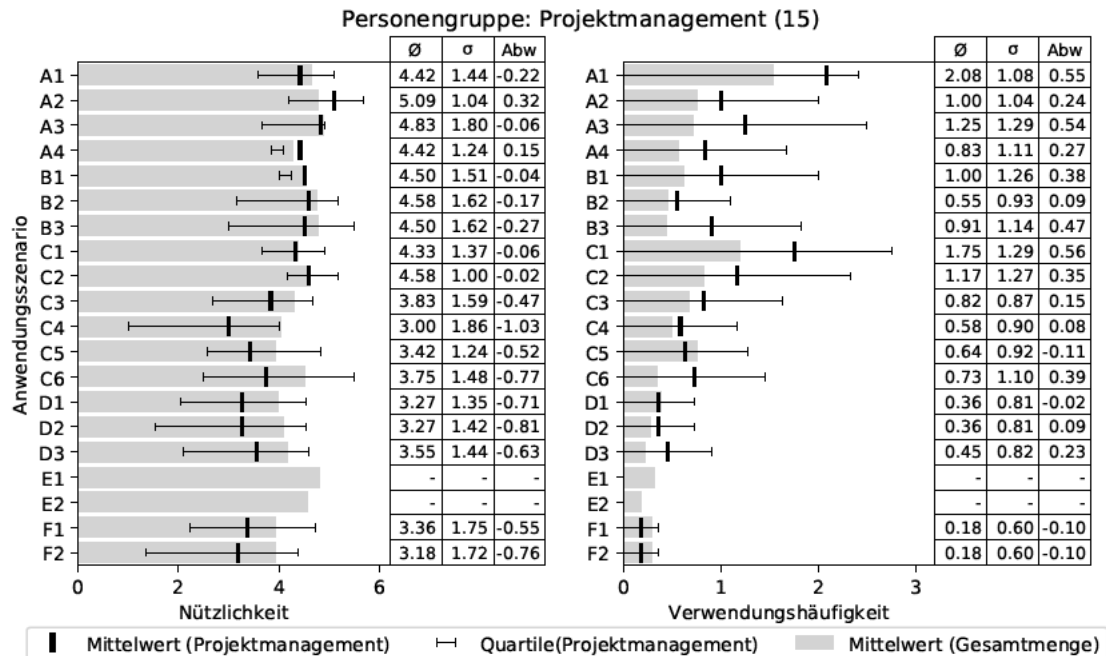


Abbildung 5.19: Bewertung der Gruppe Projektmanagement

Bei Betrachtung der Mitarbeiter\*innen aus der Projektleitung und der Oberbauleitung fällt eine für fast alle Szenarien im Mittel deutlich überdurchschnittliche Bewertung der Verwendungshäufigkeit ins Auge. Möglicherweise fehlt diesen ein realistischer Blick auf ihre eigenen Projekte.

Zudem schätzen sie einen Teil der Aufgabenverteilung (C3-C6) sowie die Vorleistungsverwaltung (D) verglichen mit den übrigen Teilnehmenden als deutlich weniger nützlich ein. Dabei handelt es sich klassische Bauleitungstätigkeiten, die nicht in deren Aufgabenbereich fallen. Hier besteht also eine deutliche Diskrepanz hinsichtlich des wahrgenommenen Nutzens zwischen den tatsächlichen Anwendenden und denjenigen, die letztendlich über den Einsatz eventueller Programme entscheiden.

Ergo bietet es sich zur weiteren Etablierung digitaler Tools für Lean Construction an, besonderes Augenmerk auf den verbesserten Austausch zwischen diesen Gruppen zu legen. Die

Arbeit mit BIM und Lean Construction sollte nicht als zusätzlicher Kostenfaktor für Projekte begriffen werden, insbesondere durch diejenigen mit finanzieller Verantwortung dafür.

Entsprechendes gilt für die Planungskoordination (F), die im üblichen Aufbau von Projektstrukturen Aufgabe einer dezidierten Planungskoordination ist.

## Planung

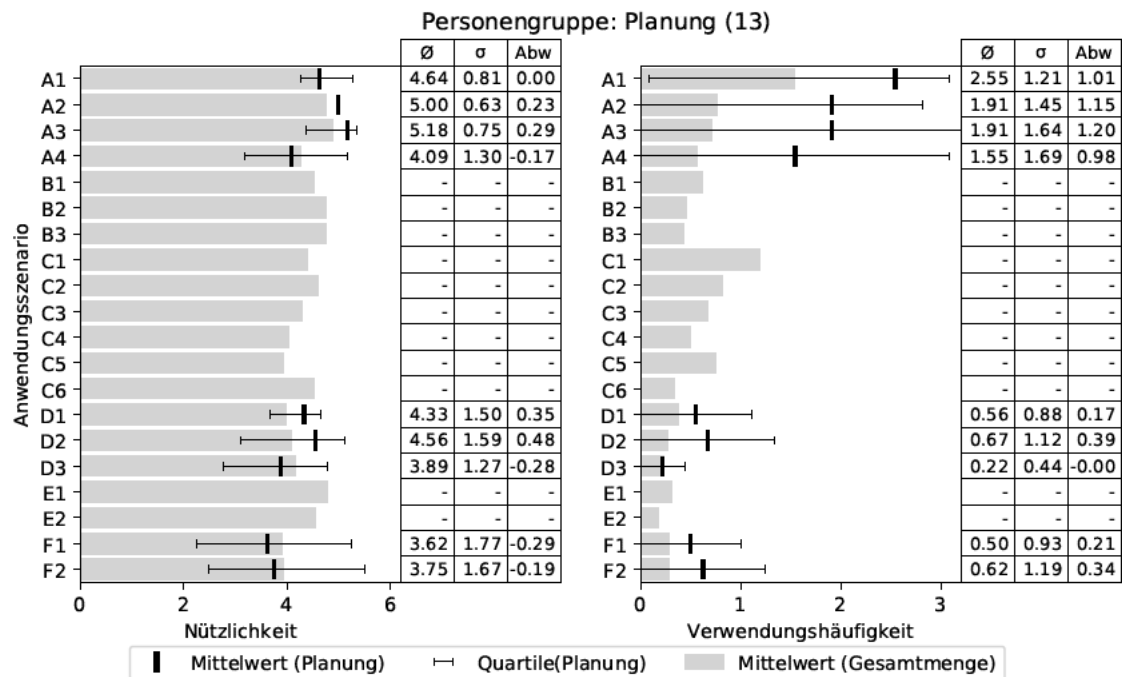


Abbildung 5.20: Bewertung der Gruppe Planung

Erwartungsgemäß ist unter den Planenden der Einsatz von Visualisierungswerkzeugen (A) bereits stark verbreitet – mehr als unter den übrigen Teilnehmenden. Problematisch daran ist – wie schon in [Abschnitt 5.3.1](#) erwähnt – dass die offenbar bestehenden Modelle nicht in der gewünschten Qualität den weiteren Projektbeteiligten zugänglich gemacht werden.

Weiterhin schätzen Planende die Vorleistungsverwaltung (D) nützlicher ein als andere Beteiligte. Im Zuge der baubegleitenden Planung passiert es in der Baupraxis häufig, dass für die Ausführung dringend benötigte Unterlagen nicht rechtzeitig erstellt werden. [64] Dies ist teilweise durch Überlastung der Planungsbüros oder zu enge Terminpläne, die Feiertage und Ferien nicht berücksichtigen, bedingt, in Teilen jedoch auch durch mangelnde Kommunikation zwischen Ausführung und Planung. Dem könnte durch die beschriebenen Szenarien Abhilfe geschaffen werden.

## Bauherrenschaft

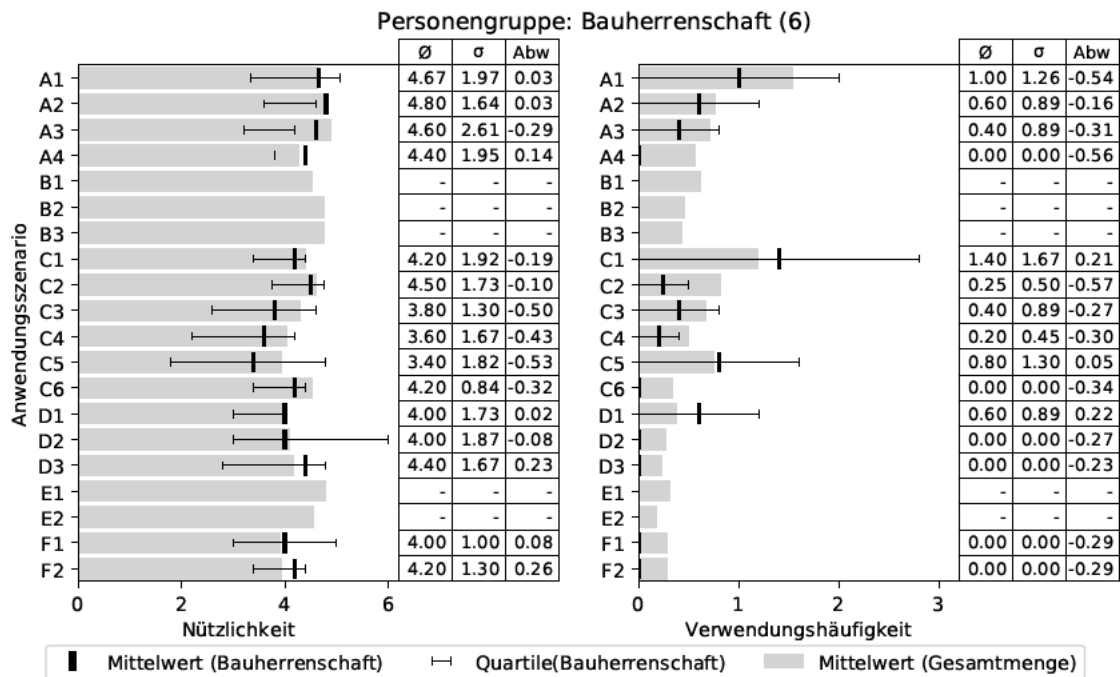


Abbildung 5.21: Bewertung der Gruppe Bauherrenschaft

Für alle Szenarien außer der Berichterstattung (C5) gilt, dass die Bauherrenschaft als nicht direkt am Bau beteiligte erwartungsgemäß merklich seltener damit arbeitet als andere. Es fällt jedoch auf, dass die Nützlichkeit der Aufgabenverwaltung (C3-C6) als unterdurchschnittlich nützlich eingeschätzt wird. Mutmaßlich sind sich viele Bauherrenvertreter\*innen nicht über die Komplexität dieser Aufgabe im Klaren. Eine signifikante Ausnahme sind in der Praxis solche Auftraggeber, die in ihren eigenen Betriebsprozessen Lean-Methoden einsetzen (z. B. Automobilhersteller).

Wie für die Teilnehmenden der Fachgewerke gilt auch hier, dass die Werte durch die geringen Stichprobengröße nicht verlässlich sind.

## Lean-Berater

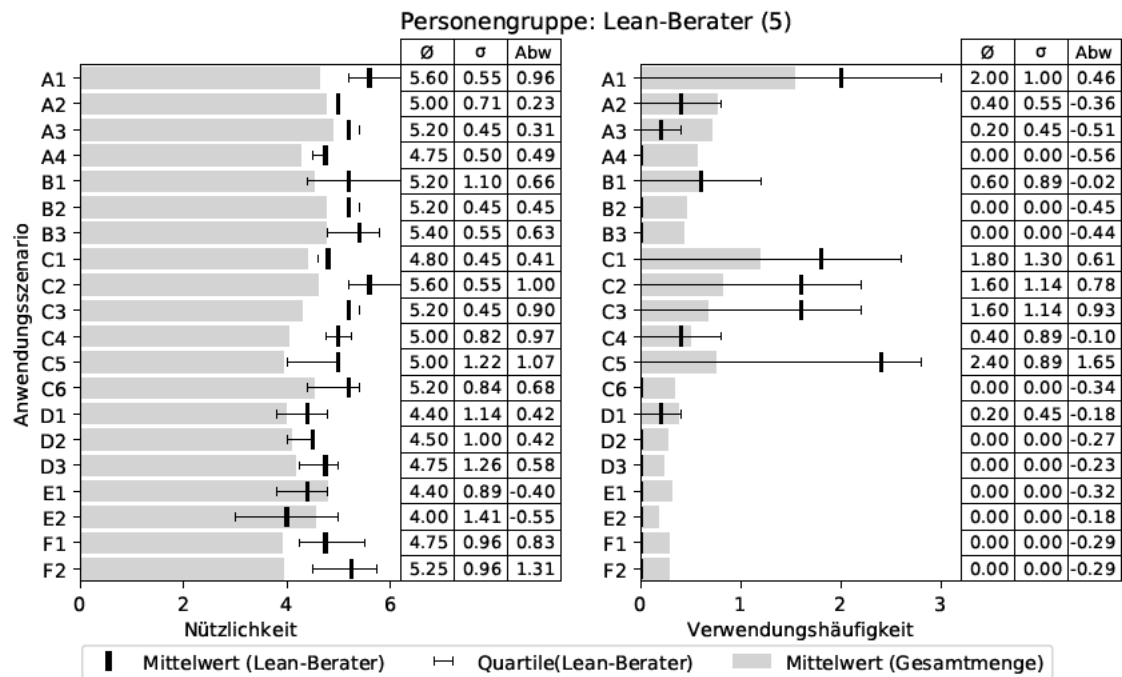


Abbildung 5.22: Bewertung der Gruppe Lean-Berater

Unter den Lean-Beratern wird die Nützlichkeit fast aller beschriebenen Szenarien signifikant höher eingeschätzt als unter den übrigen Berufsgruppen. Das liegt in der Natur der Sache, da deren primäre Aufgabe es ist, andere im Einsatz von Lean Methoden zu unterweisen und zu motivieren. Dafür müssen sie grundsätzlich eine diesbezüglich optimistischere Erwartungshaltung vertreten. Zudem werden nur Menschen, die diese von sich aus zeigen, überhaupt diesen Beruf wahrnehmen wollen.

Mit Ausnahme von Statusmeldungen (C4) und der noch nicht praxistauglich existierenden räumlichen Darstellung von Aufgaben (C6) melden Lean-Berater einen stark überdurchschnittlich häufigen Einsatz der Aufgabenverwaltung. Da zu ihrer Aufgabe insbesondere die Moderation wöchentlicher Steuerungsbesprechungen zählt, sind sie für diese vermutlich besonders sensitiviert. Die Ausnahme Statusmeldungen lässt sich dadurch erklären, dass diese nur im Last Planner System, nicht jedoch in der reinen Taktplanung und Taktsteuerung zum Einsatz kommen.

## Andere

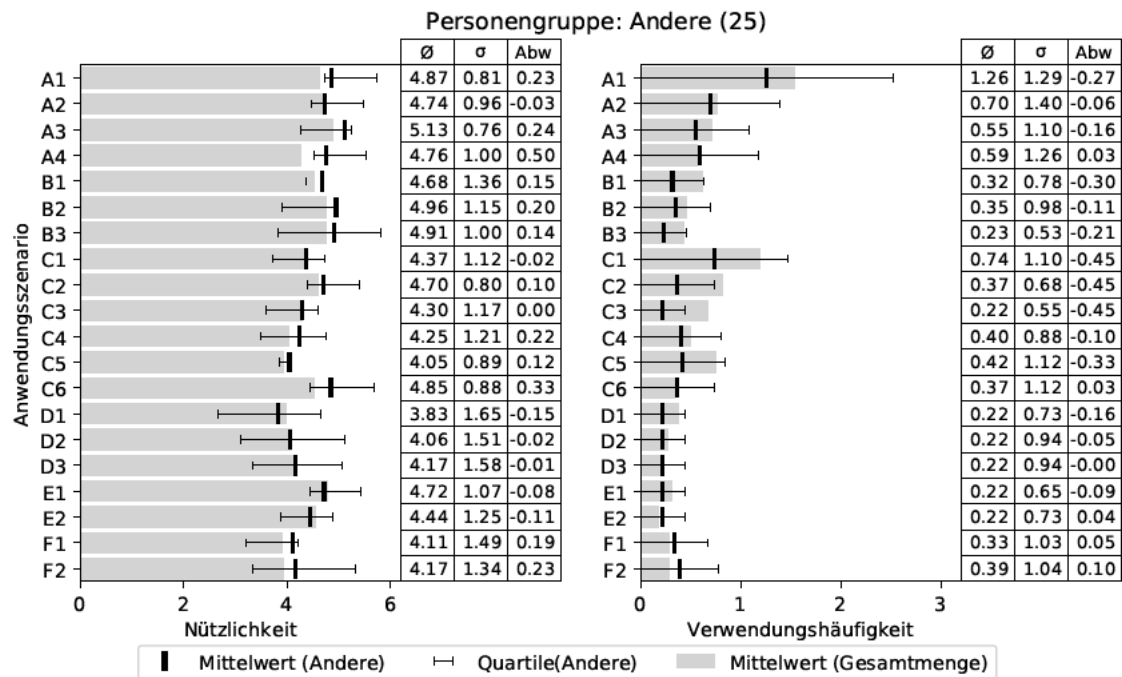


Abbildung 5.23: Bewertung der Gruppe Andere

Die Gruppe derjenigen, die ihre Tätigkeit selbst spezifiziert haben, besteht wie in [Abschnitt 5.2.1](#) beschreiben zu einem großen Teil aus Vertreter\*innen des Innendienstes wie Einkauf und Kalkulation. Da diese im Alltag noch wenig mit Lean Methoden zu tun haben, sind in der Beurteilung der Nützlichkeit keine besonders signifikanten Differenzen zur Gesamtstichprobe zu erkennen. Lediglich die Übersichtsgraphik (A4) und die räumliche Darstellung der Aufgaben (C6) wird für besonders nützlich gehalten. Dies lässt sich darauf zurückführen, dass die Mehrheit dieser Gruppe mit jedem einzelnen Projekt nur vergleichsweise wenig Kontakt hat und auf Übersichten daher erhöhten Wert legt.

Gleichzeitig ist die Verwendungshäufigkeit aller Szenarien in dieser Gruppe geringer als im Mittel. Die Praxis zeigt, dass gerade diese Abteilungen mit den spezialisierten Tools vertraut gemacht werden sollten, da sie Lizenzkosten u. ä. dafür in der Beschaffung und Angebotskalkulation berücksichtigen müssen.

### 5.3.3 Unterschiede nach Erfahrungsgrad

Zusätzlich zur Unterteilung nach Positionen und Berufsgruppen werden hier die Besonderheiten der Kohorten nach Erfahrungsgrad mit Lean Construction analysiert. **Abbildung 5.2** zeigt die Zusammenhänge zwischen beiden Unterteilungen.

#### Keine Erfahrung

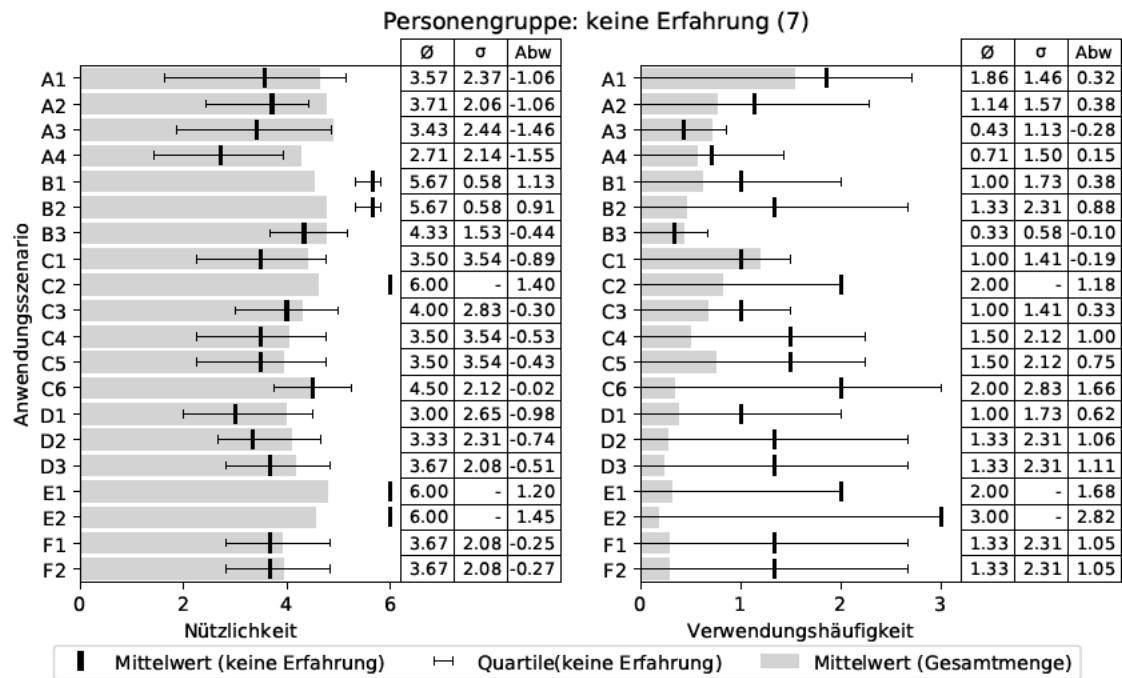


Abbildung 5.24: Bewertungen der Nutzer ohne Erfahrung

Die Einschätzungen der Teilnehmenden ohne vorherige Erfahrung weichen in beide Richtungen stark von den Mittelwerten der Gesamtstichprobe ab. Gleichzeitig ist die Stichprobengröße gering. Bis auf einzelne Szenarien – die Synchronisierung mit dem Terminplan (B1-B2), der automatischen Erzeugung von Arbeitslisten (C2) und der Überprüfung von Arbeitsräumen (E) – wird die Nützlichkeit jedoch deutlich negativer als im Mittel eingeschätzt. Nutzer\*innen ohne Kenntnis der Lean-Methoden können naturgemäß weniger gut beurteilen, in welchem Maße diese durch digitale Methoden erleichtert würden.

Zugleich werden für die Verwendungshäufigkeit auffällig hohe Werte angegeben. Diese Mittelwerte basieren jedoch auf einer im Vergleich zur bereits geringen Größe dieser Kohorte nochmals geringeren Teilnehmerzahl, sodass diese Werte nicht zu beachten sind.

## Nur theoretische Kenntnis

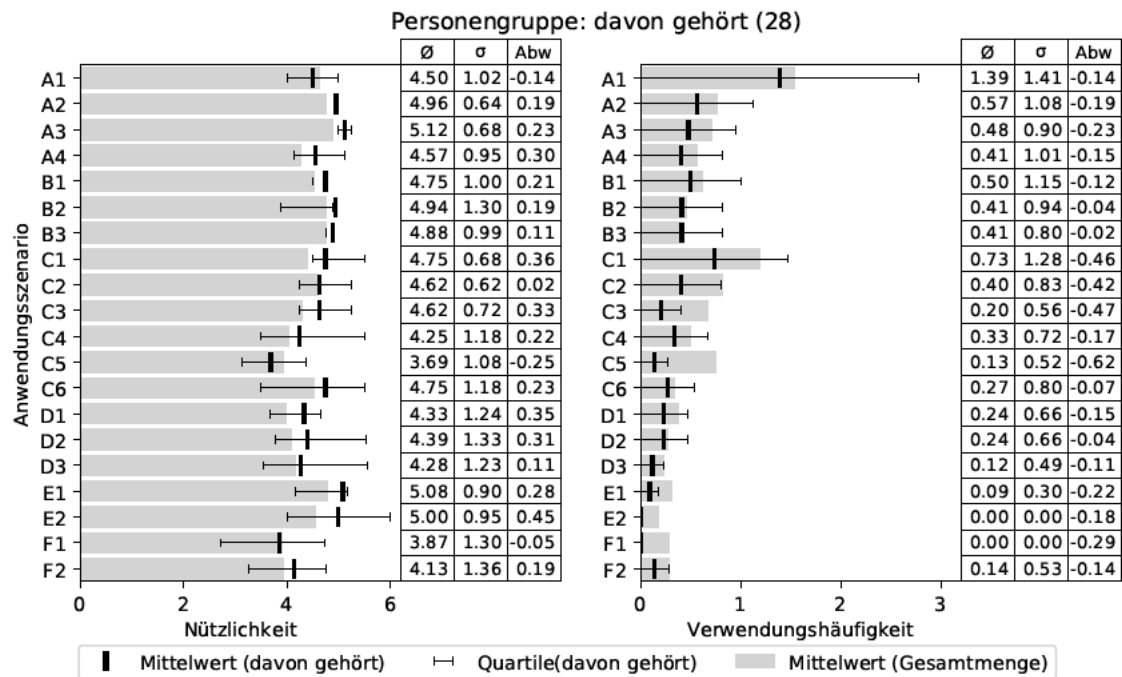


Abbildung 5.25: Bewertungen der Nutzer mit nur theoretischen Kenntnissen

Diejenigen Teilnehmenden, die nur theoretische Kenntnisse über Lean Methoden melden, berichten auch erwartungsgemäß eine unterdurchschnittliche Verwendungshäufigkeit – jedoch nicht keine. Offenbar werden die Szenarien in Teilen umgesetzt, ohne von dieser Kohorte als Lean Methoden angesehen zu werden.

Die Einschätzung der Nützlichkeit hingegen ist für diese Untergruppe durchgehend überdurchschnittlich. Dies lässt sich möglicherweise darauf zurückführen, dass die theoretischen Kenntnisse, welche diese Befragten berichten, häufig durch Spezialisten für Lean Methoden vermittelt werden, die ihre eigene, naturgemäß positive Sicht darauf weiter geben.



## Vereinzelte Erfahrung

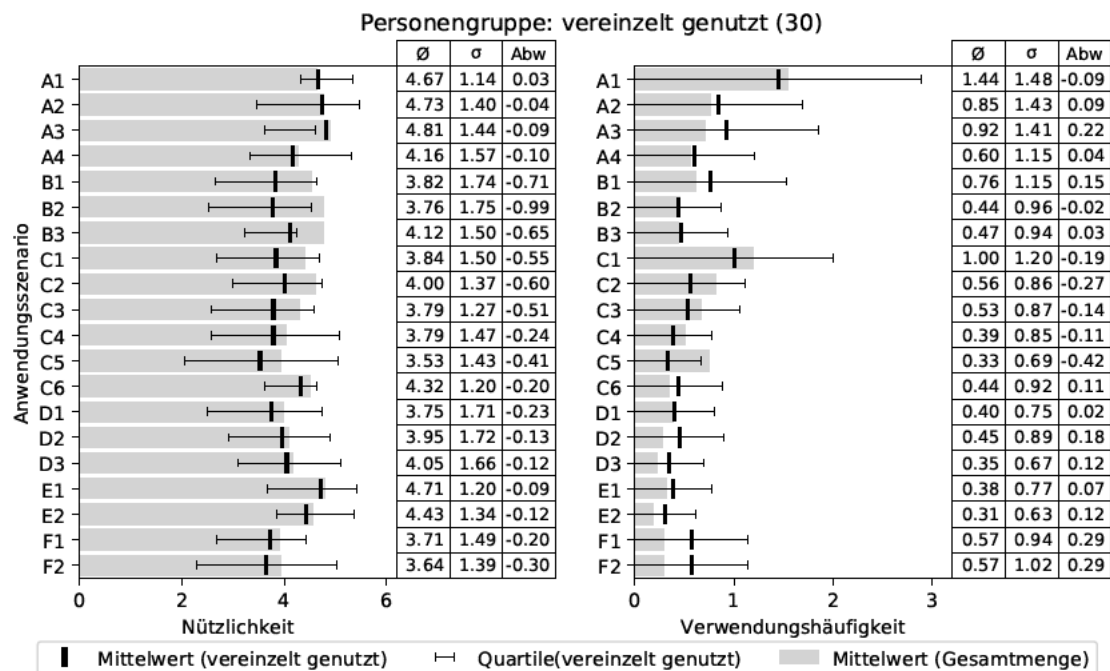


Abbildung 5.26: Bewertungen der Nutzer mit vereinzelter Erfahrung

Unter den Teilnehmenden mit vereinzelter Erfahrung wird die Nützlichkeitsbewertung der Kategorien Synchronisierung und Aufgabenverwaltung (B, C) durchweg unterdurchschnittlich eingeschätzt. Diese Kohorte besteht wahrscheinlich überwiegend aus Personen, die an einzelnen Pullplanungs-Workshops teilgenommen haben. Das sind aber gerade die Personen – Planende, Bauherrenvertretung, Projektleitung, etc. – die später in der alltäglichen Arbeit mit genau diesen Szenarien in der Anwendung am wenigsten Kontakt haben.

Eine weitere mögliche Erklärung für diese Tendenz ist, dass die fraglichen Anwender\*innen erste Erfahrungen mit Lean Methoden gesammelt haben und von Problemen (insbesondere Anlaufschwierigkeiten) ernüchtert wurden – weswegen es womöglich auch nur bei einzelnen Erfahrungen blieb. Die Praxis zeigt, dass eine daraus folgende Ablehnungshaltung oft nur schwer zu überwinden ist.

## Durchgehende Nutzung

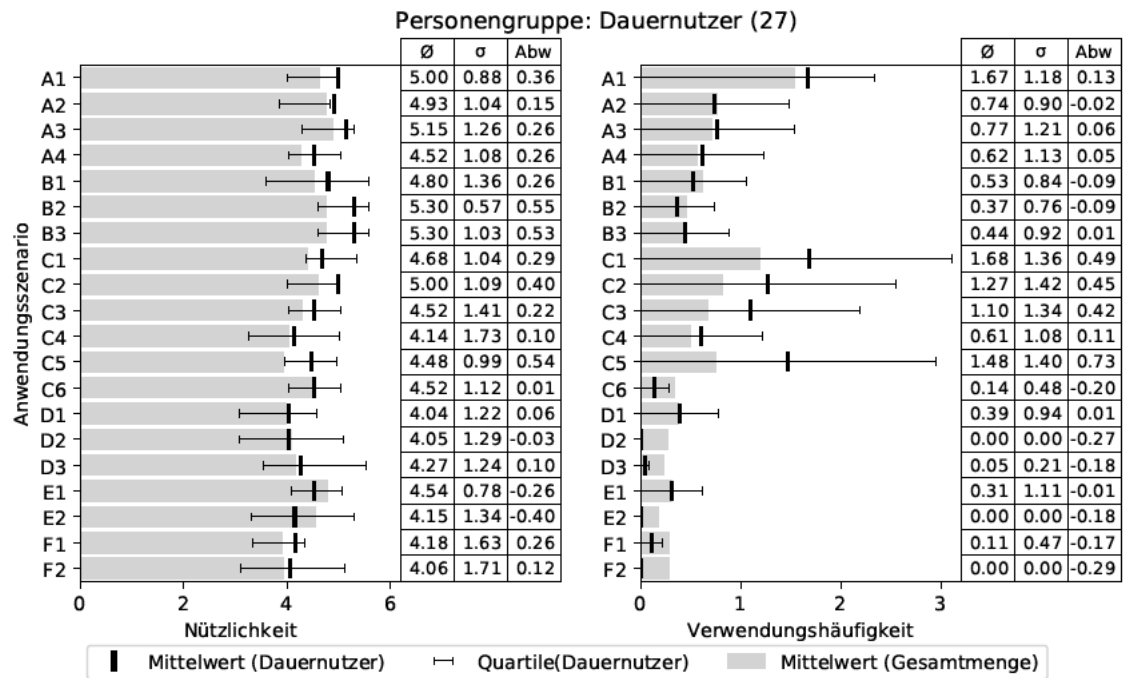


Abbildung 5.27: Bewertungen der dauerhaften Nutzer

Als Gegenpart zu den Teilnehmenden mit einzelnen Erfahrungen kehren die Dauernutzer\*innen von Lean Methoden die dortigen Trends um: Die Mehrzahl der Szenarien wird von diesen überdurchschnittlich als nützlich betrachtet. Die Vermutung liegt nahe, dass diese Befragten bereits Gelegenheit hatten, sich mit den Methoden vertraut zu machen und Zweifel an der Sinnhaftigkeit von Lean Methoden an sich auszuräumen.

Die Kategorie Aufgabenverwaltung (C) ist die einzige, für welche diese Nutzer regelmäßig digitale Tools nutzen – dies entspricht der Beobachtung aus [Kapitel 4](#), dass nur diese von den meisten verfügbaren Programmen abgedeckt wird. In dieser Kategorie können die Nutzer\*innen dementsprechend differenzierte Antworten abgeben: Insbesondere die Erzeugung von Arbeitslisten und Berichten (C2, C5) wird von dieser Kohorte besonders geschätzt. Aber auch die Verknüpfung von Aufgaben mit Terminplänen und BIM-Modellen (B2-B3) werden von diesen Befragten für besonders nützlich erachtet, jedoch nicht signifikant häufiger eingesetzt.

## 5.4 Fazit

In der Gesamtbetrachtung ist zu erkennen, dass jedes der zwanzig definierten Szenarien von den Teilnehmenden überwiegend als positiv eingeschätzt wird:

- 40% bis 80% sehen darin einen großen oder enormen Vorteil für ihre Arbeitsweise.
- zwischen 75% und 95% erkennen zumindest einen leichten Vorteil.
- nie mehr als 10% erwarten sich von einem Szenario einen Nachteil.

Diese Beurteilung steht scheinbar den Ergebnissen bisheriger Forschung, nach der die Hinfälligkeit konventioneller Methoden der meistgenannte Grund für die Nicht-Einführung von BIM im Unternehmen ist [14, 55], entgegen. Die Vermutung liegt nahe, dass die positive Bewertung der Anwendungsszenarien durch die konkrete Beschreibung derselben bedingt ist. Allerdings ist die Bewertung eines Szenarios als großer Vorteil auch nicht mit der Einschätzung als Notwendigkeit gleich zu stellen.

Gleichzeitig werden bis auf zwei Ausnahmen (statische 3D-Abbildungen und Wochenpläne) die Szenarien nur von 25% der Befragten mehr als nur vereinzelt angewandt. Es besteht also – zumindest aus Sicht der Teilnehmenden – ein erhebliches Missverhältnis zwischen Bedarf und Realität. Worin dieses Missverhältnis begründet ist, lässt sich mit Blick auf die Hindernisse für die verstärkte Arbeit mit digitalen Methoden abschätzen (siehe [Abb. 5.9](#)).

Als wesentlichstes Problem wird die fehlende Technologie angesehen. Dies passt zu den Ergebnissen in [Kapitel 4](#), gemäß derer mit Ausnahme der Aufgabenverwaltung die Szenarien nur vereinzelt implementiert werden. Gleichwohl ist die Marktpenetration dieser Programme noch vergleichsweise gering. Diejenigen, die sie bereits nutzen, halten sie teils für unausgereift und nicht stabil genug oder vermissen einheitliche Systeme. Das betrifft insbesondere Nachunternehmer, die lieber nur ihre Leistung erbringen als sich mit Koordination und Steuerung zu befassen – geschweige denn mit Computerprogrammen. Es muss stets möglichst schnell eine sichtbare Arbeitserleichterung gegeben sein, um die Nutzung mit der gebotenen Motivation sicher zu stellen.

Dazu kommen scheinbar Einschränkungen organisatorischer Natur von „oben“ wie von „unten“. Das betrifft zum einen die Unwilligkeit von Partnerfirmen, insbesondere Subunternehmern, diese Hilfsmittel zu verstehen und anzuwenden – weil sie teilweise selbst in ihrem beschränkten Leistungsumfang keinen direkten Nutzen daraus ziehen, aber auch mangels ausgereifter und zugänglicher Technologie. Zum anderen sind Vorgesetzte und Auftraggeber von

deren Nutzen oft nicht überzeugt oder zu überzeugen, sodass sie nicht die nötigen Ressourcen (Software, Hardware, Einarbeitungszeit, Budget) zur Verfügung stellen. Das liegt auch darin begründet, dass der Mehrwert bzw. die Ersparnisse an anderer Stelle oder erst später auftreten als der unvermeidliche Mehraufwand. Hier besteht noch deutlicher Aufklärungs- und auch Forschungsbedarf.

Im Detail offenbaren sich weitere entscheidende Erkenntnisse über Probleme bei der weiteren Verbreitung von Software als Hilfsmittel für Lean Construction:

Die Einschätzung des Mehrwerts von digitalen Tools für Lean Construction im Allgemeinen und zur Aufgabenverwaltung im Speziellen fällt bei denjenigen, die über deren Einsatz entscheiden (Bauherrenvertretung, Projektmanagement, Projektleitung) deutlich geringer aus als bei jenen, die diese in der Praxis tatsächlich regelmäßig einsetzen (siehe [Abb. 5.19](#) und [5.21](#)). Gleichzeitig schätzen sie den realen Verbreitungsgrad merklich höher ein. Es liegt also bei den Entscheidern, die Meinungen der Anwender bei der Entscheidung für oder gegen bestimmte Technologien angemessen zu berücksichtigen. In [Abb. 5.9](#) ist zu erkennen, dass 40% der Befragten der Aussage „Meine Vorgesetzten stellen mir die notwendigen Ressourcen nicht zur Verfügung“ zumindest teilweise zustimmen. In dieser Hinsicht besteht also noch deutlicher Verbesserungsbedarf.

Es werden augenscheinlich häufig 3D-Modelle erstellt (siehe [Abb. 5.20](#)), aber nur selten in dynamischer Form auf der Baustelle zur Verfügung gestellt (siehe [Abb. 5.17](#)). Bei Bereitstellung der nötigen Technologie (z. B. Tablets mit Viewer-Software) könnten in vielen Fällen bereits bestehende Modelle ohne viel Mehraufwand auf der Baustelle genutzt werden. Diese Diskrepanz bedeutet zugleich eine Verschwendung von Ressourcen, da das Potential der bestehenden Modelle nicht genutzt wird.

Die Einschätzung der Nützlichkeit von Anwender\*innen, die nur vereinzelt mit Lean Methoden arbeiten liegt im Mittel deutlich geringer als bei jenen, die noch nicht damit gearbeitet haben, aber auch als bei Dauernutzern. Da hier ein signifikanter Effekt vorliegt, ist davon auszugehen, dass sie ihre Erfahrungen auf die vorgeschlagenen Szenarien extrapolieren. Dies legt die Existenz einer Einarbeitungsphase für Lean Methoden im Allgemeinen nahe, in der die Wertschätzung für die entsprechenden Methoden niedriger liegt als danach. Demnach müssten die Anwender in dieser Phase intensiv betreut werden, um den Einstieg verständlich gestalten zu können, bis die Vertrautheit ein Maß erreicht, in dem initiale Skepsis überwunden ist.

# Kapitel 6

## Fazit

### 6.1 Zusammenfassung

Es wurden auf Basis von Literatur und eigener Erfahrungen zahlreiche konkrete Anwendungsszenarien für BIM im Kontext von Lean Construction entwickelt, beschrieben und kategorisiert.

Die Untersuchung des Software-Marktes zeigt, dass mehrere Programme bereits die Aufgabenverwaltung im Rahmen der Taktplanung und Taktsteuerung sowie des Last Planner Systems im Wesentlichen digitalisiert abbilden. Das schließt die Darstellung als Wochen- und Vorschauplan sowie (bis auf einzelne Programme) das Erzeugen von gewerkeweisen Arbeitslisten, Notizen und Anhänge zu Aufgaben, Statusmeldungen mit Angabe von Störungsgründen und deren Auswertung ein. Keine der betrachteten Lösungen implementiert alle der genannten Mechanismen, sodass seitens potentieller Anwender zwingend eine Abwägung und Priorisierung dieser gegeneinander erforderlich ist. Die Verknüpfung solcher Aufgaben mit BIM-Elementen ist allerdings bis auf ein (nicht ausgereiftes) Programm noch nirgends möglich; auch dort ist die räumliche Einbettung von Aufgabenbeschreibungen in ein 3D-Modell nicht vorgesehen. Die Verknüpfung von Terminplänen mit den Aufgabenlisten wird nur von einzelnen Programmen implementiert, davon mehrheitlich nur in eine Richtung als Import in die Aufgabenverwaltung. So entstehen meist zwei separate Datenbanken: je eine für den Terminplan und für das Steuerungstool.

Aus der Online-Anwenderbefragung mit 113 Teilnehmenden geht hervor, dass die große Mehrzahl der Befragten in der Anwendung der untersuchten Szenarien einen großen Vorteil sehen, sie aber in der Praxis nur selten umsetzen. Dies deckt sich mit der Marktunter-

suchung, die zeigt, dass die Programme für Lean-Management diese Szenarien mehrheitlich nicht abdecken, sowie mit den bisherigen Umfragen, die einen geringen Verbreitungsgrad von BIM insgesamt konstatieren. Daneben erweist sich auch Unwille zur Innovation seitens Vorgesetzten und Partnerfirmen, aber auch der Anwendenden selbst als Hindernis. Softwareanwendungen stoßen an ihre Grenzen und sind potentiellen Nutzerinnen und Nutzern nicht hinlänglich bekannt. Hinzu kommt, dass bestehende Gebäudemodelle nicht als solche auf den Baustellen zur Visualisierung genutzt werden.

## 6.2 Limitationen

Die in [Kapitel 3](#) betrachteten Anwendungsszenarien sind nur ein Teil der möglichen Anwendungen für BIM im Kontext von Lean Construction, insbesondere zur Produktionssteuerung.

Weitere Möglichkeiten, wie von Sacks et al. [60] beschreiben, sind noch zu untersuchen. Ebenso stellt die Auflistung verschiedener Programme in [Kapitel 4](#) nur eine Auswahl dar.

Die durchgeführte Umfrage erreichte das limitierte Umfeld eines einzelnen Unternehmens. Die Ergebnisse sind, besonders für einzelne Teilnehmergruppen, nicht als repräsentativ zu betrachten.

## 6.3 Weitere Forschung

Die Nutzung digitaler Tools im Bauen kostet Geld – ob Softwarelizenzen, Arbeitszeit zur Schulung oder Hardware auf der Baustelle. Um diese Ausgaben zu rechtfertigen, müssen weitere quantitative Untersuchungen zu den Ersparnissen durch Einsatz von Lean Construction erfolgen, sowohl im Allgemeinen als auch im Speziellen mit BIM-Unterstützung, um hier einen realen statistischen Zusammenhang zu identifizieren. Solche Forschung müsste sehr breit angelegt sein – entweder firmenübergreifend oder umfassend innerhalb eines Unternehmens, das in Teilen so arbeitet – um alle relevanten Einflussfaktoren kontrollieren zu können.

Neben finanziellen und technologischen Hürden sind auch unternehmerische und psychologische Fragestellungen weiterhin offen: Warum leisten gerade im Bau Beschäftigte Widerstand gegen technische und methodische Innovation? Wie kann dieser Widerstand z. B. durch Training und Führung überwunden werden? Diese Aspekte sollten neben der technologischen Entwicklung ein Schwerpunkt der weiteren Forschung sein.

## 6.4 Ausblick

Die Erzeugung von Vorgängen innerhalb von Taktbereichen lässt sich durch Verwendung von standardisierten Gewerkezügen optimieren. Zwei der betrachteten Lean Tools verfolgen diesen Ansatz. Es besteht weiterhin ein erhebliches Optimierung- und Entwicklungspotential bei der Erzeugung von Taktplänen. Dafür wäre es möglich, Terminpläne (in Verbindung mit Taktplänen) mit einer höheren Genauigkeit und weniger Aufwand als bisher unter Zuhilfenahme eines PSP und einer LBS algorithmisch zu beschreiben statt manuell zu erstellen. Ein Taktplan bestünde dann auf der Ebene der Datengrundlage nicht mehr aus beispielsweise 100 voneinander unabhängigen Aufgaben, sondern aus 10 Taktbereichen, 10 Prozessschritten und einem Satz an Regeln, wie diese miteinander zu verknüpfen sind. Übliche Regelprozesse ließen sich in projektübergreifenden Standarddatenbanken speichern und referenzieren.

Ergänzend dazu bietet es sich an, Terminpläne nicht als statische, nicht-geometrische Plandokumente zu begreifen, sondern als Projektion der Zeitdimension eines mehrdimensionalen Gebäudemodells, so wie schon heute aus 3D-Modellen Schnitte und Ansichten abgeleitet werden. Zur Umsetzung liegt es nahe, Gebäudemodelle nicht mehr in Form von Dateien, sondern auf Produktmodellservern zu speichern. Verschiedene Programme – 3D-Viewer, Terminplanungsprogramme, Lean-Steuerungs-Tools, etc. – würden dann jeweils bestimmte Aspekte des Produktmodells laden. Die Abgrenzung zwischen Taktplan und Terminplan würde verschwimmen oder verschwinden. Die praxistaugliche Implementierung solcher Systeme erfordert allerdings noch erheblichen Entwicklungsaufwand, insbesondere mit Hinblick auf Standardisierung und Konventionen.

Diese technischen Paradigmenwechsel können nur in Verknüpfung mit einer tiefgreifenden Veränderung der Arbeitsweise in Planung und Steuerung einher gehen: Die hoffentlich zu erreichende Zeitersparnis könnte zur Analyse bestehender Daten genutzt werden. Erstellung und Verwaltung von Terminplänen wären dann als Tätigkeit sehr viel stärker durch Definieren, Programmieren und Analysieren von Plänen geprägt als durch deren reines Erstellen. Wenn diese Umstellung gelingt und in Zukunft ein größerer Bestand an vier- und mehrdimensionalen Gebäudemodellen mit samt ihrer Änderungshistorie vorliegt, wird es denkbar, auf Basis von umfangreichen, einheitlichen Datenbanken eine künstliche Intelligenz zur Erstellung dynamischer Terminpläne – oder zumindest zur Plausibilisierung derselben – auf diese zu trainieren. Dies erfordert eine .

# Literaturverzeichnis

- [1] Mohamed Abdel-Wahab und Bernard Vogl. „Trends of productivity growth in the construction industry across Europe, US and Japan“. In: *Construction Management and Economics* 29.6 (Juni 2011), S. 635–644. DOI: [10.1080/01446193.2011.573568](https://doi.org/10.1080/01446193.2011.573568) (siehe S. 1).
- [2] *About Us*. Center for Integrated Facility Engineering. URL: <https://cife.stanford.edu/about/about-us> (besucht am 19.03.2019) (siehe S. 26).
- [3] Jimmy Abualdenien und André Borrmann. „A meta-model approach for formal specification and consistent management of multi-LOD building models“. In: *Advanced Engineering Informatics* 40 (Apr. 2019), S. 135–153. DOI: [10.1016/j.aei.2019.04.003](https://doi.org/10.1016/j.aei.2019.04.003) (siehe S. 39).
- [4] Hannsjörg Ahrens, Klemens Bastian und Lucian Muchowski. *Handbuch Projektsteuerung - Baumanagement*. Fraunhofer Irb Stuttgart, 5. März 2014. 527 S. ISBN: 3816790046. URL: [https://www.ebook.de/de/product/21961702/hannsjoerg\\_ahrens\\_klemens\\_bastian\\_lucian\\_muchowski\\_handbuch\\_projektsteuerung\\_baumanagement.html](https://www.ebook.de/de/product/21961702/hannsjoerg_ahrens_klemens_bastian_lucian_muchowski_handbuch_projektsteuerung_baumanagement.html) (siehe S. 20, 33).
- [5] Arch Vision. *European Architectural Barometer*. Techn. Ber. USP Marketing Consultancy, 2017. URL: <https://www.usp-mc.nl/en/insights/usp-shop/european-architectural-barometer/> (siehe S. 27).
- [6] Autodesk. *Construction Project Planning Software*. Autodesk. 2019. URL: <https://www.autodesk.com/bim-360/platform/bim-360-plan/> (besucht am 02.07.2019) (siehe S. 57, 58, 80).
- [7] Zeeshan Aziz und Yusuf Arayici. „Driving innovation through Lean- and BIM-based theory and practice“. In: *Engineering, Construction and Architectural Management* 25.10 (Nov. 2018), S. 1254–1254. DOI: [10.1108/ecam-11-2018-274](https://doi.org/10.1108/ecam-11-2018-274) (siehe S. 3, 4).



- [8] Oluwatosin Babalola, Eziyi O. Ibem und Isidore C. Ezema. „Implementation of lean practices in the construction industry: A systematic review“. In: *Building and Environment* (2019). DOI: [10.1016/j.buildenv.2018.10.051](https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2018.10.051) (siehe S. 4, 13).
- [9] Glenn Ballard. „The Last Planner System of Production Control“. Diss. University of Birmingham, 2000. URL: <http://www.leanconstruction.dk/media/15590/ballard2000-dissertation.pdf> (siehe S. 2, 13, 16, 34, 35).
- [10] Glenn Ballard und Iris Tommelein. *Current Process Benchmark for the Last Planner System*. Techn. Ber. Project Production Systems Laboratory (P2SL) at UC Berkeley, 2016. URL: <http://p2sl.berkeley.edu/benchmarks/> (siehe S. 13, 20).
- [11] Sven Bertelsen und Stephen Emmitt. „The client as a complex system“. In: *Proceedings of the 13th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*. 2005. URL: [https://www.researchgate.net/publication/236841941\\_THE\\_CLIENT\\_AS\\_A\\_COMPLEX\\_SYSTEM](https://www.researchgate.net/publication/236841941_THE_CLIENT_AS_A_COMPLEX_SYSTEM) (siehe S. 8).
- [12] André Borrmann u. a., Hrsg. *Building Information Modeling*. Vieweg+Teubner Verlag, 21. Aug. 2015. ISBN: 3658056053. URL: [https://www.ebook.de/de/product/23503739/building\\_information\\_modeling.html](https://www.ebook.de/de/product/23503739/building_information_modeling.html) (siehe S. 24, 38).
- [13] Mathias Brandt. *Building Information Modeling - ein Milliarden-Markt*. 3. Aug. 2016. URL: <https://de.statista.com/infografik/5396/marktzahlen-zum-building-information-modeling/> (besucht am 05.08.2019) (siehe S. 3).
- [14] Steffen Braun, Alexander Rieck und Carmen Köhler-Hammer. *Ergebnisse der BIM-Studie für Planer und Ausführende: Digitale Planungs- und Fertigungsmethoden*. Techn. Ber. Fraunhofer Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation (IAO), 2015. URL: <https://www.iao.fraunhofer.de/lang-de/presse-und-medien/aktuelles/1623-digitales-bauen-noch-zukunftsmusik.html> (siehe S. 27, 95).
- [15] *Building Information Modeling*. Wikipedia. 2019. URL: [https://de.wikipedia.org/wiki/Building\\_Information\\_Modeling](https://de.wikipedia.org/wiki/Building_Information_Modeling) (besucht am 02.07.2019) (siehe S. 110).
- [16] BuildingSmart International. *Industry Foundation Classes (IFC)*. 2019. URL: <https://www.buildingsmart.org/standards/bsi-standards/industry-foundation-classes/> (besucht am 01.08.2019) (siehe S. 24).
- [17] Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur. *Stufenplan Digitales Planen und Bauen*. Dez. 2015. URL: <https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Pressemitteilungen/2015/152-dobrindt-stufenplan-bim.html> (siehe S. 23).

- [18] James L. Burati, Jodi J. Farrington und William B. Ledbetter. „Causes of Quality Deviations in Design and Construction“. In: *Journal of Construction Engineering and Management* 118.1 (März 1992), S. 34–49. DOI: [10.1061/\(asce\)0733-9364\(1992\)118:1\(34\)](https://doi.org/10.1061/(asce)0733-9364(1992)118:1(34)) (siehe S. 39).
- [19] Construction Task Force. *Rethinking Construction*. Techn. Ber. Department of Trade und Industry, 1998 (siehe S. 11).
- [20] Bhargav Dave u. a. *Implementing Lean in Construction: Lean Construction and BIM*. London: CIRIA, März 2013. ISBN: 978-0-86017-727-2. URL: <http://usir.salford.ac.uk/28451/> (siehe S. 28, 30, 59).
- [21] Charles Eastman. *An Outline of the Building Description System*. Techn. Ber. Pittsburg, PA: Carnegie-Mellon University, Institute of Physical Planning, 1974. URL: <https://eric.ed.gov/?id=ED113833> (siehe S. 2).
- [22] Chuck Eastman u. a. *BIM Handbook*. 3. Aufl. Wiley John + Sons, 2. Okt. 2018. ISBN: 1119287537. URL: [https://www.ebook.de/de/product/33386899/rafael\\_sacks\\_chuck\\_eastman\\_ghang\\_lee\\_paul\\_teicholz\\_bim\\_handbook.html](https://www.ebook.de/de/product/33386899/rafael_sacks_chuck_eastman_ghang_lee_paul_teicholz_bim_handbook.html) (siehe S. 2).
- [23] Exigo A/S. *Vico Office – Effektives Projektmanagement in 2D, 3D, 4D und 5D*. Exigo A/S. 2019. URL: <https://vicooffice.dk/de/> (besucht am 19. 09. 2019) (siehe S. 44).
- [24] Martin Fiedler, Hrsg. *Lean Construction - Das Managementhandbuch*. Springer-Verlag GmbH, 18. Dez. 2017. ISBN: 3662553368. URL: [https://www.ebook.de/de/product/29856142/lean\\_construction\\_das\\_managementhandbuch.html](https://www.ebook.de/de/product/29856142/lean_construction_das_managementhandbuch.html) (siehe S. 5, 6, 11, 17, 28, 30).
- [25] Martin Arthur Fischer, Glenn Ballard und Dean Reed. *A Guide to Applying the Principles of Virtual Design & Construction (VDC) to the Lean Project Delivery Process*. Techn. Ber. Center for Integrated Facility Engineering, 2006 (siehe S. 3, 31).
- [26] Martin Arthur Fischer, Dean Reed und Atul Khanzode. „Benefits and Lessons Learned of Implementing Building Virtual Design and Construction (VDC) Technologies for Coordination of Mechanical, Electrical, and Plumbing (MEP) Systems on a Large Healthcare Project“. In: *Journal of Information Technology in Construction* (2008). URL: <https://www.itcon.org/paper/2008/22> (siehe S. 3).
- [27] Martin Arthur Fischer, Dean Reed und Atul Khanzode. „Case Study of the Implementation of the Lean Project Delivery System (LPDS) Using Virtual Building Technologies on a Large Healthcare Project“. In: *Proceedings of the 13th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*. Hrsg. von T. Olofsson, G. Lee und C. Eastman. Bd. 13. Juni 2005, S. 324–342 (siehe S. 3).

- [28] Till Friedrich, Peter Meijnen und Florian Schriewersmann. „Lean Construction - die Übertragung der Erfolgsmodelle aus der Automobilindustrie“. In: *Praxis des Bauprozessmanagements*. Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Aug. 2013, S. 37–52. DOI: [10.1002/9783433602973.ch2](https://doi.org/10.1002/9783433602973.ch2) (siehe S. 10, 17).
- [29] Michael P. Gallaher u. a. *Cost Analysis of Inadequate Interoperability in the U.S. Capital Facilities Industry*. Techn. Ber. U.S. Department of Commerce Technology Administration, Aug. 2004. DOI: [10.6028/nist.gcr.04-867](https://doi.org/10.6028/nist.gcr.04-867) (siehe S. 1).
- [30] *German Lean Construction Institute*. GLCI. 2019. URL: <https://www.glci.de/> (besucht am 02.07.2019) (siehe S. 3, 110).
- [31] Vicente A. Gonzalez, Hrsg. *Proceedings of the 26th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*. International Group for Lean Construction. Chennai, India, Juli 2018. ISBN: 978-93-80689-29-6. URL: <http://iglc.net/Papers/Conference/28> (siehe S. 3).
- [32] Shervin Haghsheno. *Lean Construction Begriffe und Methoden*. Techn. Ber. German Lean Construction Institute, 2018. URL: <https://www.glci.de/sites/default/files/2018/Publikationen/GLCI-Lean-Construction-Begriffe-und-Methoden.pdf> (siehe S. 7, 11, 17).
- [33] Peter Hines und Nick Rich. „The seven value stream mapping tools“. In: *International Journal of Operations & Production Management* 17.1 (Jan. 1997), S. 46–64. DOI: [10.1108/01443579710157989](https://doi.org/10.1108/01443579710157989) (siehe S. 9).
- [34] Anders Isaksson u. a. „BIM Use in the Production Process Among Medium Sized Contractors – A Survey of Swedish Medium Sized Contractors“. In: *Proceedings of the 16th International Conference on Computing in Civil and Building Engineering*. 2016. URL: [https://www.researchgate.net/publication/309646560\\_BIM\\_Use\\_in\\_the\\_Production\\_Process\\_Among\\_Medium\\_Sized\\_Contractors\\_-\\_A\\_Survey\\_of\\_Swedish\\_Medium\\_Sized\\_Contractors](https://www.researchgate.net/publication/309646560_BIM_Use_in_the_Production_Process_Among_Medium_Sized_Contractors_-_A_Survey_of_Swedish_Medium_Sized_Contractors) (siehe S. 27).
- [35] ISO. *ISO 16739-1*. Norm. International Organization for Standardization, 2018 (siehe S. 24).
- [36] ISO. *ISO 19650-1*. Norm. International Organization for Standardization, 2017 (siehe S. 24, 26).
- [37] ISO. *ISO 29481-1*. Norm. International Organization for Standardization, 2018 (siehe S. 23).

- [38] Rogier Jongeling und Thomas Olofsson. „A method for planning of work-flow by combined use of location-based scheduling and 4D CAD“. In: *Automation in Construction* 16.2 (März 2007), S. 189–198. DOI: [10.1016/j.autcon.2006.04.001](https://doi.org/10.1016/j.autcon.2006.04.001) (siehe S. 22).
- [39] Russel Kenley und Toby Harfield. *Location Breakdown Structure (LBS): a solution for construction project management data redundancy*. Forschungsber. Swinburne University of Technology, 2014. URL: [http://www.irbnet.de/daten/iconda/CIB\\_DC27682.pdf](http://www.irbnet.de/daten/iconda/CIB_DC27682.pdf) (siehe S. 20, 22).
- [40] Lauri Koskela. „An exploration towards a production theory and its application to construction“. Diss. Technical Research Centre of Finland, 2000. ISBN: 951-38-5565-1 (siehe S. 2, 6, 15).
- [41] Lauri Koskela. *Application of the new Production Philosophy to Construction*. Techn. Ber. CIFE, 1992 (siehe S. 6).
- [42] Lauri Koskela. „Making Do - The Eighth Category of Waste“. In: *12th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*. Hrsg. von S. Bertelsen und C. T. Formoso. 2004. URL: <http://usir.salford.ac.uk/9386/> (siehe S. 12, 38).
- [43] Lauri Koskela u. a. „The foundations of lean construction“. In: Hrsg. von R. Best und G. de Valence. *Design und construction: building in value*, 2002. Kap. 14, S. 211–226 (siehe S. 6, 28).
- [44] Samy Kröger. *BIM und Lean Construction*. Beuth Verlag, 21. Juni 2018. 142 S. ISBN: 3410267417. URL: [https://www.ebook.de/de/product/26261642/samy\\_kroeger\\_bim\\_und\\_lean\\_construction.html](https://www.ebook.de/de/product/26261642/samy_kroeger_bim_und_lean_construction.html) (siehe S. 3).
- [45] *LCM Digital*. Drees & Sommer New Business GmbH. 2019. URL: <https://www.lcmdigital.com/de> (besucht am 19.09.2019) (siehe S. 55).
- [46] Jeffrey Liker. *The Toyota Way : 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer*. McGraw Hill Professional, 2004. ISBN: 978-0071392310 (siehe S. 12).
- [47] colzwiz Ltd. *Lean Construction - wizdom.ai*. 2019. URL: [https://www.wizdom.ai/topic/building\\_information\\_modeling/3978080](https://www.wizdom.ai/topic/building_information_modeling/3978080) (besucht am 01.08.2019) (siehe S. 3).
- [48] Harrison A. Mesa, Keith R. Molenaar und Luis F. Alarcón. „Comparative analysis between integrated project delivery and lean project delivery“. In: *International Journal of Project Management* 37.3 (Apr. 2019), S. 395–409. DOI: [10.1016/j.ijproman.2019.01.012](https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2019.01.012) (siehe S. 26).

- [49] S. Mollasalehi u. a. „Development of an Integrated BIM and Lean Maturity Model“. In: *Enabling Lean with IT*. 2018. DOI: [10.24928/2018/0507](https://doi.org/10.24928/2018/0507) (siehe S. 3, 4).
- [50] Taiichi Ohno. *Toyota Production System - Beyond Large-Scale Production*. Productivity Press, 1988. ISBN: 0-915299-14-3 (siehe S. 11).
- [51] Pedram Oskouie u. a. „Extending the Interaction of Building Information Modeling and Lean Construction“. In: *Design Management*. 2012 (siehe S. 3).
- [52] Christine Pasquire. „The 8th flow - Common understanding“. In: *Proceedings of the 21st Annual Conference of the International Group for Lean Construction*. 2012. URL: [https://www.researchgate.net/publication/271529331\\_The\\_8th\\_flow\\_-\\_Common\\_understanding](https://www.researchgate.net/publication/271529331_The_8th_flow_-_Common_understanding) (siehe S. 15, 31).
- [53] *Proceedings of the 18th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*. International Group for Lean Construction. Manchester, UK, Juli 2010. URL: <http://iglc.net/Papers/Conference/18> (siehe S. 3).
- [54] Project Management Institute. *A guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK guide)*. Project Management Institute, 30. Jan. 2013. 592 S. ISBN: 1935589679. URL: [https://www.ebook.de/de/product/19473131/project\\_management\\_institute\\_a\\_guide\\_to\\_the\\_project\\_management\\_body\\_of\\_knowledge\\_pmbok\\_guide.html](https://www.ebook.de/de/product/19473131/project_management_institute_a_guide_to_the_project_management_body_of_knowledge_pmbok_guide.html) (siehe S. 10).
- [55] Reiß und Hommerich. *Bundesweite Befragung der Mitglieder der Architektenkammern der Länder - Bericht zum Thema Building Information Modeling (BIM)*. Techn. Ber. Bundesarchitektenkammer, 2017 (siehe S. 3, 27, 95).
- [56] R. Sacks, M. Treckmann und O. Rozenfeld. „Visualization of Work Flow to Support Lean Construction“. In: *Journal of Construction Engineering and Management* 135.12 (Dez. 2009), S. 1307–1315. DOI: [10.1061/\(asce\)co.1943-7862.0000102](https://doi.org/10.1061/(asce)co.1943-7862.0000102) (siehe S. 36).
- [57] Rafael Sacks, Milan Radoslavjevic und Ronen Barak. „Requirements for Building Information Modeling based Lean Production Management Systems for Construction“. In: *Automation in Construction* 19.5 (Aug. 2010), S. 641–655. DOI: [10.1016/j.autcon.2010.02.010](https://doi.org/10.1016/j.autcon.2010.02.010) (siehe S. 36).
- [58] Rafael Sacks u. a. „Analysis Framework for the Interaction between Lean Construction and Building Information Modelling“. In: *Proceedings of the 17th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*. 2009. URL: [https://www.researchgate.net/publication/45622276\\_Analysis\\_framework\\_for\\_the\\_interaction\\_between\\_lean\\_construction\\_and\\_Building\\_Information\\_Modelling](https://www.researchgate.net/publication/45622276_Analysis_framework_for_the_interaction_between_lean_construction_and_Building_Information_Modelling) (siehe S. 3).

- [59] Rafael Sacks u. a. „KanBIM Workflow Management System: Prototype implementation and field testing“. In: *Lean Construction Journal* (2013) (siehe S. 3, 4, 28, 36).
- [60] Rafael Sacks u. a. „The Interaction of Lean and Building Information Modeling in Construction“. In: *Journal of Construction Engineering and Management* 136.9 (Sep. 2010), S. 968–980. DOI: [10.1061/\(asce\)co.1943-7862.0000203](https://doi.org/10.1061/(asce)co.1943-7862.0000203) (siehe S. 1, 3, 28, 59, 98).
- [61] S. Sarhan und A. Fox. „Barriers to Implementing Lean Construction in the UK Construction Industry“. In: *The Built & Human Environment Review* 6 (2013). URL: <http://eprints.lincoln.ac.uk/28877/1/81-233-1-PB.pdf> (siehe S. 28).
- [62] Kai-Stefan Schober u. a. *Turning point for the construction industry – The disruptive impact of Building Information Modeling (BIM)*. Techn. Ber. Roland Berger, 2017 (siehe S. 27).
- [63] Stefan Schober, Philipp Hoff und Katherine Nölling. *Think Act - Digitalisierung der Bauwirtschaft*. Techn. Ber. Roland Berger GMBH Competence Center Civil Economics, Energy & Infrastructure, 2016. URL: <https://www.rolandberger.com/de/Media/Digitalisierung-der-Baubranche.html> (siehe S. 27).
- [64] Stefan Schölzel. „Optimierungsanalysen und -ansätze des Planungs- und Schnittstellenmanagements vor Baubeginn im Vergleich zur baubegleitenden Planung“. Diss. Universität Kassel, 2012. URL: <https://www.uni-kassel.de/upress/online/frei/978-3-86219-452-0.volltext.frei.pdf> (siehe S. 87).
- [65] Olli Seppänen, Glenn Ballard und Sakari Pesonen. „The Combination of Last Planner System and Location-Based Management System“. In: *Lean Construction Journal* (2010). URL: <https://www.leanconstruction.org/learning/publications/lean-construction-journal/> (siehe S. 21, 23).
- [66] Open Source. *Open Source BIMserver - in the heart of your BIM*. URL: <http://bimserver.org/> (besucht am 01.08.2019) (siehe S. 25).
- [67] Synchro Ltd. *Construction Project Management Platform | 4D Construction Scheduling*. en. Bentley Systems UK Ltd. 2019. URL: <https://www.synchro ltd.com/> (besucht am 19.09.2019) (siehe S. 43).
- [68] Paul Teicholz, Paul M. Goodrum und Carl T. Haas. „U.S. Construction Labor Productivity Trends, 1970–1998“. In: *Journal of Construction Engineering and Management* 127.5 (Okt. 2001), S. 427–429. DOI: [10.1061/\(asce\)0733-9364\(2001\)127:5\(427\)](https://doi.org/10.1061/(asce)0733-9364(2001)127:5(427)) (siehe S. 2).

- [69] The American Institute of Architects. *Integrated Project Delivery: A Guide*. Techn. Ber. The American Institute of Architects, 2007. URL: <https://www.aiacontracts.org/resources/64146-integrated-project-delivery-a-guide> (siehe S. 26).
- [70] I. D. Tommelein und C. L. Pasquire, Hrsg. *Proceedings of the 20th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*. International Group for Lean Construction. San Diego, USA, Juli 2012. URL: <http://iglc.net/Papers/Conference/20> (siehe S. 3).
- [71] Touchplan. *Construction Collaboration Software*. MOCA Systems. 2019. URL: <https://www.touchplan.io/> (besucht am 08.07.2019) (siehe S. 48).
- [72] Trimble Navigation Limited. *BIM Solutions*. Trimble Inc. 2016. URL: <https://gc.trimble.com/product-categories/bim-solutions> (besucht am 19.09.2019) (siehe S. 44, 46).
- [73] VDI-Gesellschaft Bauen und Gebäudetechnik (GBG). *VDI 2553 Lean Construction*. Techn. Ber. Verein Deutscher Ingenieure, 2019. URL: <https://www.vdi.de/richtlinien/details/vdi-2553-lean-construction> (siehe S. 7–9, 13).
- [74] VisiLean. *VisiLean - An integrated Lean Building Information Model*. VisiLean. 2019. URL: <http://visilean.com/> (besucht am 04.07.2019) (siehe S. 59).
- [75] Heinrich Weitz. *Preisentwicklung im Baugewerbe*. Hauptverband der Deutschen Bauindustrie e.V. 2018. URL: [https://www.bauindustrie.de/zahlen-fakten/bauwirtschaft-im-zahlenbild/preisentwicklung-im-baugewerbe\\_bwz/](https://www.bauindustrie.de/zahlen-fakten/bauwirtschaft-im-zahlenbild/preisentwicklung-im-baugewerbe_bwz/) (besucht am 05.08.2019) (siehe S. 2).
- [76] James P. Womack und Daniel T. Jones. *Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in your Organization*. Campus Verlag, 9. März 2013. 444 S. URL: [https://www.ebook.de/de/product/20666739/james\\_p\\_womack\\_daniel\\_t\\_jones\\_lean\\_thinking.html](https://www.ebook.de/de/product/20666739/james_p_womack_daniel_t_jones_lean_thinking.html) (siehe S. 7, 10).
- [77] James P. Womack, Daniel T. Jones und Daniel Roos. *The Machine That Changed the World*. Free Press, 1990. ISBN: 978-0-7432-9979-4. URL: <https://www.lean.org/Bookstore/ProductDetails.cfm?SelectedProductId=160> (siehe S. 5).

# Anhang A

## Vollständiger Fragebogen

Im Folgenden ist der vollständige Fragebogen der Umfrage (siehe [Kapitel 5](#)) aufgeführt. Normaler Text stellt im Folgenden wörtliche Zitate aus der Online-Umfrage dar; Anmerkungen zu einzelnen Fragen, die nicht als Text in der Umfrage stehen, werden *kursiv* dargestellt. Die Antworten auf Fragen mit Freitexteingabe sind in [Anhang B](#) aufgelistet.

### Einführung

Willkommen zur anonymen Umfrage zum Einsatz von Building Information Modeling im Projektmanagement mit Lean Construction.

- Ich möchte mehr Informationen zum Thema bevor ich anfangen.

*Der eingerückte Text wird nur angezeigt, wenn die Teilnehmenden die vorhergehende Checkbox angekreuzt haben.*

Fortschreitende Digitalisierung (vor allem BIM) und die Anwendung moderner Managementmethoden (vor allem Lean Construction) zählen zu den wichtigsten Trends des Bauens in den letzten Jahren. Bisher finden beide Entwicklungen jedoch unabhängig voneinander statt. So wird die Datenfülle, die heutzutage bei der Planung generiert wird, nur in geringem Maße genutzt. Dabei kann gerade (aber nicht nur) die Bauausführung von verstärktem Einsatz digitaler Technologien profitieren.



In meiner Masterarbeit untersuche ich konkrete Möglichkeiten, wie BIM zur Erleichterung der Projektsteuerung, Bauleitung, etc. genutzt werden kann und inwieweit diese Möglichkeiten mit heute verfügbarer Software bereits umsetzbar sind.

Bei Bedarf stehen kurze, einführende Definitionen von BIM<sup>1</sup> und Lean Construction<sup>2</sup> zur Verfügung.

Im Folgenden werden ich Ihnen nach einer Abfrage Ihrer bisherigen Erfahrungen mit BIM und Lean Construction einige (bisher überwiegend fiktive) Anwendungsszenarien beschreiben. Ich bitte Sie einzuschätzen, in welchem Ausmaß diese Ihre Arbeitsabläufe erleichtern würden.

Die Bearbeitung der Umfrage dauert ca. 10-15 Minuten. Sie ist komplett anonym. Am Ende haben Sie die Gelegenheit, sich für den Erhalt einer Zusammenfassung der Ergebnisse anzumelden.

Bitte beantworten Sie alle Fragen nach bestem Wissen. Ihre persönliche Einschätzung ist eine wichtige Zielgröße der Umfrage.

## Teil 1: Angaben zu Ihnen

Als erstes möchte ich einordnen können, wer Sie sind und welche Erfahrungen Sie bereits mit BIM und Lean gemacht haben.

### Welches ist Ihre aktuelle Tätigkeit?

- Bauausführung: Fachbauleitung / Polier / Vorarbeiter(Generalunternehmer)
- Bauausführung: Fachbauleitung / Polier / Vorarbeiter (Fachgewerk)
- Oberbauleitung / Projektleitung / interne Beratung
- Planung: Objekt- oder Fachplanung, Plankoordination, BIM-Management, etc.
- Bauherrschaft: Bauherrenvertretung, externe Projektsteuerung, Projektmanagement, Controlling
- Softwareentwicklung
- Andere (bitte angeben)
- Lean-Berater<sup>3</sup>

<sup>1</sup> *Building Information Modeling*. Wikipedia. 2019. URL: [https://de.wikipedia.org/wiki/Building\\_Information\\_Modeling](https://de.wikipedia.org/wiki/Building_Information_Modeling) (besucht am 02.07.2019).

<sup>2</sup> *German Lean Construction Institute*. GLCI. 2019. URL: <https://www.glci.de/> (besucht am 02.07.2019).

<sup>3</sup> Diese Option wurde zwei Tage nach Veröffentlichung der Umfrage auf Hinweis einer Teilnehmerin ergänzt.

### Welche Erfahrungen haben Sie mit Lean Construction?

- Ich habe davon gehört.
- Ich kenne es, habe aber noch nie damit gearbeitet.
- Ich habe vereinzelt damit gearbeitet oder arbeite gerade auf einzelnen Projekten damit
- Ich setze es durchgehend auf (fast) all meinen Projekten ein

### Mit welchen Lean-Methoden haben Sie bisher gearbeitet?

*Je Option können die Teilnehmenden **Analog (Haftnotizen etc.)** und/oder **Digital** ankreuzen. Die Frage wird nur Teilnehmenden präsentiert, die bei der vorhergehenden Frage die dritte oder vierte Option angekreuzt haben.*

- Taktplanung / Taktsteuerung - tägliche Steuerungsbesprechungen
- Last Planner System - wöchentliche Steuerungsbesprechung
- Kombination aus beidem
- Andere (bitte angeben):

### Welche Erfahrungen haben Sie mit Building Information Modeling?

- Ich habe davon gehört.
- Ich kenne es, habe aber noch nie damit gearbeitet.
- Ich habe vereinzelt damit gearbeitet oder arbeite gerade auf einzelnen Projekten damit
- Ich setze es durchgehend auf (fast) all meinen Projekten ein

### Wofür haben Sie BIM bereits benutzt?

*Die Frage wird auf einer sieben-stufigen Likert-Skala von gar nicht über ab und zu bis ständig beantwortet. Sie wird nur Teilnehmenden präsentiert, die bei der vorhergehenden Frage die dritte oder vierte Option angekreuzt haben.*

- 3D-Visualisierung
- Clash Detection
- Verknüpfung mit Termin- und Ablaufplanung
- Massenermittlung und Kalkulation
- Andere (bitte angeben): *Freitexteingabe*

## Teil 2: Anwendungen

Im nächsten Teil werde ich Ihnen mehrere Problemstellungen und dafür jeweils mehrere mögliche Hilfsmittel beschreiben.

Bitte beurteilen Sie für jedes Hilfsmittel, wie sehr die Anwendung Ihre Arbeit (bzw. die Ihres Teams) voraussichtlich erleichtern würde bzw. erleichtert, wenn Sie bereits so arbeiten.

*Wenn die entsprechende Option gewählt wurde, wird zusätzlich folgender Text eingeblendet:*

Sie haben angegeben, als Softwareentwickler zu arbeiten. Bitte versuchen Sie im Folgenden, auch die Sicht der von Ihnen betreuten Projekte darzustellen.

*Für die folgenden Abschnitte werden jeweils die folgenden zwei Fragen gestellt:*

**Wie schätzen Sie den Nutzen dieses Hilfsmittels ein?**

- Großer Nachteil
- Leichter Nachteil
- Keine Veränderung
- Leichter Vorteil
- Mäßiger Vorteil
- Großer Vorteil
- Enormer Vorteil

**Wie häufig nutzen Sie es zurzeit?**

- Nie
- Vereinzelt
- Teilweise
- Meistens
- Immer

*Nicht jede der Anwendungen wird jedem Anwender präsentiert, um die Bearbeitungsdauer gering zu halten. Die Zuordnung ist [Tabelle 5.1](#) zu entnehmen. Wer die Frage nach der aktuellen Tätigkeit nicht beantwortet, bekommt alle Anwendungen präsentiert.*

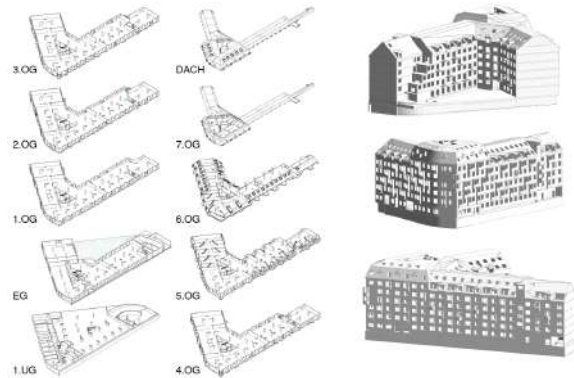
### Anwendungen | Visualisierung

#### Problembeschreibung:

Um ein Projekt effizient zu bearbeiten, müssen alle Beteiligten es kennen und ein gemeinsames Verständnis entwickeln. Visualisierung - nicht nur mit Plänen - ist dafür ein wichtiges Hilfsmittel.

## Visualisierung, Stufe 1

Zusätzlich zu konventioneller Planung werden den Beteiligten 3D-Ansichten zur Verfügung gestellt.



Quelle: Züblin

## Visualisierung, Stufe 2

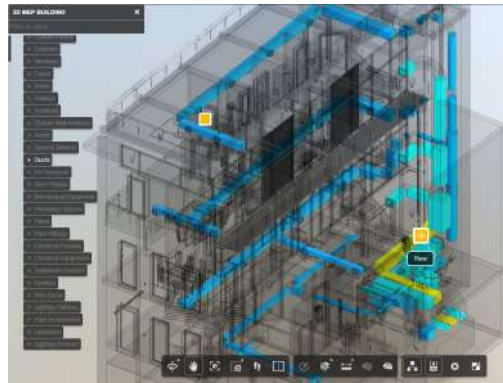
Auf der Baustelle oder im Baucontainer haben Beteiligte über einen großformatigen, berührungsempfindlichen Bildschirm oder an Ihrem Arbeitsplatz freien Zugriff auf ein navigierbares 3D-Modell. Das Modell entspricht immer dem aktuellen Planungsstand.



Quelle: BIM360

## Visualisierung, Stufe 3

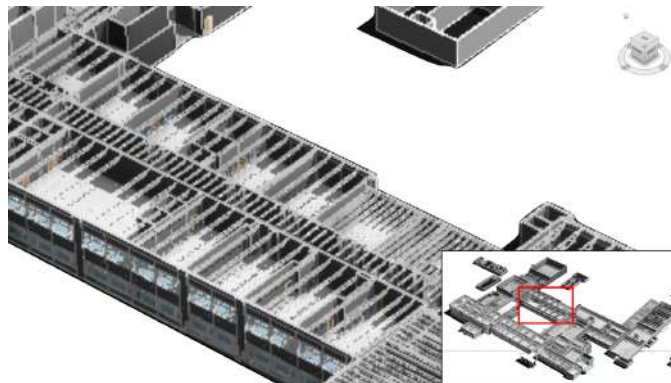
Beteiligte können im zuvor beschriebenen Modell Elemente nach Bauteilart, Bauabschnitt, Bauzeit, Gewerk, Zuständigkeit oder anderen Parametern filtern.



Quelle: BIM360

### Visualisierung, Stufe 4

Das zuvor beschriebene Modell wird um eine Übersichtskarte ergänzt, welche die Lage des aktuellen Ansichtsfensters zeigt.



Quelle: eigene Darstellung

### Anwendungen | Synchronisierung

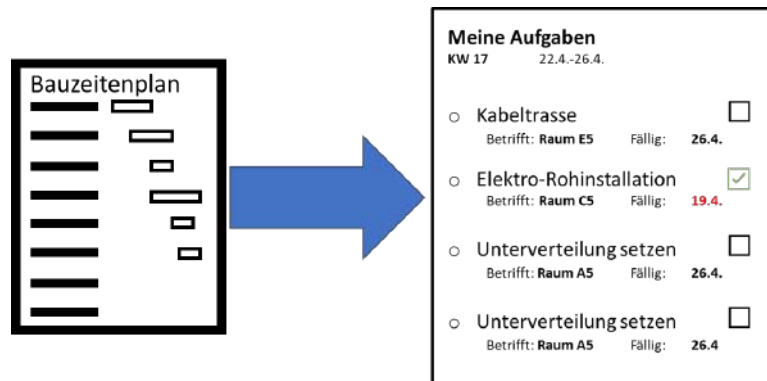
#### Problembeschreibung:

Wenn Beteiligte auf unterschiedlichen Datengrundlagen arbeiten, können aufgrund veralteter Informationen und untereinander inkompatibler Formate inkonsistente Daten und Mehrfacharbeit entstehen.

Beispielsweise müssen Arbeitslisten, Wochenpläne, etc. manuell anhand Termin- und Ablaufplänen erstellt oder letztere bei Terminabweichungen in der Ausführung manuell angepasst werden.

### Synchronisierung, Stufe 1

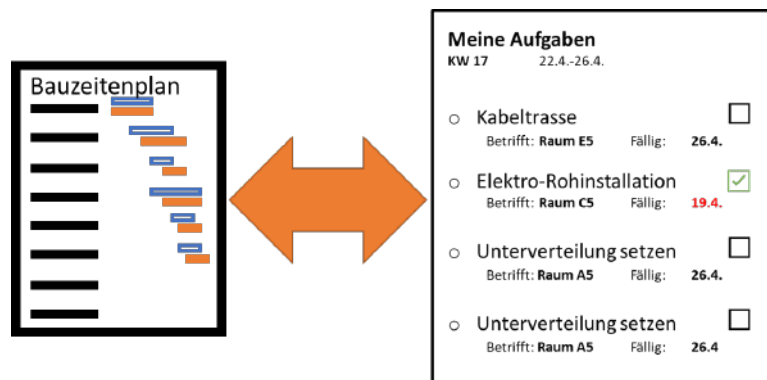
Beteiligte können aus einem Bauzeitenplan automatisiert Aufgaben zur Weiterverwendung in der Aufgabenverwaltung erzeugen.



Quelle: eigene Darstellung

### Synchronisierung, Stufe 2

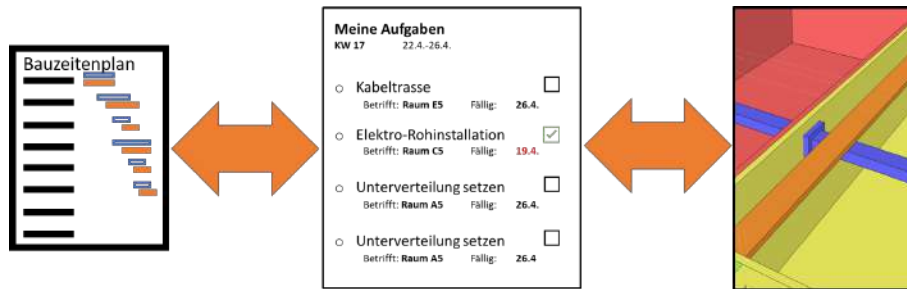
Zeitplan und Aufgabenverwaltung sind vollständig miteinander verknüpft und synchronisiert. Bei Verschiebungen in der Aufgabenverwaltung wird der Terminplan automatisch angepasst - und umgekehrt.



Quelle: eigene Darstellung

### Synchronisierung, Stufe 3

Die Aufgaben sind mit Modell-Elementen verknüpft. Bei Betrachtung einer Aufgabe im Detail wird das zugehörige Element / werden die zugehörigen Elemente sowie relevante Mengen angezeigt.



Quelle: eigene Darstellung

## Anwendungen | Aufgabenverwaltung

### Problembeschreibung:

Ein wesentlicher Teil des Projektmanagements ist das Verwalten von Aufgaben. Mitunter fallen sehr viele Aufgaben in kurzer Zeit für viele Beteiligten an.

Diese Aufgaben werden an anderer Stelle (manuell oder automatisch) mit Zuständigkeit, Ort und vorgesehenem Ausführungszeitraum erstellt und in einer Datenbank gespeichert.

Die einzelnen Gewerke müssen zu jeder Zeit wissen, was sie wann und wo zu tun haben und wie ihre Aktivitäten mit denen anderer zusammen hängen. Die Bauleitung muss das Gleiche für alle Gewerke überblicken und die Arbeiten steuern können.

Darüber hinaus gilt es, im Sinne der kontinuierlichen Verbesserung zu verfolgen, welche Aufgaben erledigt werden, welche nicht und warum.

### Aufgabenverwaltung, Stufe 1

Die Aufgaben werden als tabellarischer Wochenplan (Taktplan) dargestellt. Es werden spaltenweise Tage oder Wochen und zeilenweise Bereiche angezeigt; die einzelnen Gewerke sind durch Farben repräsentiert.



Quelle: eigene Darstellung

## Aufgabenverwaltung, Stufe 2

Es werden automatisiert anhand der hinterlegten Aufgaben für jedes Gewerk wöchentliche Arbeitslisten erzeugt. Dort sind für den kommenden Zeitraum die anstehenden Arbeiten nach Bereich aufgliedert.

Wenn für die einzelnen Aufgaben der Personalbedarf hinterlegt sind, wird auch der gesamte Personalbedarf für den Zeitraum ausgewertet.

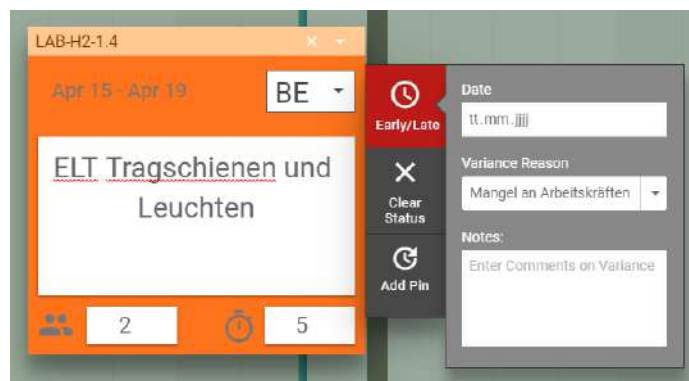
The screenshot shows a Gantt chart interface with a task list on the left and a calendar grid on the right. The task list includes items like 'Lagermaterial anfragen', 'Kabeltrasse', 'Sicherheitsbeleuchtung', 'Schalung', 'ELT-Tragschienen und Leuchten', 'Mittelbau', 'Sicherheitsbeleuchtung', 'Mittelbau', 'Halle 1 - Interieur', and 'Halle 2 - Interieur'. The calendar grid shows days of the week (M, D, M, F, S, S) and dates (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31). Colored bars indicate the duration of each task across the calendar.

Quelle: Touchplan

## Aufgabenverwaltung, Stufe 3

Die Ausführenden markieren Aufgaben als „zugesagt“ bzw. „in Arbeit“ und später als „erledigt“ oder „nicht erledigt“. Für nicht erledigte Arbeiten geben sie einen Grund an.

Die Bauleitung kann diese Angaben kontrollieren und sie zur Beschleunigung von Wochenbesprechungen heranziehen.

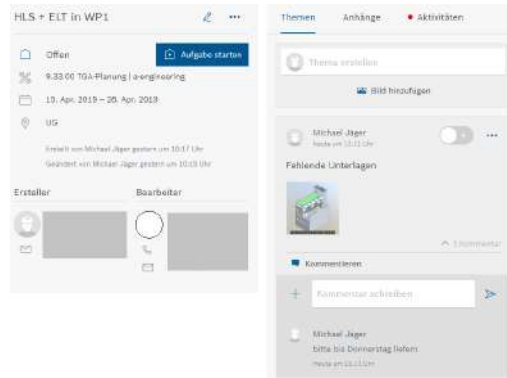


Quelle: TouchPlan



## Aufgabenverwaltung, Stufe 4

Die einzelnen Aufgaben können mit Notizen, Kommentaren und Anhängen (Fotos, Pläne, Dokumente) versehen werden.

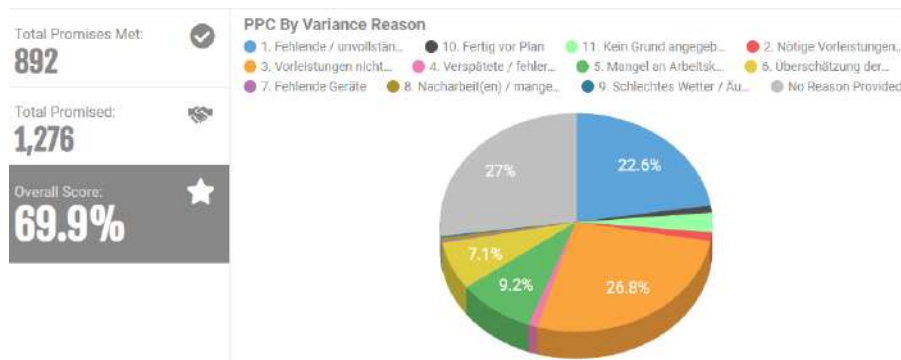


Quelle: RefineMySite

## Aufgabenverwaltung, Stufe 5

Der Anteil erledigter Aufgaben (PPC) sowie die Gründe für Nichterledigung werden statistisch ausgewertet.

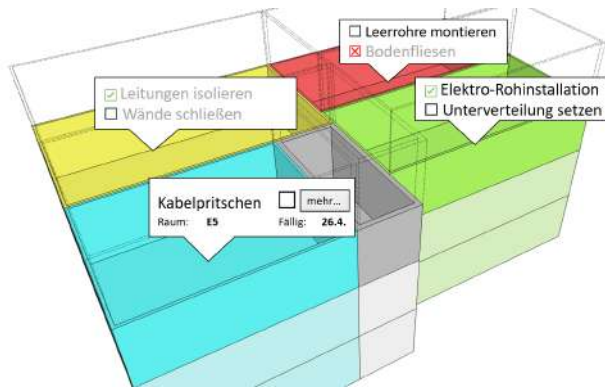
Diese Statistik kann nach Gewerk gegliedert werden und sowohl zur Steuerung als auch zur Auswertung des Projekts im Nachhinein herangezogen werden.



Quelle: Bosch SmartSite

## Aufgabenverwaltung, Stufe 6

Die Aufgaben mit samt Status, Fälligkeit und Zuständigkeit werden direkt im Modell angezeigt. Es ist übersichtlich erkennbar, in welchem Bereich welche Aufgaben zum aktuellen Zeitpunkt für das jeweilige Gewerk anstehen.



Quelle: eigene Darstellung

## Anwendungen | Vorleistungen

### Problembeschreibung:

Fehlende Informationen, Freigaben, Vorarbeiten: Vieles kann planmäßiges Bauen be- oder verhindern.

Verantwortungsvolle Baubeteiligte fordern diese Voraussetzungen rechtzeitig an. Solche Anfragen nach Vorleistungen unterscheiden sich von regulären Aufgaben, da sie außerplanmäßig anfallen. Es kann jedoch schwer sein, die Fülle dieser Anfragen zu überblicken.

### Vorleistungen, Stufe 1

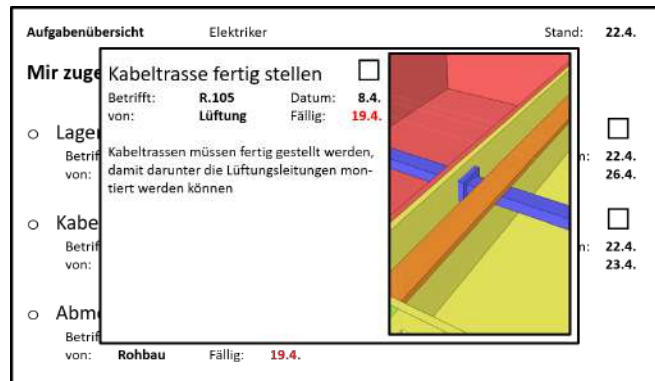
Beteiligte können *über eine zentrale Plattform* Anfragen für Vorleistungen mit Zuständigkeit und Terminierung an andere Beteiligte stellen (z.B. fehlende Unterlagen, Freigaben, Vorleistungen) sowie ihnen von anderen zugewiesene Anfragen einsehen und dazu Rückmeldung geben oder Rückfragen stellen.

Aufgabenübersicht		Elektriker	Stand: 22.4.	
<b>Mir zugewiesene Anfragen</b>			<b>Meine Anfragen</b>	
<input type="radio"/>	Lagerfläche räumen	<input type="checkbox"/>	<input type="radio"/>	Deckenspiegel
	Betrifft: Fläche E5 Datum: 15.4. von: Trockenbau Fällig: 26.4.			Betrifft: OG 2 Datum: 22.4. für: Architekt Fällig: 26.4.
<input type="radio"/>	Kabeltrasse fertig stellen	<input type="checkbox"/>	<input type="radio"/>	Kernbohrungen
	Betrifft: R.105 Datum: 8.4. von: Lüftung Fällig: 19.4.			Betrifft: OG 2 Datum: 22.4. für: Rohbau Fällig: 23.4.
<input type="radio"/>	Abmessungen Bohrungen	<input type="checkbox"/>		
	Betrifft: Flur A Datum: 15.4. von: Rohbau Fällig: 19.4.			

Quelle: eigene Darstellung

## Vorleistungen, Stufe 2

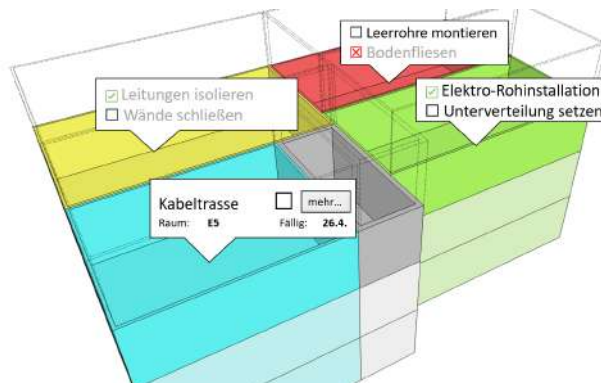
Die zuvor beschriebenen Anfragen sind mit Modell-Elementen verknüpft. Bei Betrachtung einer Anfrage im Detail wird das zugehörige Element / werden die zugehörigen Elemente im BIM angezeigt.



Quelle: eigene Darstellung

## Vorleistungen, Stufe 3

Die zuvor beschriebenen Anfragen mit samt Status, Fälligkeit und Zuständigkeit werden direkt im Modell angezeigt. So ist für jeden Arbeitsbereich übersichtlich erkennbar, ob noch Vorleistungen offen sind.



Quelle: eigene Darstellung

## Anwendungen | Verfügbarkeit von Arbeitsbereichen

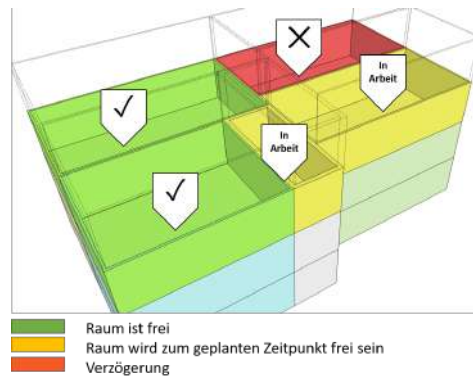
### Problembeschreibung:

Ausführende wissen im Idealfall jederzeit, wo sie gerade arbeiten können und sollen. Trotzdem kann es immer zu Unregelmäßigkeiten kommen, die kurzfristiges Anpassen des Plans

erfordern. Fehlende Informationen können in solchen Situationen zu vermeidbarem Stillstand führen.

### Arbeitsbereiche, Stufe 1

Es werden automatisch anhand offener Aufgaben und Anfragen je Gewerk Übersichten erzeugt, für welche Bereiche Baufreiheit besteht oder noch Vorleistungen, Informationen oder Materialien fehlen.



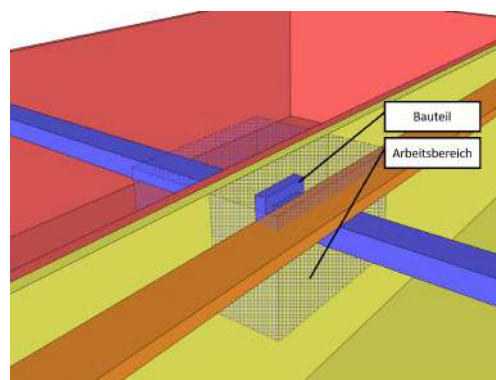
Quelle: eigene Darstellung

### Problembeschreibung:

Die Realisierbarkeit eines Plans, egal ob konventionell oder als BIM, kann neben Bauteilkollisionen auch durch fehlende Zugänglichkeit und Arbeitsräume eingeschränkt sein. Bauteile werden dann so eingeplant, dass der Einbauort zum Montagezeitpunkt nicht zugänglich ist.

### Arbeitsbereiche, Stufe 2

Die erforderlichen Arbeitsbereiche werden als geometrische Eigenschaften von BIM-Elementen hinterlegt, um die Zugänglichkeit für Montage und Betrieb zu gewährleisten. Jede Verletzung dieser Arbeitsräume wird durch die übliche Kollisionsprüfung automatisch erkannt.



Quelle: eigene Darstellung

## Anwendungen | Planung der Planung

### Problembeschreibung:

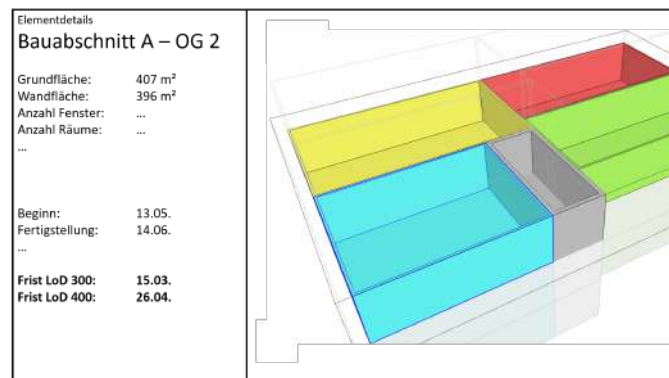
Für die übliche baubegleitende Planung müssen Planende wissen, welche Teile ihrer Planungsleistung zu welchem Zeitpunkt in welcher Detailtiefe (LoD) benötigt werden. Das bezieht sich sowohl auf 2D-Pläne verschiedener Phasen als auch auf Teilbereiche eines BIM. Diese Information kann sich im Verlauf des Projekts ändern.

Wenn diese Information fehlt, können Pläne verspätet fertig gestellt werden oder auch unnötiger Zeitdruck entstehen, wenn sie tatsächlich erst später benötigt werden.

### Planung, Stufe 1

Fristen für verschiedene Detaillierungsstufen werden als Attribute von BIM-Elementen hinterlegt. Das 4D-Gebäudemodell wird so auch zur Planungscoordination herangezogen.

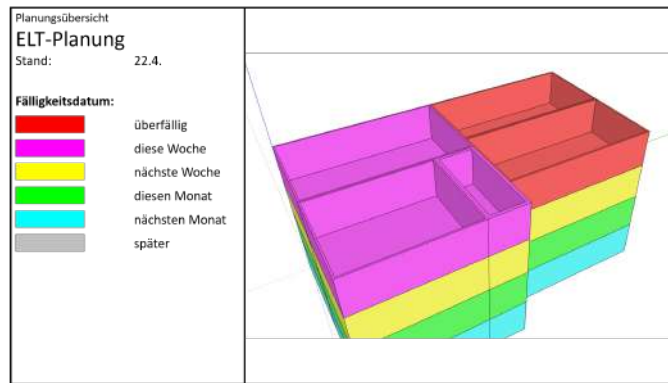
Planlieferlisten können aus diesen Daten bei Bedarf automatisch generiert werden.



Quelle: eigene Darstellung

### Planung, Stufe 2

Das Modell kann zur Übersicht nach Aspekten der Planung der Planung (z.B. Fertigstellungsfrist, freiem Puffer oder Bearbeitungsstand) gefiltert oder gefärbt werden.



Quelle: eigene Darstellung

### **Teil 3: Abschließende Fragen**

**Was halten Sie für wesentliche Hindernisse, um mehr als bisher mit digitalen Methoden zu arbeiten?**

*Die Aussagen sind auf einer Likert-Skala von 0 („Trifft überhaupt nicht zu“) bis 6 („Trifft voll und ganz zu“) zu bewerten. Eine neutrale Aussage (3, „Trifft teilweise zu“) ist somit explizit möglich.*

- Ich sehe keine Notwendigkeit dafür / keinen Mehrwert darin
- Ich habe keine Zeit, mich damit zu beschäftigen
- Meine Vorgesetzten stellen mir die notwendigen Ressourcen nicht zur Verfügung
- Mein Projektteam (firmenübergreifend) kann oder will nicht damit arbeiten
- Die notwendige Technologie existiert (meines Wissens nach) nicht
- Anderes (*Freitexteingabe*)

**Welche hier noch nicht aufgeführten Anwendungen wären für Ihren Arbeitsablauf nützlich?**

*Freitexteingabe*

**Wenn Sie weitere Kommentare haben, tragen Sie diese hier bitte ein.**

*Freitexteingabe*

#### **Ergebnis-Benachrichtigung**

Wenn Sie anonym über die Ergebnisse dieser Umfrage und meiner Masterarbeit informiert werden möchten, tragen Sie bitte hier Ihre E-Mail- Adresse ein.

Diese freiwillige Angabe ist Ihren bisherigen Angaben nicht zuordbar.

#### **Freiwillig: Wer sind Sie?**

Diese Umfrage ist anonym. Wenn Sie sich freiwillig zuordbar zu erkennen geben möchten, tragen Sie bitte hier ein, wer Sie sind und - wenn Sie möchten - wie Sie für Rückfragen zu erreichen sind. Ihre Identität und Teilnahme an dieser Umfrage wird in keiner Form weitergegeben oder bekannt gemacht.

# Anhang B

## Umfrageergebnisse

Da die Umfrageergebnisse je Datensatz über 70 Datenpunkte enthalten, können die vollständigen Rohdaten hier nicht dargestellt werden. Sie sind jedoch beim Autor auf Anfrage verfügbar.

Stattdessen werden hier tabellarische Auswertungen der Ergebnisse sowie die Antworten auf Freitextfragen aufgelistet.

### B.1 Tabellarische Ergebnisse

Tabelle B.1: Erfahrung mit Lean Management und BIM je Position

	Lean				BIM			
	1	2	3	4	1	2	3	4
keine Angabe	0	1	0	0	1	0	0	0
Bauleitung (GU)	2	4	12	6	6	11	6	1
Bauleitung (NU)	1	2	0	1	2	1	0	1
Projektmanagement	0	4	4	7	1	8	4	2
Planung	1	5	4	2	0	1	3	8
Bauherrenschaft	1	0	3	2	0	3	1	2
Andere	2	12	7	4	4	13	6	2
Lean-Berater	0	0	0	5	0	1	4	0



Tabelle B.2: Einschätzung der Nützlichkeit und Verwendungshäufigkeit je Szenario

	Nützlichkeit							Verwendungshäufigkeit					Korrelation
	0.0	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	0.0	1.0	2.0	3.0	4.0	
A1	1.0	1.0	4.0	6.0	16.0	39.0	18.0	25.0	21.0	14.0	16.0	8.0	0.158243
A2	2.0	0.0	3.0	4.0	12.0	42.0	20.0	53.0	9.0	14.0	2.0	5.0	0.180545
A3	4.0	0.0	1.0	4.0	6.0	41.0	28.0	57.0	6.0	7.0	10.0	2.0	0.067579
A4	2.0	2.0	6.0	9.0	16.0	34.0	11.0	60.0	6.0	7.0	3.0	4.0	0.150778
B1	3.0	0.0	1.0	6.0	7.0	28.0	11.0	38.0	6.0	6.0	4.0	1.0	-0.131224
B2	1.0	3.0	1.0	2.0	6.0	28.0	16.0	44.0	1.0	7.0	2.0	1.0	-0.110120
B3	1.0	0.0	3.0	3.0	11.0	21.0	18.0	42.0	4.0	7.0	2.0	0.0	0.009306
C1	0.0	2.0	4.0	6.0	14.0	23.0	10.0	27.0	8.0	11.0	9.0	3.0	0.307563
C2	0.0	2.0	2.0	2.0	16.0	25.0	11.0	32.0	10.0	9.0	2.0	3.0	0.308509
C3	1.0	0.0	6.0	7.0	12.0	27.0	7.0	35.0	9.0	7.0	2.0	2.0	0.314743
C4	2.0	1.0	7.0	11.0	10.0	18.0	10.0	43.0	5.0	7.0	2.0	1.0	0.203176
C5	0.0	1.0	11.0	8.0	16.0	19.0	5.0	36.0	6.0	9.0	2.0	3.0	0.395198
C6	0.0	0.0	5.0	6.0	14.0	23.0	12.0	47.0	3.0	3.0	2.0	1.0	-0.037037
D1	1.0	3.0	8.0	8.0	16.0	20.0	8.0	50.0	5.0	6.0	1.0	1.0	0.159110
D2	1.0	1.0	9.0	13.0	8.0	21.0	11.0	54.0	2.0	4.0	1.0	1.0	0.146877
D3	1.0	0.0	6.0	16.0	11.0	17.0	13.0	54.0	4.0	3.0	0.0	1.0	0.059511
E1	0.0	0.0	1.0	3.0	9.0	17.0	10.0	32.0	2.0	3.0	0.0	1.0	0.205940
E2	0.0	0.0	2.0	9.0	5.0	13.0	11.0	34.0	2.0	1.0	1.0	0.0	0.122541
F1	2.0	0.0	8.0	5.0	15.0	13.0	6.0	43.0	0.0	5.0	0.0	1.0	0.157846
F2	1.0	0.0	11.0	6.0	9.0	15.0	7.0	43.0	1.0	3.0	1.0	1.0	0.228395

Tabelle B.3: Einschätzung der Herausforderungen

	Bewertung							Mittelwert	Anzahl
	1	2	3	4	5	6	7		
Notwendigkeit	41	10	2	3	1	4	2	0.936508	63
Zeit	17	11	9	9	7	5	1	1.949153	59
Ressourcen	9	20	4	12	3	6	4	2.241379	58
Projektteam	5	10	12	11	7	5	5	2.727273	55
Technologie	11	7	8	9	9	9	5	2.775862	58
Anderes	0	0	0	1	1	3	11	5.500000	16

## B.2 Antworten auf Freitextfragen

### Welches ist Ihre aktuelle Tätigkeit? – Andere

- BIM-Management (Planung, Ausführung, Handover)
- Bauausführung: Technisches Controlling + Lc Management
- Projektsteuerung und Objektüberwachung Lph 7-9
  
- Assistenz
- BIM-Manager
- Bauherrschaft zzgl OBL
- Bereichsleitung
- Beschaffung
- Controlling
- Einkauf (x3)
- IQM
- Kalkulation
  
- OÜ, Lean Terminplan Controller
- Projektkaufman
- Prozessmanagement
- QM
- Qualitätsmanagement
- Student (x3)
- Teamassistenz/ Planverwaltung
- Technischer Innendienst
- Werkstudent

### Wofür haben Sie BIM bereits benutzt? – Andere

- Pullplanungen
- Würfelterminpläne, Phasenpläne
- Pullplanung
- Stuttgarter Modell
- Erfassung der Ist-Leistungen der Gewerke als Grundlage für die neue Soll-Planung
- Auswertung zum Prozesserfüllungsgrad
- Wertstromanalyse
- 5S, Wertstromanalyse, Multimomentaufnahme
- Multimomentaufnahme, Wertstromanalyse, A3-Report, ....

### Was halten Sie für wesentliche Hindernisse, um mehr als bisher mit digitalen Methoden zu arbeiten? – Andere

- Das ausführende Personal unserer NU versteht nicht wie Bauprozesse digital funktionieren
- Es fehlt an einer stabilen Funktionstüchtigkeit bestehender Technologien
- Nachunternehmer können / wollen nicht mit BIM / LEAN umgehen.
- Detailtiefe nicht möglich da Baubegleitende Planung!
- neu, noch nicht ausgereift, erst im kommen
- Man sieht den Mehrwert nicht direkt, sondern erst später
- Es werden zu viele unterschiedliche Systeme benutzt

- Der Veränderungsprozess erfordert eine Umstellung der bisherigen Arbeitsweisen und die Menschen brauchen Zeit und Führung in dieser Veränderung
- Jede am Bau bauteilige Firma müsste involviert und ständig überprüft werden
- Meine Vorgesetzten blockieren aktiv die neuen Arbeitsweisen
- Den Auftraggeber zu überzeugen, dass die aktive digitale Partizipation der ausführenden Unternehmen zu seinem Vorteil auch vergütungsrelevant für die Teilnehmer sein sollte.
- Überforderung / 'Gängelung' / Bevormundung intelligenter, berufserfahrener Personen, Fremdsteuerung, Verlust des freien Denkens
- Zeit und Ressourcen sich damit zu beschäftigen
- Bauteams erkennen nicht den Mehrwert für ihre tägliche Arbeit (aus Unwissenheit).
- Die ganze Branche hat Probleme, Veränderungskultur zu leben

**Welche hier noch nicht aufgeführten Anwendungen wären für Ihren Arbeitsablauf nützlich?**

- Verfügbarkeit auf verschiedenen Endgeräten. Benutzerdefinierte, abspeicherbare Filterung und Sortierung.
- Bauabrechnung nach VOB
- funktionierende Software-Schnittstelle zwischen Lean und BIM (so dass zB ein Taktplan auf Knopfdruck entsteht)
- Kopplung Betonbestellung mit Betoniertagebuch und Leistungserfassung, Verwaltung und Bestellung Baustahl, Einbauteile usw.
- Verknüpfung mit Kosten, Nachträgen, Leistungsänderungen, Bauzeitänderungen für Technisches Controlling
- klare Regelungen und Kommunikation / Information, ohne Überforderung der Personen und unter Einbeziehung der einzelnen Qualifikationen und Kenntnisse der Personen
- Einheitliche Programme, gleiches Verständnis, technisches Know-how
- Viele: BIM ist für alle da! Jede Tätigkeit in der Projektabwicklung sollte langfristig von der BIM-Methode profitieren. Voraussetzung dafür ist die Transformation der bisherigen Abläufe und Werkzeuge in eine BIM-konforme Vorgehensweise.
- Nützlich wäre für den Arbeitsablauf eines Verarbeiters/Polier, wenn die digitale Leistungserfassung der anderen Gewerke direkt auf Auswirkungen im eigenen Gewerk hinweist und das System aus der Auswirkung Vorschläge macht, welche Alternativen Einsatzbereich optimal für den nächsten Tageseinsatz vorzubereiten wären. Das gleich gilt natürlich mit der Leistungserfassung von mir als Polier/Verarbeiter, dass meine performance Daten an die anderen Gewerke/Bauleitung/Projektleitung fließen.
- Offline Datenmodell, das 1\*Täglich über Nacht aktualisiert wird!
- Vorteilsberechnung in Termineinhaltung und Kostensenkung
- Im Modell visualisierte und mit den Prozessen der Baustelle abgestimmte Logistikplanung Nutzung der genannten Anwendungen bereits in der Planung - Stichwort Lean DesignVerknüpfung

mit Materialflüssen von z. B. Fertig-/ Modulteilern und Tracking-Möglichkeiten, wie man es aus der Logistikbranche kennt.

- Anwendungen zur Verringerung des Verwaltungsaufwands. Leider werden oft immer mehr (unnötige) Daten erhoben, verwaltet etc.

**Wenn Sie weitere Kommentare haben, tragen Sie diese hier bitte ein.**

- Baubegleitende Planung in Verbindung mit LEAN und BIM widersprechen sich grundsätzlich. Das ist eine nicht denkbare Kombination.
- BIM als Methode beinhaltet nicht nur 3D Modelle. Vielmehr geht es um eine Änderung unsere Arbeitsweise in der Projektabwicklung mit neuen Technologien und Werkzeugen. Hierzu gehört eine Vernetzung verschiedener Methoden und Werkzeuge, die Informationen für entsprechende Tätigkeiten in der richtigen Art und Weise zur Verfügung stellen.
- Die erforderlichen Planungsgrundlagen (BIM Modelle) zur Umsetzung aller vorgestellten Optionen liegen z. Zt. noch in keinem Projekt vor, das technische Know How im erforderlichen Umfang wahrscheinlich auch noch nicht. Die umfassende Automatisierung des Informationsflusses führt über die Anonymisierung nicht zwangsläufig zu einem reibungsloseren Ablauf. Es wird interessant, festzustellen in welchem Umfang direkte Kommunikation abnehmen wird. Es ist theoretisch interessant, dass umfangreiche Erkenntnisse über Ablaufstörungen gesammelt werden können. Die Frage ist wer diese auswertet und ob es einen relevanten Erkenntnisgewinn daraus gibt. Wenn NU umfangreich eingebunden werden und selbständig mit digitalen Anwendungen ihren Arbeitsfortschritt, Störungen etc. dokumentieren sollen, setzt dies Fertigkeiten voraus, die erst noch vermittelt werden müssen.
- Die Konzentration auf des 3D-BIM-Modell wird zu stark in den Fokus gesetzt. Besser wäre zu erkennen, dass es neben dem 3D-Modell, dem Planer-BIM, ein separates Ablauf-Modell, ein Prozess-BIM, sowie ein separates Baunterhaltungs Modell, das FM-BIM geben sollte, die gleichermaßen Unterstützung erhalten. Es stimmt einfach nicht, dass aus der 3D-Welt heraus alle anderen Blickwinkel erfüllt werden können. Die Ausführungs- oder Prozesswelt wird nicht mit der 3D-Brille zu lösen sein. Als parallel-seriell zu vernetzende Ereignisse würden alle drei BIMs ein sensationelles Ergebnis erzielen. Das c<sup>3</sup>-systems Modell eines Prozess-BIM ist zum Beispiel schon für eine KiTa-Sanierung mit Bausumme 1 Mill. Euro anwendbar ohne Grenzen nach oben. Wie lange soll es dauern, bis ein komplettes BIM für eine Bausumme 0,5 bis 10 Millionen einsetzbar ist, damit man 90% der Bauaufträge abdecken kann? Was es für eine BIM-Durchsetzung zusätzlich bedarf, ist ein parallel stattfindenden Kommunikationsmodell, anhand dem die Ereignisse aus Projektentwicklung und dessen 'Takt'gruppe (z.B. Bodengutachten) über die 'Takt'gruppe des Planungsprozesses (Rohbau-Gründung) in die Unter'Takt'gruppe des Details D407 (Übergang Gründung zu Abdichtung) der betroffenen Gewerke der Haupt'takt'gruppe der Hülle (z.B. Außenfassade) kommuniziert und alle Entscheidungen für das Gewerk Fassadenbau nachvollzogen werden kann. Das Abgreifen der zig-tausend Entscheidungsprozesse benötigt eine neue IT-Architektur, in der mit eSignatur, Smart Contracts (Blockchain) über de-

zentrale und zentrale, autonome und geschlossene Datenbanken nicht das Software-Haus bestimmt, was wie geht, sondern allein das datentechnische Wesen des Baukörpers im Mittelpunkt steht.

- Diese Werkzeuge sind furchtbar hilfreich - wenn sie für jeden zugänglich sind. In der Realität wird kein NU jemals BIM Programme nutzen, um z.B. die notwendigen Vorleistungen zu überprüfen. Dies würde alles bei der Bauleitung 'liegen' bleiben, weshalb ich den Zeitfaktor als Riesen Problem sehe.
- Hinsichtlich vorangegangener Fragen ist der Arbeitsaufwand für die Erstellung eines 4D- bzw. 5D-Modells zu berücksichtigen. Wer erstellt diese Dimensionalität des Modells?