

Technische Universität München

Ingenieur fakultät Bau Geo Umwelt

Lehrstuhl für Computergestützte Modellierung und Simulation

BIM und LCM – Chancen, Synergien sowie eine mögliche Interaktion zwischen beiden Systemen anhand eines Praxisbeispiels über die Visualisierung eines Neubaus, dem iCampus im Münchner Werksviertel

Bachelorthesis

für den Bachelor of Science Studiengang Bauingenieurwesen

Autor: Laurent Altmann

Matrikelnummer:



1. Betreuer: Prof. Dr.-Ing. André Borrmann

2. Betreuer: Alexander Braun, M.Sc.

Ausgabedatum: 01. Januar 2020

Abgabedatum: 31. Mai 2020

Abstract

Digitalization has become indispensable for many professions in today's world and it is more important than ever to keep up with technology. Many industries are very advanced in this respect. A new form of digitalization has also been making its way into the construction industry (since around 2003), albeit with some delay; we are talking about **Building Information Modeling (BIM)**, which initially developed from technical drawing via 2D and 3D, to the above-mentioned building information model. BIM is one of the most important milestones in terms of digitalization in this industry. What sets BIM apart is the ability to create a digital building information model. The building is not only represented graphically but also provided with information and attributes that add value not only in planning but also in the execution and management phase of a building. From a BIM model, masses and quantities can be determined, process simulations can be created and an initial time frame defined. However, there are still some issues that need to be solved or improved; inadequate compatibility of the various software applications, missing standards, and norms, insufficient know-how, and the lack of concretization of the scope of a BIM model on the part of the client, to name just a few points. In the meantime, solution-oriented approaches have been found.

Also, a management approach has recently emerged in the construction industry that reduces waste and increases added value: **Lean Construction Management (LCM)**. It represents a new way of managing a construction site and results in the optimization of the construction process. LCM originated in the automotive industry, where it has led to continuous process improvement by reduction of waste.

At the same time, an increase in production and thus in value-added was noted. This should also find its way into the construction industry. The question is how BIM and LCM can be **profitably linked and interact** with each other. The practical relevance is established in this thesis (chapter 5) based on a possible collaboration through the visualization of a LCM schedule in a BIM model.

Zusammenfassung

Digitalisierung ist in der heutigen Zeit für viele Berufe unentbehrlich geworden und wichtiger denn je ist es mit der Technik zu gehen. Viele Branchen sind diesbezüglich sehr fortschrittlich. Etwas verzögert hält auch (seit etwa 2003) eine neue Form der Digitalisierung Einzug in die Baubranche; die Rede ist vom **Building Information Modeling (BIM)**, was sich zunächst aus dem technischen Zeichnen über 2D und 3D bis hin zum o.g. Bauwerksinformationsmodell entwickelte. BIM ist einer der wichtigsten Meilensteine in Bezug auf die Digitalisierung in dieser Branche. Was BIM auszeichnet, ist die Möglichkeit der Schaffung eines digitalen Gebäudeinformationsmodells. Das Bauwerk wird nicht nur grafisch dargestellt, sondern auch mit Informationen und Attributen belegt, die einen Mehrwert, nicht nur in der Planungs-, sondern auch in der Ausführungsphase und der Bewirtschaftung eines Gebäudes bringen. Aus einem BIM-Modell können Massen und Mengen ermittelt sowie Ablaufsimulationen erstellt und daraus ein erster zeitlicher Rahmen definiert werden. Doch gibt es in Bezug darauf einige Themen, die es noch zu lösen, bzw. zu verbessern gibt. Unzureichende Kompatibilität der verschiedenen Softwareapplikationen, fehlende Standards und Normen, mangelhaftes Know-how sowie unzureichende Konkretisierung bzgl. des Umfangs eines BIM-Modells von Seiten des Auftraggebers, um nur ein paar Punkte zu nennen. Dahingehend fand man inzwischen lösungsorientierte Ansätze.

Darüber hinaus tat sich in der Baubranche seit Kurzem ein Management Ansatz auf, der Verschwendung reduziert und Wertschöpfung steigert: Das **Lean Construction Management (LCM)**. Es stellt eine neue Art der Unternehmensführung dar und hat eine Optimierung des Bauablaufes zur Folge. LCM stammt ursprünglich aus der Automobilindustrie und führte dort zu einer kontinuierlichen Verbesserung der Prozesse durch die Reduzierung der Verschwendung. Gleichzeitig war eine Steigerung der Produktion und somit der Wertschöpfung festzustellen. Auch in die Baubranche soll dies Einzug finden. Hier stellt sich die Frage, wie zwischen BIM und LCM eine gewinnbringende **Verknüpfung der Schnittstellen und eine Interaktion** aussehen könnte. Der Praxisbezug wird anhand einer möglichen Kollaboration durch die Visualisierung einer LCM-Taktung in einem BIM-Modell in dieser Arbeit (Kapitel 5) hergestellt.

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	VII
Tabellenverzeichnis	X
Abkürzungsverzeichnis	XI
1 Einführung und Motivation	1
1.1 Einführung	1
1.2 Ziel der Arbeit	2
1.3 Aufbau der Arbeit.....	2
2 BIM – Building Information Modeling	4
2.1 Begriffsdefinition	4
2.2 Grundlagen – Historie bis Heute.....	6
2.3 BIM Einführung im internationalen Vergleich	6
2.4 BIM Einführung national – Wie weit ist die Einführung in Deutschland vorangeschritten?	7
2.4.1 Zielsetzung in Deutschland - Leistungsniveau 1	8
2.4.2 Stufenplan zur Definition des Leistungsniveaus 1.....	8
2.5 Technologische Stufen von BIM - big BIM vs. little BIM, open BIM vs. closed BIM	10
2.5.1 little BIM – big BIM.....	11
2.5.2 open BIM vs. closed BIM	12
2.6 IFC – Industry Foundation Classes.....	13
2.7 Level der digitalen Planung oder BIM-Levels.....	15
2.7.1 Die verschiedenen Dimensionen von BIM	17
2.8 Auftraggeber-Informationsanforderungen (AIA).....	19
2.9 BIM in der Praxis.....	19
2.10 Vorteile von BIM im Vergleich zur traditionellen Planung.....	20
3 Lean Management (LM)	21
3.1 Grundlagen und Historie – Herkunft Lean Management (LM)	22

3.1.1	Historie – Herkunft des Toyota-Produktionssystem (TPS).....	22
3.1.2	Lean Management (LM) – Lean Production.....	24
3.1.3	Grundprinzipien des Lean Managements	24
3.2	Lean Construction Management.....	29
3.3	Methoden und Werkzeuge des Lean Managements in der Baubranche	31
3.3.1	Kaizen.....	31
3.3.2	PDCA-Zyklus	32
3.3.3	Kanban	33
3.3.4	Last Planner System ® (LPS)	33
3.4	Lean Site Management (LSM) – am Beispiel iCampus.....	36
3.4.1	Lean Site Management (LSM)	38
3.4.2	Prozessplanung (PP)	44
3.4.3	Tafelplanung (TP)	46
4	Voraussetzungen, Chancen und Synergien von BIM und LCM	51
4.1	BIM in Verbindung mit LCM – derzeitiger Stand	51
4.2	Voraussetzung für eine Verknüpfung von BIM und LCM	51
4.2.1	Transparenz.....	52
4.2.2	Kollaboration statt nur Kooperation.....	53
4.2.3	Kompetenz, Empathie und Wissen	54
4.3	Gründe für ein Zusammenführen von BIM und Lean Construction Management.....	55
4.3.1	Definition des Wertes aus Sicht des Kunden	55
4.3.2	Die Identifikation des Wertstroms	56
4.3.3	Das Fluss-Prinzip.....	56
4.3.4	Das Pull-Prinzip	57
4.3.5	Perfektion.....	57
4.4	Barrieren und Hindernisse einer Verknüpfung von BIM und LCM	57
4.5	Interaktionsmatrix.....	58
4.6	Potentiale der Schnittstellen zwischen BIM und LCM.....	58
4.6.1	Bau- und Planungsbesprechungen.....	58
4.6.2	Virtuelles Prototyping und Simulationen	59
4.6.3	Kollisions-Analyse.....	59
4.6.4	Virtuelle Kollaboration	59
4.6.5	Visualisierung	60

4.6.6	Just-in-Time (JIT).....	60
4.6.7	Mängelmanagement	60
4.6.8	Vorteile für das Facility Management.....	61
4.7	Lean im BIM-Prozess.....	61
5	Praxisbeispiel über die Visualisierung eines Neubaus, dem iCampus im Münchner Werksviertel	63
5.1	Konzeptionelle und theoretische Umsetzung.....	63
5.1.1	Grundsätzlicher Aufbau	63
5.1.2	Funktionsweise und Schwierigkeiten	64
5.1.3	Hintergrund der Idee – Nutzen, Übersichtlichkeit und Zeitersparnis durch die Visualisierung von Prozessen.....	65
5.2.1	Einpflegen der Daten in Revit 2020	66
5.3	Zukunftsaussicht für meine projektbezogene Umsetzung.....	87
6	Ausblick und Fazit	88
	Literaturverzeichnis	90
	Anhang A	95
	Anhang B	105

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 2.4.1-1: BIM-Modell über den gesamten Lebenszyklus eines Gebäudes (Borrmann, König und Koch, et al. 2015).	5
Abbildung 2.4.2-1: Darstellung des Stufenplans (Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur 2015).....	9
Abbildung 2.4.2-1: Matrix zur Kombination von little BIM, big BIM, closed BIM und open BIM (Borrmann, König und Koch, et al. 2015).....	11
Abbildung 2.5.2-1: Mögliche open BIM-Konstellation (Sommer 2016).	13
Abbildung 2.5.2-1: BIM-Implementierungsgrade Level 0 - Level 3 (Sommer 2016). ..	16
Abbildung 2.7.1-1: Beispiel eines BIM-Modells (Wieldraayer 2020)	17
Abbildung 2.7.1-2: Dimensionen des Building Information Modeling (BIM macht Sinn 2019).....	18
Abbildung 2.7.1-1: Die Entstehung von Lean Management (eigene Grafik)	22
Abbildung 3.1.3-1: Grundprinzipien des Lean-Managements (eigene Grafik in Anlehnung an (Fiedler 2018)).....	25
Abbildung 3.1.3-2: Tätigkeitseinteilung – Kreisdiagramm (Bertagnolli 2018).....	29
Abbildung 3.3.2-1: Der PDCA-Zyklus zur nachhaltigen und kontinuierlichen Prozessverbesserung (Fiedler 2018)	33
Abbildung 3.3.4-1: Durchführung des LPS, beginnend von rechts nach links gelesen (German Lean Construction Institute – GLCI e. V. 2018).....	35
Abbildung 3.3.4-1: iCampus im Werksviertel am Ostbahnhof mit (links beginnend: Alpha, Beta, Gamma und Rhenania) (icampus-muenchen.de 2017)	38
Abbildung 3.4.1-1: Implementierung von LCM anhand standardisierter Schritte (Drees & Sommer 2019)	39
Abbildung 3.4.1-2: Gesamtprozessanalyse, Erarbeitung Standardverfahren (Drees & Sommer 2019).....	40
Abbildung 3.4.1-3: Entwicklung des Gesamtprozesses unter Berücksichtigung von definierten Zielen und Strukturen. (Drees & Sommer 2019).....	42
Abbildung 3.4.1-4: Beispiel einer Aktionsliste (Drees & Sommer 2019)	44

Abbildung 3.4.2-1: Digitalisierte Prozessplanung - Möglicher Aufbau und Bestandteile (Drees & Sommer 2019)	46
Abbildung 3.4.3-1: Tafel-, bzw. Detailplanung - detaillierte Prozessplanung auf Wochen- und Tagesbasis (Drees & Sommer 2019)	47
Abbildung 3.4.3-2: Beispiel für eine Plankarte (Drees & Sommer 2019)	48
Abbildung 3.4.3-3: Beispiel für Aktions-, Stop- und Meilensteinkarten (Drees & Sommer 2019).....	49
Abbildung 3.4.3-4: Plankarten aus der Plantafel auf den Grundrissplan gesteckt (Drees & Sommer 2019)	50
Abbildung 3.4.3-5: Erledigte Plankarte vom Grundrissplan zurück in die Tafelplanung gesteckt (erledigt → grüne Seite nach oben) (Drees & Sommer 2019)	50
Abbildung 4.2.1-1: Aufteilung eines Bauwerksprodukt in die verschiedenen Kriterien (Kröger 2018)	53
Abbildung 4.2.3-1: Erfolgsfaktoren für eine Kollaboration (Kröger 2018).....	55
Abbildung 5.1.1-1: Darstellung des 3D-Modells mit den Verschiedenen Phasen - Prozess noch nicht gestartet (Weiß), in Bearbeitung (Gelb), Fertig (Grün) und Verzug (Rot),.....	64
Abbildung 5.2.1-1: Einstellungen – Bauteil – Phasen -Phase 01	67
Abbildung 5.2.1-2: Dialogfeld Phasen mit den Registrierkarten: Projektphasen, Phasenfilter und Grafische Überschreibung	68
Abbildung 5.2.1-3: Projektphasen – Name und Beschreibung	69
Abbildung 5.2.1-4: Grafische Überschreibung – Ausgangszustand.....	71
Abbildung 5.2.1-5: Grafische Überschreibung – Eigene Einstellung	71
Abbildung 5.2.1-6: Grafische Überschreibung - Liniengrafiken.....	72
Abbildung 5.2.1-7: Grafische Überschreibung - Füllmustergrafiken	73
Abbildung 5.2.1-8: Grafische Überschreibung - Material	74
Abbildung 5.2.1-9: Grafische Überschreibung - Material_Identität	75
Abbildung 5.2.1-10: Grafische Überschreibung - Material_Grafiken.....	76
Abbildung 5.2.1-11: Grafische Überschreibung - Material_Aussehen	77
Abbildung 5.2.1-12: Phasenfilter - Standardvorlage Revit 2020	78
Abbildung 5.2.1-13: Phasenfilter -Eigene Einstellungen.....	79

Abbildung 5.2.1-14: Beispiel Verzug (Rot) +; durch das "+" wird das gesamte Gebäude, also auch Prozesse, die noch nicht gestartet sind, angezeigt. (Vergleiche im Gegensatz dazu "Verzug (Rot) in Abbildung 5.2.1-16 hier wird nur der Verzug angezeigt.....	80
Abbildung 5.2.1-15: Beispiel für "Alle Phasen (Gelb+Grün+Rot); hier ohne dem "+" (Vergleiche Abbildung 5.1.1-1, die das „+“ enthält)	80
Abbildung 5.2.1-16: Beispiel für "Verzug (Rot)"; es sind ausschließlich die Bauteile/Prozess zu sehen, die im Verzug sind. (im Gegensatz dazu Abbildung 5.2.1-14).....	81
Abbildung 5.2.1-17: Phasenfilter - Filternahmen ändern	81
Abbildung 5.2.1-18: Zusammenhang - Grafische Überschreibung + Phasenfilter	82
Abbildung 5.2.1-19: Phasenfilter - Sichtbarkeitseinstellungen.....	82
Abbildung 5.2.1-20: Phasenzuweisung - Bauteile - beispielhaft (Fundamente -> Fertig (Grün)).....	85
Abbildung 5.2.1-21: Phasenvisualisierung - Phase muss IMMER auf III eingestellt sein (in der 3D-Ansicht).....	86
Abbildung 5.2.1-22: Phasenvisualisierung - Phasenfilter gewählt (3_Fertig (Grün)).	86

Tabellenverzeichnis

Tabelle 3.1-1: Muda - die sieben Arten der Verschwendung – Definition „TIM WOOD“ (in Anlehnung an (Fiedler 2018)).....	27
Tabelle 3.2-1: Vergleich von stationärer Produktion zur mobilen Baustellenfertigung (Kröger 2018).	31

Abkürzungsverzeichnis

2D	Zweidimensional (x,y)
3D	Dreidimensional (x,y,z)
4D	Vierdimensional (x,y,z, Zeit u. Ressourcen)
5D	Fünfdimensional (x,y,z, Zeit, Kosten)
6D	Sechsdimensional (x,y,z, Zeit, Kosten, Lebenszyklus)
7D	Siebdimensional (x,y,z, Zeit, Kosten, Lebenszyklus, Facility Management)
ABG	Alpha, Beta und Gamma
AIA	Auftraggeber-Informationsanforderungen
APA	Auftraggeber-Produkt-Anforderung
BAP	BIM-Abwicklungsplan
BIM	Building Information Modeling
BMVI	Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur
CAD	Computer-aided design
COBie	Construction-Operations Building Information Exchange
DIN	Deutsches Institut für Normung
Dreso	Drees & Sommer
EN	Europäische Norm
EÜ	Eisenbahnüberführung
FM	Facility Management

g ²	Gassmann + Grossman Baumanagement GmbH
GLCI	Das German Lean Construction Institute
GPA	Gesamtprozessanalyse
GSA	General Service Administration
HOAI	Honorarordnung für Architekten und Ingenieure
IFC	Industry Foundation Classes
IGLC	International Group of Lean Construction
IPD	Integrated Project Delivery
ISO	International Organization for Standardization
JIT	Just-in-Time
KVP	Kontinuierlicher Verbesserungsprozess
LCM®	Lean Construction Management
LDM	Lean Design Management
LP	Leistungsphase
LPD	Lean Product Definition
LPS	Last Planner System ®
LSM	Lean Site Management
MIT	Massachusetts Institute of Technology
NABau	DIN-Normenausschuss Bauwesen
OG	Obergeschoss
OÜ	Objektüberwachung

PDCA	Plan, Do, Check und Act
PEA-Wert	Prozentsatz der eingehaltenen Aussagen
PP	Prozessplanung
PTCA	Planen, Tun, Checken und Agieren
TGA	Technische Gebäudeausrüstung
TP	Tafelplanung
TPS	Toyota-Produktionssystem
WSA	Wertstromanalyse

1 Einführung und Motivation

1.1 Einführung

„*Wer nicht mit der Zeit geht, der muss... mit der Zeit gehen.*“ (Feldhusen 2010). D.h., seinen Arbeitsplatz verlieren; bzw. wer nicht auf dem Laufendem bleibt, wird früher oder später untergehen. In einer Welt, in der die Technik mit rasantem Tempo voranschreitet, wo es um Schnelligkeit, trotzdem um Genauigkeit sowie Quantität, aber auch im gleichem Maße um Qualität geht, ist es essenziell sich den ständigen Neuerungen und damit einhergehenden Herausforderungen zu stellen und diese hemdsärmelig und mit vollem Einsatz anzupacken.

Die Baubranche entwickelt sich und erlebt im Moment einen Wandel in Bezug auf die Digitalisierung. Building Information Modeling (BIM) und Lean Construction Management (LCM) sind Methoden, die entsprechend umgesetzt werden müssen und die ein großer Fortschritt für die Branche sein können. Vor allem für kleinere Unternehmen ist eine Umstellung der Planung mittels BIM oftmals sehr schwer. Auch das Arbeiten mit dem Lean Construction Management ist noch für viele Auftraggeber sowie -nehmer Neuland. Dabei ist gerade für LCM ein konsequentes Handeln von Wichtigkeit, denn die Bauausführung scheitert oft an der mangelnden Konsequenz bei der Umsetzung von Leistungen, was eine termingerechte Fertigstellung verhindert. LCM und BIM bieten Vorteile, Chancen und Möglichkeiten in der zunehmenden Digitalisierung der Baubranche. Diese müssen jedoch zum Teil erst noch in das Bewusstsein aller Projektbeteiligten gerufen werden, bevor eine standardmäßige Umsetzung beider Methoden stattfindet.

Im Münchner Osten entsteht derzeit das Werksviertel, mit vielen Neubauten und Sanierungsprojekten. Im Zuge dessen entsteht auch der „iCampus“, ein Büro der Superlative, mit *„lebendigen und zukunftsweisenden Arbeitsplätzen“* (R&S Immobilienmanagement GmbH 2020). Die vorgesehene Bauzeit des Projekts lässt keine Fehler zu. Dies war auch ein Grund, sich für eine Umsetzung des Projektes mit LCM zu entscheiden.

1.2 Ziel der Arbeit

Diese Arbeit behandelt Schnittstellen von BIM und LCM und deren gewinnbringende Interaktion, bzw. wie diese erzeugt werden kann. Somit werden Gemeinsamkeiten, bzw. gemeinsame Ziele zwischen BIM und LCM erarbeitet. Der Fokus liegt dabei auf dem Einfluss der beiden Methoden bezüglich Planungs-, Steuerungs- und Leistungsprozessen, die in einem Projekt durchlaufen werden. Anhand eines konkreten Beispiels, dem Projekt „iCampus“ im Münchner Werksviertel wird versucht, mittels eines von mir erstellten BIM-Modells mit dem Programm Revit 2020 eine Verknüpfung zwischen einem BIM-Modell und LCM herzustellen, zu integrieren und zu visualisieren. Damit wird die Prozessplanung (aus dem LCM in einem BIM-Modell) zusammengeführt und daraus soll eine termingerechte Fertigstellung resultieren.

1.3 Aufbau der Arbeit

Die Arbeit ist thematisch in vier verschiedene Abschnitte unterteilt. Der erste Teil (Kapitel 2) stellt das BIM vor und alle damit verbundenen relevanten Themen in Bezug auf diese Bachelorarbeit. Dies sind zum Beispiel die verschiedenen technologischen Stufen, wie big, little, open oder closed BIM, bzw. eine Kombination der verschiedenen Stufen (Borrmann, König und Koch, et al. 2015). Darüber hinaus werden die Industry Foundation Classes (IFC) sowie die Auftraggeber-Informationsanforderungen genauer unter die Lupe genommen.

Im dritten Kapitel wird die Entwicklung des Lean Construction Managements (LCM) beschrieben. Den Ursprung hat es in der Automobilindustrie und wird heutzutage in abgewandelter Form auf die Baubranche angewendet, daher auch der Name Lean Construction Management. Des Weiteren werden die Methoden und Werkzeuge, die im LCM eingesetzt werden, vermittelt. Hierbei beziehe ich mich auf das Projekt iCampus. Dieses Bauvorhaben wird von der Firma, bei der ich derzeit Werkstudent bin, Gassmann + Grossmann Baumanagement GmbH (g²) als Objektüberwacher betreut. Die Firma Drees & Sommer (Dreso) agiert außerdem als Lean Management Koordinator.

Im nächsten Teil der Arbeit (Kapitel 4) werden die Schnittstellen dargelegt. Zudem werden der derzeitige Stand und die Grundvoraussetzungen einer gewinnbringenden Verbindung zwischen beiden Methoden geschildert sowie die Gründe für eine Zusammenführung aufgezeigt.

Im Letzten Kapitel wurde eine Variante erarbeitet, die eine Verknüpfung zwischen BIM und LCM herstellt. Es wurde die zeitliche Planung aus LCM mittels Revit, einem BIM Bearbeitungsprogramm, in das Modell vom iCampus (eigens erstellt) integriert. So wurde die Taktung aus dem Lean Management in einem Bauwerkinformationsmodell grafisch dargestellt.

2 BIM – Building Information Modeling

Building Information Modeling (BIM) stellt eine der größten Errungenschaften (in etwa seit dem Jahr 2003) im Bereich der Baubranche dar. Es bietet eine ganz neue Art, Informationen zu verarbeiten. Während bei einer technischen Zeichnung (beispielsweise eines Grundrisses) keine Informationen über das Bauteil enthalten sind, wird in einem BIM erstellten Gebäudemodell jedes Bauteil mit gewissen Eigenschaften, bzw. Attributen belegt und kann so über den gesamten Lebenszyklus eines Bauwerks verwendet werden. Das bedeutet, dass das Modell sowohl den Entwurf, die Planung, die Ausführung als auch den Betrieb nach Fertigstellung berücksichtigt, bzw. beinhaltet. BIM macht es allen Beteiligten möglich, auf Daten für das Projekt zuzugreifen und sie zeitgleich zu bearbeiten. Dies führt zu einer Effizienzsteigerung in der Planung, da eine mehrfache Eingabe von Informationen vermieden wird und dadurch das Risiko sinkt, fehlerhafte Informationen einzutragen. Einer Umsetzung steht aus heutiger Sicht nichts mehr im Wege, da bereits entsprechende Softwarewerkzeuge für eine entsprechende Umsetzung vorhanden sind. Einige innovative Ingenieurbüros in Deutschland setzen BIM bereits erfolgreich ein. Ein deutschlandweiter Standard ist jedoch noch nicht geregelt, weshalb die meisten Unternehmen noch auf die konventionelle Art der Planung zurückgreifen. Um BIM effektiv und verbindlich einzusetzen, ist vor allem die öffentliche Hand nach einer Regelung gefragt. Diese könnte eine Nutzung von BIM verbindlich vorschreiben, so wie es bereits in anderen Ländern Standard ist. (Borrmann, König und Koch, et al. 2015)

2.1 Begriffsdefinition

Eine einheitliche Definition für Building Information Modeling (BIM) gibt es derzeit noch nicht. Die Bundesarchitektenkammer definiert BIM jedoch folgendermaßen:

“BIM bezeichnet eine kooperative Arbeitsmethodik, mit der [...] 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.”

(Jany und Seitz, Glossar Digitalisierung 2019)

Hier wird Building Information Modeling als eine Zusammenarbeit der Beteiligten mittels eines digitalen Gebäudemodells beschrieben, der Datenaustausch zwischen den Bauherrn, Architekten, Fach-, Tragwerks- und TGA-Fachplanern (Technische Gebäudeausrüstung) sowie dem Projektmanagement etc. soll dabei stets transparent sein.

In Abbildung 2.4.1-1 wird das gesamte Spektrum eines BIM-Modells dargestellt. Ein solches kann einen Mehrwert für das Bauwerk, für die Nutzer und für die Besitzer liefern. Jedoch ist der Informationsgehalt und Detailierungsgrad eines BIM-Modells nicht immer gleich groß, sondern stark von den Vorgaben des Auftraggebers abhängig, diese werden als Auftraggeber-Informationsanforderungen (AIA) bezeichnet. (Eine detailliertere Erklärung dazu findet sich in Kapitel 2.8 Auftraggeber-Informationsanforderungen (AIA) wieder)

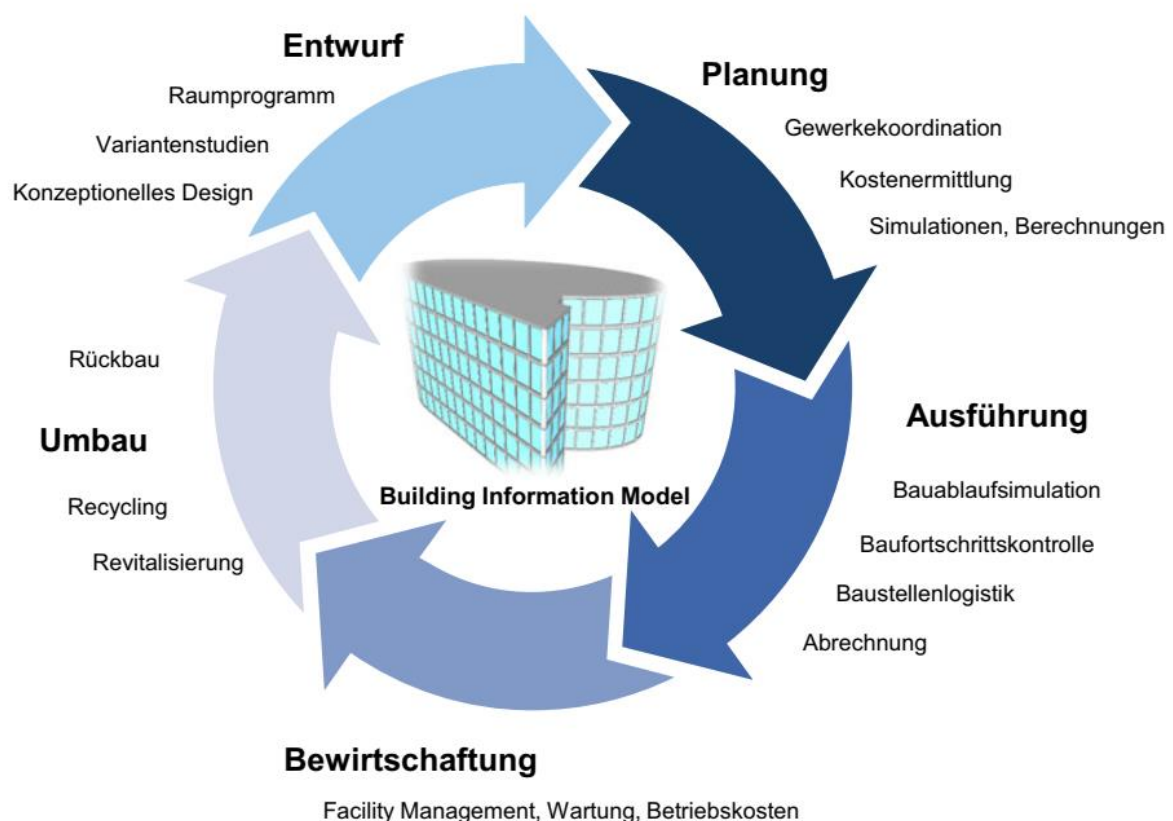


Abbildung 2.4.1-1: BIM-Modell über den gesamten Lebenszyklus eines Gebäudes (Borrmann, König und Koch, et al. 2015).

2.2 Grundlagen – Historie bis Heute

Der hinter BIM befindliche Ansatz ist nichts Neues. Bereits in den 70er-Jahren erschienen Forschungsarbeiten, z.B. die von Eastman Charles et al., die sich erstmals mit dem Aufbau und Einsatz eines Gebäudemodells, das nicht real, sondern virtuell erstellt wird, befasst (Eastman, et al. 1974).

Erstmalige Verwendung der Bezeichnung BIM, bzw. Building Information Modeling geht auf das Jahr 1992 zurück. Zwei Wissenschaftler, van Needervan und Tolman veröffentlichten damals eine Publikation, in der der Begriff Building Information Modeling erstmals verwendet wurde. Die Firma Autodesk Inc. sorgte im Jahr 2003 mittels einer Publikation für eine Weiterverbreitung des Begriffs BIM. Damals waren jedoch die veröffentlichten Methoden und Konzepte meist nur in der Theorie möglich, da keine derart leistungsstarken Computer, bzw. Softwareprogramme vorhanden waren, um die Umsetzung zu realisieren. Heutzutage besteht die Möglichkeit einer Durchführung der Visualisierung eines digitalen Gebäudemodells. In manchen Ländern wie beispielsweise den USA gibt es bereits Standards bzgl. BIM. Dies ist allerdings noch nicht in jedem Land der Fall, auch nicht in Deutschland.

2.3 BIM Einführung im internationalen Vergleich

Deutschland schneidet bei der Verwendung und Umsetzung von BIM, nicht sehr gut ab. Eine Vorreiterfunktion haben hier in erster Linie Singapur, Finnland, die USA, Großbritannien und Australien. In genannten Ländern spielte jedoch der Staat eine entscheidende Rolle, als es um die Einführung dieses Modells ging und er ist nach wie vor maßgeblich an der Umsetzung beteiligt.

Wer in Singapur z. B. für die öffentliche Hand bauen möchte, ist seit 2004 verpflichtet, sämtliche Unterlagen elektronisch einzureichen, bzw. zu übermitteln. Die Umsetzung findet mittels einer Internet-Plattform statt. Digitale Gebäudemodelle sind außerdem in offene Datenaustauschformate wie die IFC zu übergeben. Die Modelle werden im weiteren Verlauf auf die Einhaltung gewisser Anforderungen und Normen geprüft, darunter auch auf die Erfüllung des Brandschutzes.

Doch auch in den USA konnte sich BIM mittlerweile gut etablieren. Vor allem große staatliche Auftraggeber wie die General Service Administration (GSA) und das US Army Corps of Engineers (USACE) verlangen Bauprojekte mithilfe eines BIM basierten

Modells abzuwickeln. Dieser Trend ist jedoch auch zunehmend bei privaten Auftraggebern zu erkennen. Ein gewisser Standard wurde in den USA bereits durch eine Vielzahl an Dokumenten und Richtlinien veröffentlicht. Diesbezüglich ist vor allem der National BIM Standard vom National Institute of Building Sciences (NIBS) zu nennen. In diesem Dokument werden eine Vielzahl an definierten Standards vereint „u. a. zu den Datenformaten IFC und COBie“ (Borrmann, König und Koch, et al. 2015).

Den vermutlich bemerkenswertesten Ansatz liefert derzeit die britische Regierung. 2007 wurde eine BIM-Strategie ins Leben gerufen, deren Ziel eine Senkung der Kosten von 15% bis 20% sowie eine Reduzierung der Treibhausgase um rund 50% sein soll. Des Weiteren ist es das Ziel, das technische Niveau der Bauindustrie mit Hilfe von BIM derart zu heben, dass im internationalen Vergleich ein deutlicher Wettbewerbsvorteil herrscht. So wurde dort bereits seit 2016 für sämtliche öffentliche Bauvorhaben BIM Level 2 verbindlich vorgeschrieben und eine BIM Task Group eingesetzt, deren Schwerpunkt in der Er- und Ausarbeitung essenzieller Standards und Richtlinien lag. (Borrmann, König und Koch, et al. 2015)

2.4 BIM Einführung national – Wie weit ist die Einführung in Deutschland vorangeschritten?

Bei uns sind es gerade private Unternehmen, die eine Projektabwicklung mittels BIM fordern. Planungsbüros oder ausführende Büros sind in der Regel diejenigen, die BIM letzten Endes einfach umsetzen. Doch mittlerweile ergreift auch der Staat die Initiative einer Förderung dieser Methode. Das Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) hat am 15.12.2015 einen Stufenplan vorgelegt, welcher eine erfolgreiche Einführung von BIM in Deutschland, speziell in Infrastrukturprojekten, zum Ziel hatte. Da es in diesem Bereich derzeit noch keine Standardisierungen, bzw. Normierungen wie die IFC gibt, steht man vor einer großen Herausforderung. Diesbezüglich wird derzeit auf bereits vorhandene Dateiformate und Richtlinien zurückgegriffen, um eine Steuerung der Prozesse umzusetzen (Probst 2018). Pilotprojekte wie beispielsweise die Eisenbahnüberführung (EÜ) Filstal wie dies trotz einer fehlenden Standardisierung und Normierung im Infrastrukturbereich gelingen kann. Im weiteren Verlauf dieses Kapitels wird vermehrt das Projekt der Eisenbahnüberführung Filstal als Beispiel herangezogen.

2.4.1 Zielsetzung in Deutschland - Leistungsniveau 1

Ziel ist es, Standards, bzw. Mindestanforderungen in der BIM-Planung zu erarbeiten, die ab 2020 in sämtlichen Projekten des BMVI's umgesetzt werden müssen. Das sogenannte „Leistungsniveau 1“ beschreibt in diesem Zusammenhang die Kriterien, die dafür notwendig sind. Die wesentlichen sechs Punkte, werden aus der Quelle (Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur 2017) zitiert.

„Leistungsniveau 1

- *Der Auftraggeber hat in seinen „Auftraggeber-Informationen-Anforderungen“ (AIA) genau festzulegen, welche Daten er wann benötigt.*
- *Alle zu erbringenden Leistungen sind auf der Grundlage fachmodell-basierter Arbeiten in digitaler Form zu liefern.*
- *In der Ausschreibung sind herstellerneutrale Datenformate zu fordern, um den Datenaustausch zu ermöglichen.*
- *BIM ist als anzuwendendes Planungsinstrument in den Vertrag aufzunehmen.*
- *Abläufe, Schnittstellen, Interaktionen sowie die genutzten Technologien sind in einem sog. „BIM-Abwicklungsplan“ (BAP) zu definieren.*
- *Es ist eine „Gemeinsame Datenumgebung“ zur organisierten Aufbewahrung und zum verlustfreien Austausch der im Planungs- und Bauprozess erzeugten Daten zu schaffen.“*

(Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur 2017)

2.4.2 Stufenplan zur Definition des Leistungsniveaus 1

Die Realisierung des ersten Leistungsniveaus soll anhand dieses Plans zum digitalen Bauen gezeigt werden. Er umfasst drei Stufen (wie in der schematischen Abbildung 2.4.2-1 vom BMVI dargestellt) und richtet sich in erster Linie an öffentliche Auftraggeber und -nehmer. Doch auch Privatkunden können davon profitieren, da dieser Plan fundamentale Aspekte erfasst und ggf. Probleme in Bezug auf BIM korrigiert. Somit kann er zumindest als Basis für zukünftige BIM Projekte dienen. (Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur 2017)

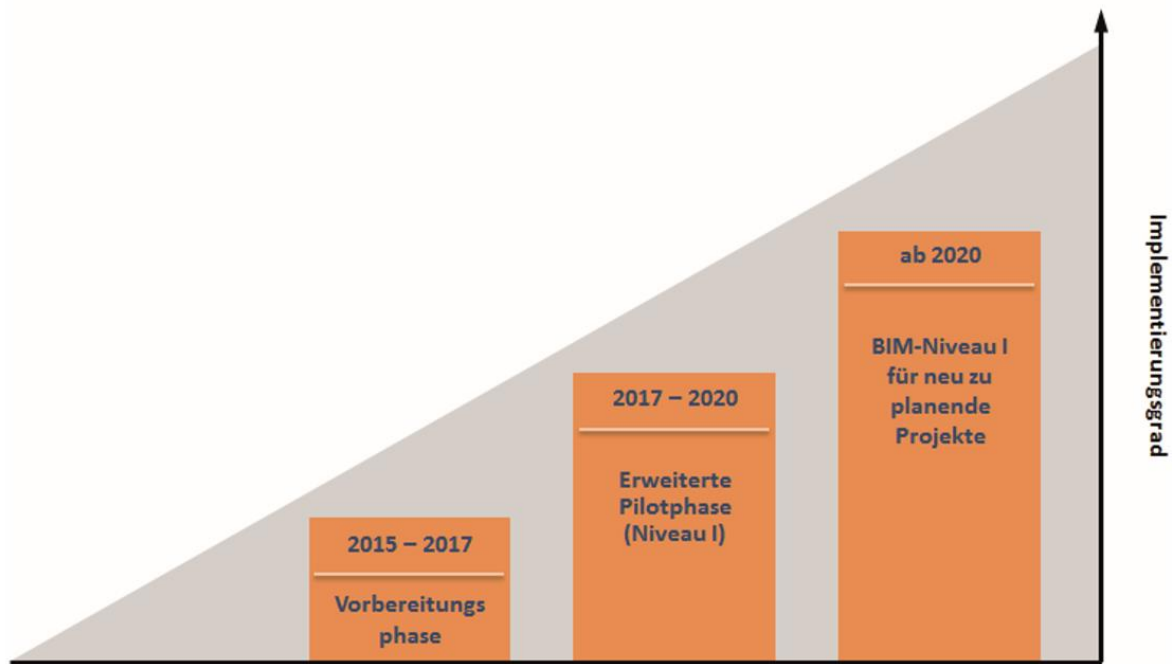


Abbildung 2.4.2-1: Darstellung des Stufenplans (Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur 2015)

2.4.2.1 Die erste Stufe (von 2015 - 2017)

... wird als Vorbereitungsphase betrachtet. In dieser werden Pilotprojekte unter Einbeziehung von Wissenschaftlern begleitet und beurteilt. Die Projekte sind mit BIM durchgeführt und dort nur in bestimmten Leistungsphasen eingesetzt worden (Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur 2017). Bei dem o.g. Projekt, der EÜ Filstal, handelte es sich um die Leistungsphasen 4-5 und LP 8 nach HOAI. Im Beispiel der Filstalbrücke hat sich gezeigt, dass eine 3D-/4D-Modellierung hilfreich eingesetzt wurde. Nennenswert ist vor allem das detailreiche Brückenmodell, aus dem die Schalpläne abgeleitet werden konnten, die kontinuierlich verwaltet werden. Doch sind in der Ausführungsphase auch diverse Hindernisse aufgetreten, wie z.B. der Datenschutz und eine Legitimation von Formularen oder Protokollen, die mittels einer BIM-Software generiert und erstellt wurden. Vor allem im Mängelmanagement gab es hier die größten Probleme zwischen Protokollen und rechtskräftigen Formularen (Borrmann, König und Amann, et al. 2017). Pilotprojekte, wie die Filstalbrücke zeigten in der ersten Stufe, worin die Stärken von BIM in der Praxis liegen und in welchen Punkten noch Handlungsbedarf ist. Dies führt zur nächsten Stufe.

2.4.2.2 Zweite Stufe (von 2017-2020)

Hier ist eine deutlich höhere Anzahl an Pilotprojekten geplant. Diese sollen bereits mit dem Leistungsniveau 1 durchgeführt werden. Durch eine steigende Anzahl der BIM-Projekte können vermehrt Informationen in allen Leistungsphasen gesammelt und ausgewertet werden. Daraus entstehen, bestimmte Leitfäden, Checklisten und Muster. Diese können für künftige Projekte gewinnbringend verwendet werden. Zudem wächst mit jedem BIM-Projekt der Erfahrungsschatz, was zukünftig eine Effizienzsteigerung bringt. Neben dem Versuch, in dieser Stufe auch zwei juristische Fragestellungen zu klären, ist ein zentraler Punkt das Erarbeiten eines geeigneten Konzeptes einer Datenbank, wodurch das Arbeiten mit BIM vereinfacht werden soll. Dies betrifft vor allem den Bereich des Datenaustausches, in dem derzeit noch Defizite zu erkennen sind.

2.4.2.3 Dritte Stufe (ab 2020)

Dort sollen bereits neue Projekte im Bundesverkehrsinfrastrukturbau kontinuierlich mit dem Leistungsniveau 1 geplant und abgewickelt werden.

(Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur 2017)

2.5 Technologische Stufen von BIM - big BIM vs. little BIM, open BIM vs. closed BIM

Ein modellbasiertes Arbeiten, wie es bei BIM der Fall ist, verursacht eine Veränderung der Prozesse, sowohl intern in einem Unternehmen als auch unternehmensübergreifend. Hierbei ist es wichtig, dass die Funktion von Abläufen nicht bedroht ist. Um dieses Risiko so gering wie möglich zu halten, ist ein sukzessiver Übergang sinnvoll. Aus diesem Grund wird BIM bei der Umsetzung auch in unterschiedliche technologische Stufen differenziert. Unterschieden wird zwischen big BIM, little BIM, open BIM“ und closed BIM. Abbildung 2.4.2-1 stellt diese vereinfacht und unter Berücksichtigung der Kombinationsmöglichkeiten dar (Borrmann, König und Koch, et al. 2015).

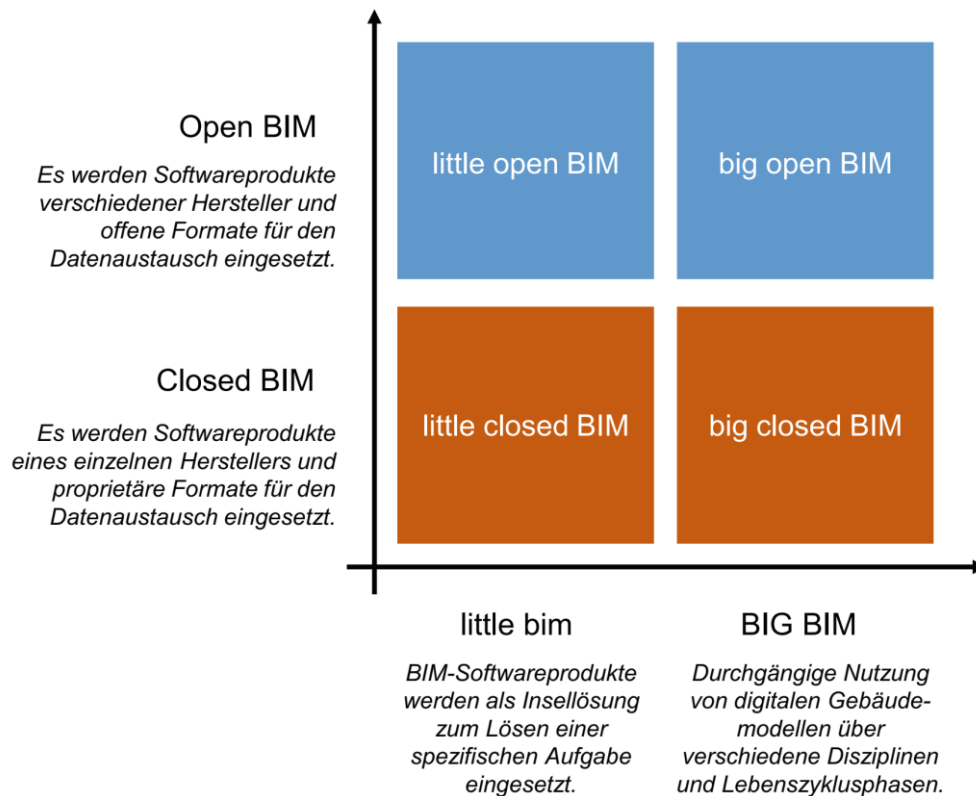


Abbildung 2.4.2-1: Matrix zur Kombination von little BIM, big BIM, closed BIM und open BIM (Borrmann, König und Koch, et al. 2015)

2.5.1 little BIM – big BIM

Im ersten Schritt wird zwischen little BIM und big BIM unterschieden.

Little BIM

Davon wird gesprochen, wenn der Fachplaner an einem unternehmensinternen Modell arbeitet mit einer auf seine Bedürfnisse zugeschnittenen BIM-Software. Diese Modelle werden oft nicht firmenübergreifend zur Verfügung gestellt. Dies hat den Vorteil, dass kein Abgleich mit anderen Firmen stattfinden muss und eine gewisse Datensicherheit gewährleistet ist. Dies ist auch unter dem Begriff *“Insellösung”* (Jany und Seitz, Glossar Digitalisierung 2019) bekannt. Dort sind Standards und Arbeitsweisen intern definiert. Aus dem digitalen Gebäudemodell können entsprechende Pläne abstrahiert werden (Borrmann, König und Koch, et al. 2015).

Big BIM

Der große Vorteil davon im Vergleich zu little BIM ist die Zusammenarbeit der verschiedenen Betriebe, bzw. Planer an einem Gebäudemodell. Die eigentliche Idee von BIM

wird hier in den Fokus gestellt, nämlich eine firmen- und fächerübergreifende Nutzung sowie Bearbeitung des BIM-Modells. Dies wird im Laufe der Planung stetig erweitert und kann somit auch im weiteren Bauablauf verwendet werden. Das eigentliche Ziel der big BIM Lösung ist, jedoch aufgrund gewisser Datenformate nicht immer ganz einfach umsetzbar.

2.5.2 open BIM vs. closed BIM

Open, bzw. closed BIM beschreibt zwei verschiedene Typen von Softwarenutzungen.

Closed BIM

Davon spricht man, wenn die Softwareformate nur mit gewissen -produkten eines einzelnen Herstellers kompatibel sind. Der Datenaustausch erfolgt mittels „proprietärer“ (Borrmann, König und Koch, et al. 2015) Formate, welche keinen allgemeinen Standard darstellen. Sie können nur mit Softwareprodukten eines speziellen Herstellers interagieren. Das hat den Nachteil, dass die Auswahl der Programme stark limitiert ist.

Open BIM

Es ist das Gegenteil von closed BIM. Als Datenaustauschformat, bzw. Datenstruktur für open BIM gilt IFC. Diesbezüglich wird auch von einem offenen Standard gesprochen. Er ermöglicht problemlos den softwareübergreifenden Austausch von Informationen, Daten, Modellen, etc. (Jany und Seitz, Glossar Digitalisierung 2019). Infolgedessen müssen nicht alle am Projekt Beteiligten mit dem selben BIM Programm arbeiten, sondern können das für ihr Gewerk geeignete Programm verwenden ohne im weiteren Verlauf des Projektes eine Inkompatibilität zwischen anderen Softwareapplikationen in Kauf nehmen zu müssen (Sommer 2016).

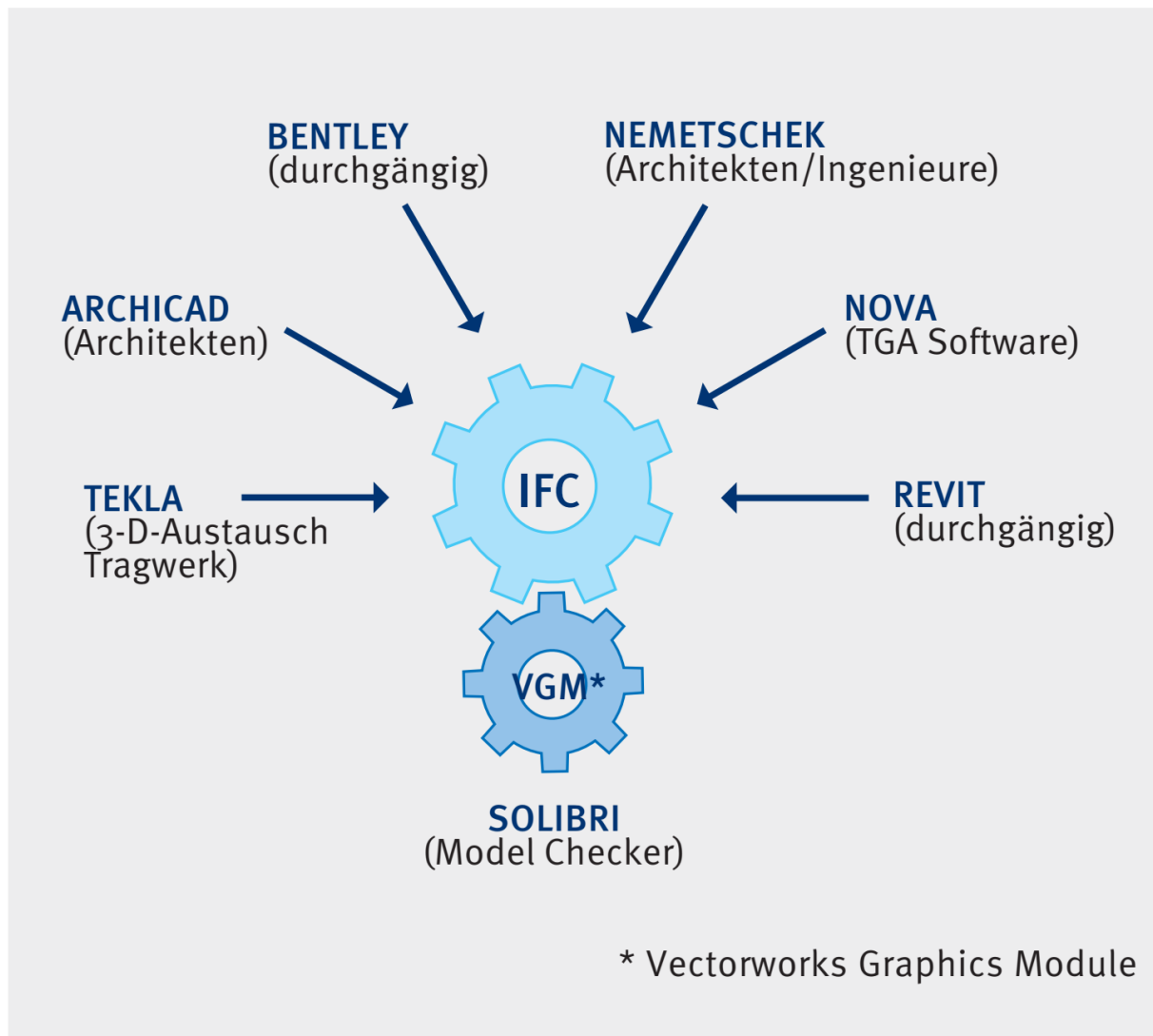


Abbildung 2.5.2-1: Mögliche open BIM-Konstellation (Sommer 2016).

Ziel ist das „big open BIM“, in dem die Vorteile von „big BIM“ und „open BIM“ gebündelt werden. Die Umsetzung in ein herstellerunabhängiges Datenformat ist jedoch sehr schwierig. Dies ist vor allem dadurch zu begründen, dass eine Erzeugung eines Neutralformates sowie eine fehlerfreie Implementierung durch die verschiedenen Softwarehersteller sehr anspruchsvoll ist.

2.6 IFC – Industry Foundation Classes

IFC ist die Abkürzung für Industry Foundation Classes und stellt einen globalen, offenen und neutralen Standard für Building Information Models, bzw. für den Datenaustausch und zur digitalen Beschreibung von Gebäudemodellen dar. Ziel der IFC ist der Austausch von komplexen BIM-Modellen zwischen den verschiedenen Softwareher-

stellern. Federführend für diese Entwicklung war und ist „buildingSMART International“, ein weltweiter, unabhängiger, „Non-Profit“ (buildingSMART 2020) Verband, der wegweisend in der digitalen Transformation der Baubranche ist. „buildingSMART“ liefert, bzw. arbeitet an Lösungen und Standardisierungen für einen weltweiten Informationsaustausch für BIM-Modelle. Die Ziele dieses Verbands werden auf seiner Website folgendermaßen beschrieben:

“ Im Fokus aller Bemühungen steht die zeitgemäße organisatorische, prozessuale und technische Unterstützung digitaler Prozesse in der gesamten Wertschöpfungskette Bau mit dem Ziel einer offenen, d. h. hersteller- und produktunabhängigen Arbeitsweise.” (buildingSMART 2020).

buildingSMART arbeitet kontinuierlich an neuen Standards und Versionen für die IFC. Im Bereich der Infrastrukturplanung wird momentan an der Version IFC5 gearbeitet, die im Bereich der Trassierung größtenteils finalisiert ist. (Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur 2017) Die derzeit aktuellste Version ist die IFC4. Diese ist seit 2013 als erste der IFC-Versionen als ISO 16739 und mittlerweile als DIN EN ISO 16739 „für den Datenaustausch in der Bauindustrie und im Anlagenmanagement“ (DIN.bauportal GmbH 2020) als Standard eingeführt. Dies ermöglicht allen Projektbeteiligten einen problemlosen Datenaustausch von Bauwerksinformationsmodellen. Vorausgesetzt die Softwareapplikationen der verschiedenen Planer unterstützen das Importieren und Exportieren von IFC. Mittlerweile hat es große Aufmerksamkeit in der Planungs- sowie der Ausführungsphase erhalten. Für eine Planung mittels open BIM (siehe 2.5.2 open BIM vs. closed BIM) ist IFC Grundvoraussetzung. So wird es möglich, die Modelle der verschiedenen Fachplaner problemlos in eines zusammenzuführen. Zudem ist IFC ein Modell, das Relationen zu verschiedenen Bauwerkselementen herstellt. Solche Beziehungen können z. B. sein: Türe 1 befindet sich in der Öffnung 3, Öffnung 3 befindet sich in der Wand 11, Wand 11 im Geschoss 2 und Geschoss 2 im Gebäude 5. Mit Hilfe solcher Relationen kann eine Kategorisierung der einzelnen Modellelemente zu Baugruppen oder Systemen vorgenommen werden. Außerdem ist eine Aufteilung der Bauwerksstruktur möglich, wie beispielsweise eine Einteilung in Gebäude, Geschoss, Raum, etc. (BauNetz 2020).

2018 wurde von der International Organization for Standardization (ISO) ein neuer Standard für das Informationsmanagement mit BIM bekannt gegeben. Der Standard ist zweigeteilt und zwar in ISO 19650-1:2018 und ISO 19650-2:2018. Mittlerweile ist

der Standard in die Europäische Norm (EN) und das Deutsche Institut für Normung (DIN) übernommen worden. Die neue Bezeichnung lautet daher DIN EN ISO 19650-1 | 2019-08 und DIN EN ISO 19650-2 | 2019-08. Die genaue Definition sowie der Inhalt des neuen Standards wird in Folgendem von der Internetseite vom Deutschen Institut für Normung zitiert.

“DIN EN ISO 19650-1

Organisation und Digitalisierung von Informationen zu Bauwerken und Ingenieurleistungen, einschließlich Bauwerksinformationsmodellierung (BIM) - Informationsmanagement mit BIM - Teil 1: Begriffe und Grundsätze (ISO 19650-1:2018); Deutsche Fassung EN ISO 19650-1:2018” (DIN, EN und ISO, DIN-Normenausschuss Bauwesen (NABau) - DIN EN ISO 19650-1 2019)

“DIN EN ISO 19650-2

Organisation und Digitalisierung von Informationen zu Bauwerken und Ingenieurleistungen, einschließlich Bauwerksinformationsmodellierung (BIM) - Informationsmanagement mit BIM - Teil 2: Planungs-, Bau- und Inbetriebnahmephase (ISO 19650-2:2018); Deutsche Fassung EN ISO 19650-2:2018” (DIN, EN und ISO, DIN-Normenausschuss Bauwesen (NABau) - DIN EN ISO 19650-2 2019)

2.7 Level der digitalen Planung oder BIM-Levels

Sogenannte BIM-Levels beschreiben den Grad der BIM-Implementierung. Dabei werden vier verschiedene (Level: 0, 1, 2, 3) unterschieden (vgl. Abbildung 2.5.2-1: BIM-Implementierungsgrade Level 0 - Level 3 .). Mit zunehmendem Level steigt der Implementierungsgrad. Während das Level 0 einen BIM-Implementierungsgrad von Null hat, weist das Level 3 eine umfängliche Implementierung auf (Sommer 2016). In Folgendem werden die vier Levels und deren Inhalt genauer erläutert:

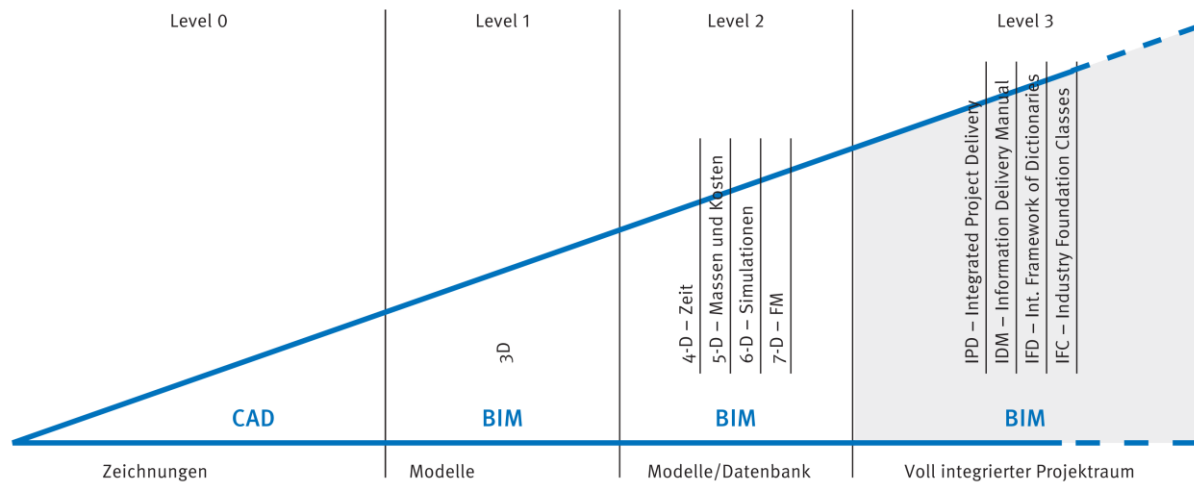


Abbildung 2.5.2-1: BIM-Implementierungsgrade Level 0 - Level 3 (Sommer 2016).

BIM-Level 0 – 2D-CAD

Im Level 0 werden Zeichnungen und Grafiken mittels CAD erstellt. Dies hat eine Reduzierung auf 2D-Pläne zur Folge. Einen Zusatznutzen aus BIM gibt es hier nicht wirklich. Pläne weisen also keine Verbindungen oder Abhängigkeiten auf. Somit sind alle Informationen manuell einzutragen und unterliegen daher einer unbestimmten Fehlerquote (BIMpedia 2020).

BIM-Level 1 – 3D/2D-CAD

Im BIM-Level 1 basiert die Arbeit auf zum Teil kollaborativen Prozessen. Modelle für den Entwurf werden bereits im 3D-CAD erstellt. Ein Austausch von Modellen unter den Projektbeteiligten findet jedoch nicht statt. 2D-CAD-Pläne, dienen nach wie vor den Genehmigungs- und Ausführungsplänen. Der Datenaustausch erfolgt bereits elektronisch, mittels einer zentralen Datenbank, die ggf. der Auftraggeber eingerichtet hat. Die Verwaltung eines solchen Datenbankmanagementsystems wird jedoch vom Auftragnehmer selbst verwaltet (BauNetz 2020).

BIM-Level 2 – 4D/7D-BIM

Im Level 2 der BIM-Implementierung wird das BIM-Modell gezielt mit Attributen und Informationen erweitert, die im weiteren Verlauf des Projektes genutzt werden können. Daraus ergeben sich mehrdimensionale Modelle, angefangen bei 4D bis hin zu 7D-Modellen. Jedoch sind diese noch nicht für alle Projektbeteiligten zugänglich (Sommer 2016). Die verschiedenen Dimensionen werden in Kapitel „2.7.1 Die verschiedenen Dimensionen von BIM“ genauer beschrieben.

BIM-Level 3

Level 3 kann mit dem open BIM (vgl. Kapitel 2.5.2 open BIM vs. closed BIM) verglichen werden. Für ein Projekt gibt es eine zentrale Datenbank, auf die alle Projektbeteiligten entsprechenden Zugriff haben. Somit bestehen ein ständiger Austausch sowie eine Kollaboration zwischen den Beteiligten. Einen großen Vorteil dieses Levels stellt die simultane Bearbeitung der Modelle, durch alle Projektbeteiligten dar. Dies hat eine Reduzierung, bis hin zu einer Eliminierung von kontroversen Informationen zur Folge. Somit bietet es beste Voraussetzungen für ein konfliktfreies Modell (Siresiya 2019).

2.7.1 Die verschiedenen Dimensionen von BIM

Bei der Betrachtung eines BIM-Modells (vgl. Abbildung 2.7.1-1: Beispiel eines BIM-Modells) wird sofort klar, dass es sich hierbei um ein 3D-Modell handelt. Allerdings ist das Potential, das sich hinter BIM verbirgt, weitaus größer.



Abbildung 2.7.1-1: Beispiel eines BIM-Modells (Wieldraayer 2020)

In Abhängigkeit des Detaillierungsgrades und des Informationsgehaltes, kann aus einem BIM-3D-Modell ein bis zu 7D-Modell erstellt werden (vgl. Abbildung 2.7.1-2: Dimensionen des Building Information Modeling.). Die Planer eines Projektes arbeiten hauptsächlich am dreidimensionalen Modell.

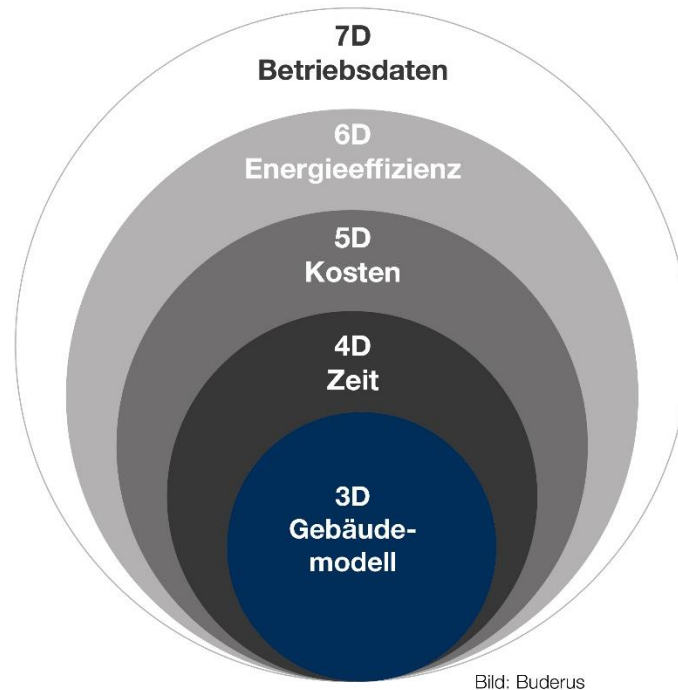


Abbildung 2.7.1-2: Dimensionen des Building Information Modeling (*BIM macht Sinn 2019*).

Ein 4D-Modell wird um den Faktor Zeit erweitert, also Termin und damit in Verbindung stehende Ressourcen. Um ein solches zu erstellen, werden mittels Daten aus dem Projektmanagement Beziehungen zwischen Bauteilen und Prozessen generiert. In diesem Zuge ist es möglich, einen Soll-Ist-Vergleich durchzuführen (Jany und Seitz, Glossar Digitalisierung 2019). Zugleich ist eine Visualisierung des Bauablaufes sowie eine geeignete Simulation zur Optimierung möglich. Diesbezüglich muss jedes Bauteil mit einem Solltermin versehen sein (Sommer 2016).

Ein 5D-Modell wird um den Faktor Kosten ergänzt. Die Kalkulation erfolgt infolge einer Verknüpfung eines Bauteils mit einer Position im Leistungsverzeichnis. Die Menge für die Position, bzw. das Bauteil kann dem Modell entnommen werden. Anschließend kann dieses Quantum mit den Preisen aus dem Leistungsverzeichnis kombiniert werden. Daraus generiert sich eine erste Kostenabschätzung. Auf der Basis dieser Kalkulation können schon in einer relativ frühen Phase verhältnismäßig genaue Kostenprognosen aufgestellt werden. Diese haben oft eine entsprechende Steuerung und Beeinflussung des Projekts zur Folge (Jany und Seitz, Glossar Digitalisierung 2019).

Das 6D-, und 7D-Modell beschäftigt sich mit Themen, die nach Fertigstellung des Projekts noch relevant werden. Ein 6D-Modell greift diesbezüglich Aspekte auf, die den

Lebenszyklus des Gebäudes betreffen. Themen hierzu sind beispielsweise Abriss, Recycling, Entsorgung und Wiederverwertung eines Gebäudes (BIM macht Sinn 2019).

Im 7D-Modell werden Informationen eingearbeitet, die vor allem für das Facility Management also der Verwaltung des Gebäudes eine wichtige Rolle spielen. In einem 7D-Modell sind also alle relevanten Informationen enthalten, die für den gesamten Prozessverlauf (Planung, Ausführung und Betrieb) essenziell sind (Jany und Seitz, Glossar Digitalisierung 2019).

2.8 Auftraggeber-Informationsanforderungen (AIA)

„Die AIA beschreiben aus der Sicht des Auftraggebers die Anforderungen, die ein Auftragnehmer im Rahmen der Leistungserbringung unter Verwendung von Building Information Modeling zu berücksichtigen hat.“

(Borrmann, Elixmann, et al. 2019)

Die AIA werden größtenteils bereits in der Ausschreibung definiert. Sie sind vom Auftragnehmer zu erfüllen. Sind davon mehrere an ein und demselben Projekt beteiligt, bzw. eingeplant, müssen sie sich ggf. für diverse Leistungen und Vergaben, die AIA an das Projekt und die Vergabe stellt, anpassen. Infolgedessen ist es sinnvoll, nur die BIM-Leistungen zu konkretisieren, die für die entsprechenden Vergaben der Gewerke von Bedeutung sind. Ein geeignetes Angebot kann jedoch von Seiten des Auftragnehmers meist nur erstellt werden, wenn umfangreiche Informationen bzgl. des gesamten BIM-Projekts vorliegen. Diesbezüglich sind vor allem die BIM-Anwendungsfälle relevant, die vom Auftraggeber oder anderen Auftragnehmern umgesetzt werden. Es ist wichtig zu konkretisieren, wie die Kommunikation und Kooperation in einem Projekt zwischen den Auftraggebern und -nehmern umgesetzt werden soll. Eine solche Festlegung kann bereits in den AIA erfolgen, oder spätestens im BIM-Abwicklungsplan (Borrmann, Elixmann, et al. 2019).

2.9 BIM in der Praxis

Vor allem große Unternehmen, wie z. B. Hoch- Tief, Züblin, Max Bögel etc. setzen vermehrt auf BIM. Für mittelständische oder kleinere Unternehmen ist der Umstieg auf BIM jedoch oftmals schwer. Dies liegt meist am fehlenden Know-How, den hohen Kosten für Programme oder neuer Hardware, wie leistungsstarke Computer etc., die für das Arbeiten mit einer BIM-Software vonnöten sind oder an der fehlenden Bereitschaft,

sich auf eine neue Arbeitsmethode einzulassen (Borrmann, König und Koch, et al. 2015).

2.10 Vorteile von BIM im Vergleich zur traditionellen Planung

BIM hat gegenüber der traditionellen Planung entscheidende Vorteile. Vor allem immer komplexere, größere Gebäude, die in kürzester Zeit realisiert werden sollen mit einer Reduzierung von Verschwendung (Ressourcen sowie Zeit) und einer Steigerung der Wertschöpfung, verlangen von sämtlichen Beteiligten großen Einsatz. Mit traditionellen Mitteln ist dies oft nicht mehr zu bewältigen. BIM bietet in einigen Punkten Vorteile gegenüber einer traditionellen Planung, um steigende Anforderungen zu meistern. Die wohl wichtigsten Vorteile von BIM sind:

- Bessere Kollaboration und Kommunikation der Beteiligten
- Vermeidung von Mehrfacheingaben
- Verbesserte Datenstrukturiertheit begünstigt Teilautomation von Prozessen
- Steigerung von Datenaktualität und deren Qualität
- Vermeidung von Datenverlust
- Normierung von Prozessen umsetzbar
- Quantifizierung von Prozessqualität und -geschwindigkeit
- Steigerung der Wertschöpfung durch Produktivitätszuwachs
- Präzision durch Simulation
- Verbesserte Visualisierung

(Borrmann, König und Koch, et al. 2015)

3 Lean Management (LM)

Derzeit gibt es noch keine einheitliche Definition dafür, jedoch lässt sich in einem Artikel, bzw. dem Lexikon der Website „Gruenderszene“ (Lean-Management Definition 2020) eine äußerst passende und umfängliche Erklärung finden, welche die wichtigsten Aspekte beschreibt:

„Lean-Management ist ein Ansatz zur Prozessoptimierung, bei dem Verschwendung minimiert und Prozesse harmonisiert werden sollen.

Der Begriff [...] entspringt als „lean management“ dem englischen Sprachraum und kann unter „schlankes Management“ ins Deutsche übersetzt werden.“ Es „umfasst alle Methoden, Denkweisen und Werkzeuge, die Unternehmen zur Verfügung stehen, um ihre Prozesse zu optimieren.“ Es „zielt darauf ab, eine prozessorientierte Unternehmensführung mit höchstmöglicher Effizienz sowie eindeutig definierte Prozesse und Abläufe zu gestalten. Verantwortlichkeiten und Kommunikationswege sollen logisch gestaltet werden, wobei die zwei bedeutendsten Aspekte des Lean-Management-Ansatzes die Kundenorientiertheit und die Kostensenkung sind. Diese Schwerpunkte können sich sowohl auf interne als auch auf unternehmensübergreifende Prozesse und Strukturen beziehen.“ (Lean-Management Definition 2020).

LM betrifft keinesfalls nur die Unternehmensführung. Bei der Recherche zu LM bzw. Lean Construction Management (LCM) wird deutlich, dass Lean viel mehr ist als nur eine Arbeitsmethode. Ebenso ist es falsch, es als einen Prozess anzusehen, in dessen Mittelpunkt, das Erzielen höherer Gewinne steht. Es stellt vielmehr den Kunden und dessen Interessen und Wünsche in den Mittelpunkt. Wie setzt der Lean Ansatz dies um? Die Antwort darauf, kann sehr individuell ausfallen, je nach Umfang der Leistung, die der Kunde sich wünscht. Es kann davon ausgegangen werden, dass der Kunde grundsätzlich das Richtige erhält, was das Produkt, die Leistung, das Zeitmanagement, die Qualität und die Quantität am rechten Ort, als auch den Preis anbelangt (Bertagnolli 2018).

3.1 Grundlagen und Historie – Herkunft Lean Management (LM)

Das Lean Management kann mit entsprechenden Methoden und Prinzipien die oben genannten Punkte/Kriterien nach Bertagnolli umsetzen. Was dazu nötig ist und wie dies aussieht, wird im folgenden Kapitel (Lean Management (LM)) genauer erklärt. Diesbezüglich wird mit der Herkunft begonnen, dessen Ursprung liegt im Toyota-Produktionssystem dieser japanischen Firma.

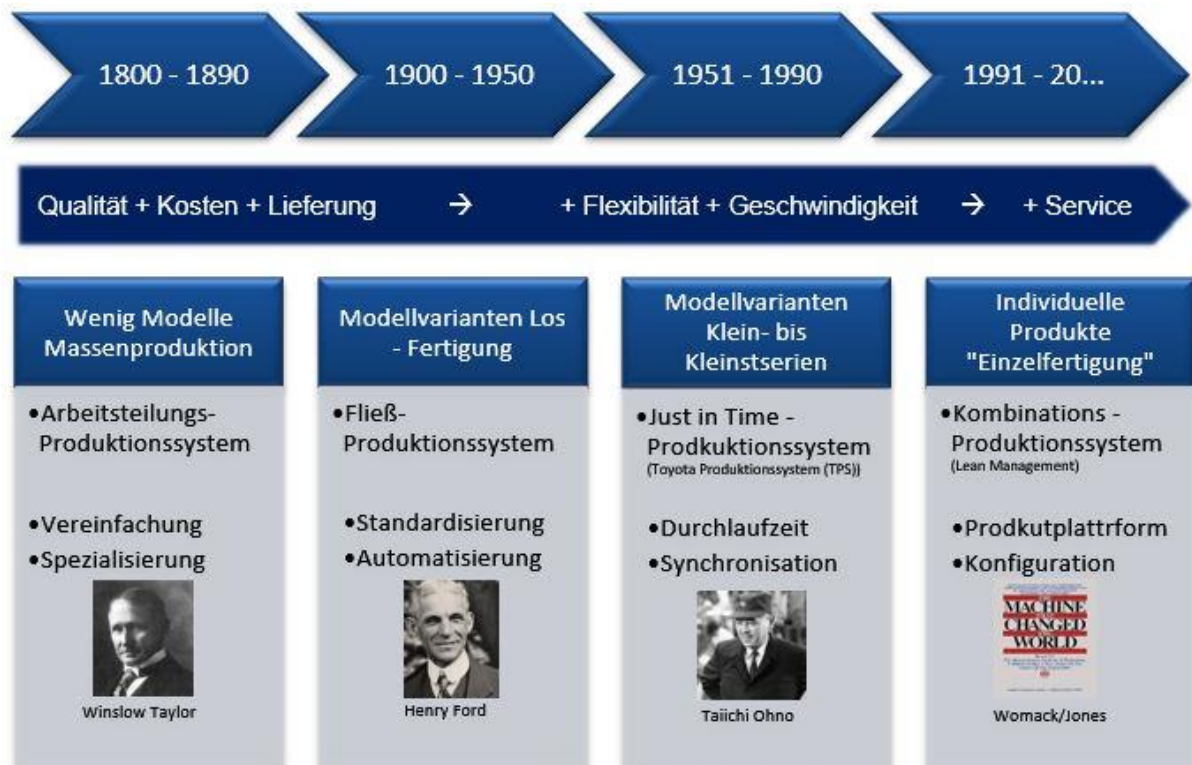


Abbildung 2.7.1-1: Die Entstehung von Lean Management (eigene Grafik)

3.1.1 Historie – Herkunft des Toyota-Produktionssystem (TPS)

Forscher des Massachusetts Institute of Technology (MIT) verwendeten das Wort „Lean“ im 20. Jahrhundert, um das Toyota-Produktionssystem zu erläutern. Dadurch konnte sich dieser Begriff weltweit etablieren. Die Basis von Lean Management stellt das 1950 durch Taiichi Ohno entstandene „Toyota-Produktionssystem (TPS)“ dar (Bertagnolli 2018).

Der Entstehungsprozess dieses Systems geht auf das Jahr 1902 zurück. Die Geburt des TPS liegt in der japanischen Textilindustrie. Sakichi Toyoda (1867-1930) entwickelte einen automatischen Webstuhl. Das Prinzip wurde „Jidoka“ (Autonomation) genannt. In Zusammenarbeit mit seinem Sohn Kiichiro (1894-1952) entstand mittels der

automatischen Webstühle eine Massenproduktion im Sinne des sogenannten Flussprinzips. Kiichiro wollte mehr und während zahlreicher Reisen nach Europa und in die USA wurde bei ihm die Begeisterung für die Automobilindustrie immer größer. 1933 fand daher ein Wandel innerhalb der Firma statt, denn Sakichi und sein Sohn veränderten sich von den automatischen Webstühlen hin zu Fahrzeugen. Nachdem schon 1935 das erste Auto fertig gestellt wurde, folgte wenig später eines für den Massenmarkt. Wesentlicher Bestandteil in der Optimierung der Produktion war die Einführung des „Just-in-time-Prinzips“. Im Jahr 1947 übergab Kiichiro das Unternehmen an seinen Cousin Eiji Toyoda (1913-2013). Ziel war es, der amerikanischen Automobilindustrie die Stirn zu bieten und die produzierten Stückzahlen innerhalb von drei Jahren einzuholen. Durch die Unterstützung von Taiichi Ohno (1912-1990), der Kopf hinter dem 1950 entstandenen Toyota-Produktionssystem (TPS), entstand eine Steigerung der Wertschöpfungskette mittels der Bündelung der vier Prinzipien: (Bertagnolli 2018)

- „Just-in-Time“ (JIT),
- Jidoka (Autonomation),
- Pull und Kaizen sowie die
- kontinuierliche Verbesserung eines Prozesses, bzw. der Produktion.

Mithilfe des von Taiichi Ohno entwickelten Systems (TPS) gelang der Toyota Motor Company trotz kleinem Volumen und großer Mannigfaltigkeit eine Massenproduktionsleistung. 1973 als eine Ölkrise einen weltweiten wirtschaftlichen Einbruch hervorrief, konnte sich das TPS mit Bravour behaupten, denn Toyota war schneller als alle anderen Automobilproduzenten, die Krise zu meistern. Dies führte 1984 zu einer Unternehmenskooperation zwischen Toyota und General Motors. Heutzutage ist Toyotas Erfolg nicht nur im Automobilsektor zu finden, auch in der Produktion von Fertighäusern und Gabelstaplern ist die Firma mittlerweile erfolgreich vertreten. Ausschlaggebend für den Erfolg ist der gut durchdachte Prozess hinter jedem Produkt. Um die Montage im höchsten Maße effizient zu gestalten, werden Logistikkonzepte sowie eine hohe Prozessqualität geschaffen. Die Effizienz spiegelt sich in einer überdurchschnittlichen Produktivität wider. Diese Vorteile ließ Toyota zu einem der profitabelsten und erfolgreichsten Unternehmen werden (Bertagnolli 2018). So kann LM nicht nur zu einem Mehrwert in der Automobilindustrie führen, sondern auch die Bauindustrie unterstützen und voranbringen.

3.1.2 Lean Management (LM) – Lean Production

Darunter ist eine Lebenseinstellung zu verstehen, man spricht auch vom sogenannten „Lean Thinking“. Um erfolgreich zu sein, ist es wichtig, dass damit ein kontinuierlicher Prozess der Verbesserung gemeint ist. Auf diesem Hintergrund wird klar, dass mit Lean ein Wandel der Unternehmens- oder Projektkultur stattfindet, deshalb spricht man auch von der Lean Philosophie. Die drei wesentlichen Punkte, die damit einhergehen, sind:

„1. Der [...] Fokus liegt auf dem Mehrwert des Produktes oder der Dienstleistung“ (Fiedler 2018) für Kunden.

2. Man wendet sich von der Ressourceneffizienz der Flusseffizienz zu, um eine kontinuierliche Produktion zu erreichen.

3. „Der Mensch steht im Vordergrund, nicht die Maschine.“ (Fiedler 2018)

Die veränderte Denkweise aller Beteiligten kann eine nachhaltige Veränderung in der Arbeitsmethodik und der Struktur von Projekten erzielen.

Im Lean Management geht es in erster Linie um, das Sichtbarmachen von Problemen, sowie deren Eliminierung. Um dies zu realisieren, ist es oft nötig, die ursprüngliche Herangehensweise zu hinterfragen. Kritische Punkte werden vor allem in der Baubranche oftmals mit einem übermäßigen Ressourceneinsatz kompensiert. Beispielsweise wird die Anzahl der Arbeiter auf der Baustelle erhöht, wenn ein Verzug entstanden ist. An dieser Stelle setzt Lean Management an, in dem versucht wird, die Ursachen der Schwierigkeiten zu erkennen und diese noch vor dem Entstehen zu beseitigen. Die Philosophie von Lean ist, die Verschwendung innerhalb der Arbeitsprozesse zu reduzieren und/oder zu eliminieren. Mittels eines kontinuierlichen Verbesserungsprozesses werden Probleme fortlaufend minimiert mit dem Ziel, diese endgültig zu beseitigen. Hieraus resultiert eine Steigerung der Effizienz sowie eine Erhöhung der Standards. Effektiv ist Lean Management also ein kunden- und qualitätsorientierter Ansatz, da die konsequente Umsetzung davon zu einer erheblichen Kostenreduzierung führen kann. (Drees & Sommer 2019).

3.1.3 Grundprinzipien des Lean Managements

Die fünf Grundprinzipien des Lean Management sind in Abbildung 3.1.3-1 in strukturierter Form dargestellt und werden im Folgenden genauer erläutert.

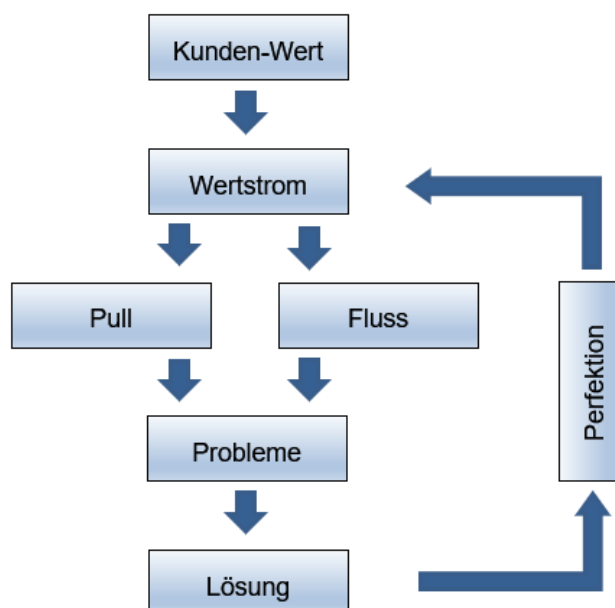


Abbildung 3.1.3-1: Grundprinzipien des Lean-Managements (eigene Grafik in Anlehnung an (Fiedler 2018))

Kundenwert

Dies ist der Wert, der für den Kunden entsteht, denn der Grund für die Erschaffung eines Produktes oder einer Dienstleistung ist schließlich der Klient. Deshalb ist es wichtig, schon zu Beginn zu wissen, was genau sich der Auftraggeber wünscht oder vorstellt. So müssen anfangs wesentliche Ziele, bzw. Kriterien zwischen den Geschäftspartnern geklärt werden. Auf die Baubranche projiziert ist es wichtig, dass der Bauherr oder dessen Vertreter Funktion, Zweck, Qualität, Kosten, Termine und den Leistungsumfang definiert. Auf der Basis dieser Faktoren kann anschließend ein Produkt entstehen, das den Vorstellungen des Kunden vollständig entspricht. Im Umkehrschluss ist es also schwierig, einen Kundenwert zu erzeugen, wenn der Klient den Wert nicht klar definiert (Bertagnolli 2018).

Wertstrom

Darunter versteht man die Relation zwischen Material- und Informationsfluss innerhalb einer Prozesskette, die für die Herstellung von Produkten durchlaufen wird. Der Wertstrom enthält die wichtigsten Kennzahlen der Prozesse, nämlich den Kundentakt, die Prozesszeit sowie die Durchlaufzeit eines Prozesses. Ziel ist es, einen möglichst effektiven sowie effizienten Wertstrom zu erzeugen und nicht wertschöpfende Verfahren zu eliminieren. Ein Prozess soll nur das erzeugen, was der nächste fordert, ganz nach dem Pull-Prinzip, das im weiteren Verlauf genauer beschrieben wird. Mittels einer Wertstromanalyse (WSA) können Prozessketten gesamtheitlich als Wertstrom erfasst

werden. Die WSA hat nur Systemgrenzen, keine Bereichs-, Gebäude-, oder Kostenstellengrenzen und liefert so (mithilfe einer grafikbasierten Darstellung) einen Gesamtüberblick aller Durchführungsschritte. Das heißt, der Wertstrom beginnt mit dem Rohmaterial des Lieferanten und endet mit der Auslieferung, bzw. der Übergabe an den Kunden. Durch die gesamtheitliche Betrachtung dieser Prozesskette kann eine systematische Gesamtprozessoptimierung stattfinden, anstelle einer nur einzelne Bereiche betreffenden Optimierung (Bertagnolli 2018).

Fluss-Prinzip

Es ist auch unter dem Namen Fließfertigung bekannt und beschreibt die Herstellung entlang des Wertstroms und zeichnet sich durch minimalistische Durchlaufzeiten, kleine Bestandsmengen, geringe Weitergabemengen, kurze Wartezeiten und einen transparenten Materialfluss aus. Das Fluss-Prinzip ist vor allem in der stationären Produktion zu finden, wie z.B. am Fließband mit diversen Arbeitsstationen. Einzelprozesse werden als Taktbereich betrachtet, von dem ein -bereich zum nächsten fließt, so lange bis es in der letzten Sparte angekommen und fertig ist. Aus dem Prinzip resultiert eine leichte Kontrollierbarkeit der Abläufe sowie eine hohe Transparenz (Bertagnolli 2018).

Pull-Prinzip

Dabei handelt es sich um eine bedarfsorientierte Fertigung. Die Produktion startet erst, wenn der Kunde oder eine vorgeschaltete Fertigungsstelle ein Produkt verlangt, bzw. benötigt (Gorecki und Pautsch 2016). Als Resultat werden unnötige Lagerbestände vermieden. In diesem Zusammenhang ist die Just-in-Time-Produktion ein wichtiger Bestandteil (vgl. Kapitel 4.6.6 Just-in-Time (JIT)). Da es sonst zu Produktionseinbußen oder -überschüssen kommen würde. Das Pull-Prinzip verfolgt das Ziel, Produktionsschwankungen gezielt zu vermeiden und unnötige Lagerbestände und Pufferzeiten auszuschließen (Bertagnolli 2018).

Perfektion

Das Streben nach Vervollkommnung ist ein immerwährender Prozess im Lean Management. Perfektion ist mit einem kontinuierlichem Verbesserungsprozess des Fluss-, und Pull-Prinzips verbunden. Durch die zyklische Wiederholung dieser Prinzipien sollen diese permanent hinterfragt, verbessert also optimiert werden. Das Hauptaugenmerk liegt hierbei auf der Erkennung und endgültigen Eliminierung von Verschwendung (Fiedler 2018). Bertagnolli beschreibt eine perfekte Produktion anhand eines Null-Fehler-Ziels. Dies besagt, dass in der Herstellung keine Mängel entstehen sollen.

Wenn doch welche auftreten, soll die Produktion sofort gestoppt werden, damit ein defektes Produkt nicht an eine nachgelagerte Herstellung übergeben wird. Eine bekannte Möglichkeit der mängelfreien Produktion, ist im Lean das Jidoka-Prinzip, bei dem Maschinen automatisch stoppen, sobald Fehler produziert werden (Bertagnoli 2018).

Verschwendung (Japanisch Muda – Muri – Mura)

Im Zentrum des Lean Managements steht die Elimination von Verschwendung, wodurch zugleich der Kundenwert und die Zufriedenheit steigt. Dieser Gedanke hat seinen Ursprung im TPS. Dort wird die Verschwendung „Muda“ genannt, was aus dem Japanischen stammt und so viel wie „Abfall“ bedeutet. Unter Verschwendung werden alle Prozesse verstanden, die in einer Wertschöpfungskette für den Kunden nicht wertschöpfend sind und somit keine Notwendigkeit aufweisen. Ziel ist es, diese nicht wertschöpfenden Arbeiten zu eliminieren. Hierzu zählt jegliche Form der Vergeudung, sei es in der Organisation, Verwaltung oder Produktion in einem Unternehmen. Taiichi Ohno beschreibt die Beseitigung von Verschwendung als einen essenziellen Baustein, um ein Projekt oder Unternehmen zum Erfolg zu führen und nennt sieben Arten davon, die während eines Prozesses auftreten können (vgl. Tabelle 3.1-1). Durch die Definition der verschiedenen Varianten ist es für Mitarbeiter leichter, Unwirtschaftlichkeit im eigenen Unternehmen zu erkennen und zu eliminieren. Die verschiedenen Arten der Verschwendung nach Taiichi Ohno sind in

Tabelle 3.1-1 zu sehen. Diese sind mittels der Übersetzung ins Englische auch unter „TIM WOOD“ bekannt (Fiedler 2018).

Abkürzung	Englisch	Deutsch
T	Transport	Transport
I	Inventory	Bestände
M	Motion	Bewegung
W	Waiting	Wartezeiten
O	Over-Production	Überproduktion
O	Over-Engineering	falsche Wahl der Technologie des Prozesses
D	Defects	fehlerhafte Produkte, Ausschuss oder Nacharbeit

Tabelle 3.1-1: Muda - die sieben Arten der Verschwendung – Definition „TIM WOOD“ (in Anlehnung an (Fiedler 2018))

Mittlerweile wurde eine achte Verschwendungsart ergänzt. Dabei handelt es sich um den Verlust von Wissen, das Mitarbeiter durch jahrelange Berufserfahrung gewonnen haben, jedoch nicht preisgeben können, weil beispielsweise das Management eines Unternehmens auf dieses vorhandene Wissen nicht entsprechend eingeht. Die Fähigkeit, das Wissen und die Erfahrung der Mitarbeiter gehen verloren und mögliches Verbesserungspotenzial wird nicht genutzt (Bertagnolli 2018).

Die Unwirtschaftlichkeit kann sich in drei verschiedenen Arten zeigen, in „Muda“ (=Abfall), „Muri“ (=Überlastung) und „Mura“ (=Ungleichmäßigkeit). Diese drei Verschwendungsarten hängen zusammen und beruhen auf einem kausalen Zusammenhang.

Mura

... beschreibt einen Ressourcenverbrauch mit einer ungleichmäßigen Verteilung. Dies tritt beispielsweise ein, wenn ein Teilprozess zu langsam und ein anderer zu schnell ist. Entsprechend entsteht bei einem Verfahren eine Unterproduktion (Teilprozess zu langsam) oder eine Überproduktion (Teilprozess zu schnell) (Fiedler 2018).

Muri

... ist eine Verschwendung über ein gewisses Maß hinaus. Eine Überlastung ist die Folge. Dies ist beispielsweise der Fall, wenn ein vorgelagerter Teilprozess eine Überproduktion erzeugt und als Folge davon die Produktion erhöht werden muss. Dieser Anstieg verursacht einen höheren Verschleiß von Maschinen und/oder eine Überlastung der Arbeiter, was wiederum zu einer höheren Krankheitsrate und Unzufriedenheit führen kann (Fiedler 2018).

Muda

Darunter wird jeglicher Ressourcenverbrauch verstanden, der nicht zur Wertschöpfung beiträgt, bzw. Abfall ist.

Zusammenfassend besteht folgender Kausalzusammenhang: **Mura**, ein ungleichmäßiger Ressourcenverbrauch, führt zu **Muri**, einer Überlastung, welche wiederum zu **Muda** wird, einem nicht wertschöpfenden Ressourcenverbrauch (Fiedler 2018).

Das kann in der Praxis wie folgt aussehen: Eine Überproduktion führt zu einer Überlastung von Arbeitern oder Maschinen, die Geräte verschleißt und Arbeitskräften physisch oder psychisch schaden kann.

Grundsätzlich können Tätigkeiten in drei verschiedene Kategorien eingeteilt werden, in die „wertschöpfenden“, die „nicht wertschöpfenden, aber notwendigen“ und die „Verschwendung“. (vgl. folgende Abbildung 3.1.3-2 Kreisdiagramm) (Bertagnolli 2018).



Abbildung 3.1.3-2: Tätigkeitseinteilung – Kreisdiagramm (Bertagnolli 2018)

Das Kreisdiagramm zeigt, dass der größte, rote Teil, (ca. zwei Drittel) der Tätigkeiten „Verschwendung“ und irrelevant für die Arbeiten ist. Der Rest teilt sich ca. in ein Viertel (gelb) „nicht wertschöpfende aber notwendige“ und die „wertschöpfenden“ Tätigkeiten (grün) auf. Das Diagramm macht deutlich, wie groß der Anteil, an vergeudeter Arbeit ist, dies zu eliminieren und den Fokus auf die wertschöpfenden und nicht wertschöpfenden, aber dennoch notwendigen Tätigkeiten zu legen, ist Ziel.

3.2 Lean Construction Management

Aus dem Lean Management der stationären Industrie (Fließbandarbeit) entwickelte sich 1992 das Lean Construction Management. Die International Group of Lean Construction (IGLC) prägte den Begriff maßgeblich daher wurde 1993 der Ausdruck „Lean Construction Management“ eingeführt, mit dem Ziel Methodiken und Werkzeuge aus dem LM in der Baubranche in angepasster und geeigneter Form zu etablieren,

umzusetzen und so aus dem LM das LCM zu schaffen. Dies ist mit vielen Schwierigkeiten verbunden, da die Planungs- und Bauprozesse nur schwer mit der stationären Industrie, aus der Lean eigentlich stammt, vergleichbar sind. Die Einführung von Lean Construction Management hat zur Folge, dass sich die Bau- und Immobilienwirtschaft in Bezug auf Prozesse und Arbeitsweisen grundsätzlich einer neuen Organisation unterziehen muss. Diesbezüglich ist wichtig, dass sich nicht nur Objektüberwachung, Projektsteuerer, etc. aktiv in die neue Organisation einbringen, sondern auch die Bereitschaft der Firmen vorhanden ist, mit LCM Bauprojekte umzusetzen (German Lean Construction Institute – GLCI e. V. 2018). Trotz des Unterschieds zwischen Bauwesen und stationärer Industrie ist eine grundsätzliche Verwendung der Lean-Prinzipien möglich, vor allem das Planen und Managen betreffend. Hierfür ist jedoch teilweise eine Anpassung der Methodiken und/oder Werkzeuge vonnöten. Die Grundprinzipien, nämlich die Elimination von Verschwendung, die Steigerung des Kundenwertes, bzw. der -zufriedenheit und der kontinuierliche Verbesserungsprozess (KVP) sind im Lean Construction Management genauso zu finden wie im Lean Management, jedoch ist die Umsetzung der Ziele teilweise anders (Gehbauer 2011). Dies spiegelt sich vor allem in der Ausführung auf der Baustelle wider, da es gravierende Unterschiede zwischen stationärer Produktion und mobiler Baustellenfertigung gibt (Kröger 2018). Aus Tabelle 3.2-1, die eine Gegenüberstellung der stationären Produktion zur mobilen Baustellenfertigung darstellt, wird ersichtlich, wie groß die Differenzen der beiden Fertigungsmethoden sind. Zudem wird klar, dass eine Adaption von LM zu LCM nötig ist. Von Vorteil ist, dass es in der Planung und Ausführung Prozesse und -schritte gibt, die sich zwar nicht identisch, aber annähernd wiederholen (Kröger 2018).

Stationäre Produktion	Mobile Baustellenfertigung
Mensch und Maschinen sind standortbezogen fest	Produkte (Bauprojekt) standortbezogen fest
Produkte wandern von Station zu Station	Arbeitsstationen (Gewerke) wandern durch das Bauprojekt
Weitestgehend witterungsunabhängig	Einflüsse durch Witterung, Temperatur, Verkehr usw.
Längerfristige Rahmenverträge mit Zulieferern	Projektbezogene Zusammenarbeit mit Nachunternehmern, i. d. R. keine Rahmenverträge
Produktionsteam weitestgehend gleichbleibend	Teamzusammensetzung in jedem Projekt neu
In der Regel Abschluss der Planung vor Produktionsbeginn	In der Regel baubegleitende Einbindung des Kunden in den Herstellprozess
In der Regel werden Serien produziert	Einzelfertigung auf kundenspezifische Bedürfnisse (alles ist möglich)

Tabelle 3.2-1: Vergleich von stationärer Produktion zur mobilen Baustellenfertigung (Kröger 2018).

3.3 Methoden und Werkzeuge des Lean Managements in der Baubranche

Um LCM zielführend umzusetzen, werden in der Regel die gewinnbringendsten Methoden und Werkzeuge angewendet. Die bekanntesten der Baustellenfertigung, bzw. des LCM werden erläutert. Die nachfolgenden haben größten Teils ihren Ursprung im klassischen Lean Management und wurden entsprechend an das LCM angepasst.

3.3.1 Kaizen

„Kaizen“ ist ein japanischer Begriff und setzt sich aus „Kai“ und „Zen“ zusammen. „Kai“, ins Deutsche übersetzt, heißt „verändern“ und „Zen“ bedeutet in etwa „gut“. Es meint also Veränderung zum Guten, bzw. zum Besseren (Gorecki und Pautsch 2016) und ist im Lean Management der Überbegriff für einen kontinuierlichen Verbesserungsprozess (KVP). Diese erfolgt fortlaufend und in kleinen Schritten. Im Wesentlichen ist Kaizen eine Denkweise und Philosophie, die als Unternehmenskultur für die Mitarbeiter gelten soll. Eine kontinuierliche Verbesserung von Prozessen, Arbeitsschritten, Produkten, etc. kann also nur mithilfe der Mitarbeiter stattfinden. Sie sollen nicht nur an Vorschlägen arbeiten, sondern diese eigenverantwortlich beurteilen, ausprobieren und

ggf. anwenden. Hinter Kaizen verbirgt sich der Gedanke, dass der in einem Prozess integrierte Mitarbeiter am besten weiß, wie seine Arbeit zu optimieren ist (Bertagnolli 2018).

3.3.2 PDCA-Zyklus

„PDCA“ ist die Abkürzung für „Plan“, „Do“, „Check“ und „Act“, weshalb der Zyklus im Deutschen auch gerne als „PTCA“ abgekürzt wird, da man es mit „planen“, „tun“, „checken“ und „agieren“ übersetzten könnte. Der maßgebliche Namensgeber, des PDCA-Zyklus war William Edwards Deming (1900-1993), weshalb der Zyklus auch Deming-Kreis oder Deming-Rad genannt wird. Der PDCA-Zyklus ist in vier Schritte aufgliedert, die durch permanentes Wiederholen und Verbessern einen Prozess optimieren.

Plan

Bei Schritt eins, „**Plan**“ wird zunächst die vorherrschende Situation betrachtet, genauer analysiert und das zu erbringende Ziel definiert. Darauf folgt eine sehr ausführliche Planung, bei der damit zu rechnen ist, dass sie etwas angepasst werden muss. Die erste Planung stellt so eine gute Basis dar (Zollondz 2013).

Do

Auf o.g. Grundlage folgt „**Do**“. Hier geht es um die Anwendung, Ausführung und das Ausprobieren des zuvor erarbeiteten Plans. Dies ist gleichsam eine Testphase, in der es um die Gewinnung geeigneter Erkenntnisse geht, durch die eine Analyse der Prozessabläufe gewonnen wird (Bertagnolli 2018).

Check

Im „**Check**“ werden die Prozesse kontrolliert und analysiert. Die zuvor gesammelten Erkenntnisse sollen unter Berücksichtigung der Zielvorgaben zu einer Anpassung von möglichst optimierten Abläufen führen (Bertagnolli 2018).

Act

Nach dem „Check“ werden konkrete Erkenntnisse zur Einführung dieser o.g. Prozesse umgesetzt (Angermeier 2016).

Alle vier Schritte werden stets nach dem Kaizen-Prinzip, durchlaufen und kontinuierlich wiederholt. Der Deming-Kreis kann zudem als visuelles Abbild des Prozesszustandes dienen, indem der entsprechende Teil im Kreis markiert wird, aus dem der Arbeitsablauf ersichtlich ist. Der PDCA-Zyklus ist eine große Hilfe, um nachhaltig Prozesse zu

optimieren, Probleme zu lösen, um diese maßnahmengerecht abzuarbeiten. Der Kern des Deming-Kreises ist die Analyse, Dokumentation, Überprüfung und Umsetzung sowie die Erzeugung von Standards (Bertagnolli 2018).

Abbildung 3.3.2-1 zeigt den PDCA-Zyklus vom derzeitigen Stand zur „Zielsetzung“. Die Keile stellen den Standard dar, der sich stetig mit jedem Durchlauf des PDCA-Zyklus erhöht, bis der Standard schließlich der Zielsetzung entspricht. Daher ist ein PDCA-Zyklus nur sinnvoll, wenn zuvor auch konkrete Ziele gesetzt wurden, sonst ist nicht klar, in welche Richtung die Prozesse optimiert werden müssen (Fiedler 2018).

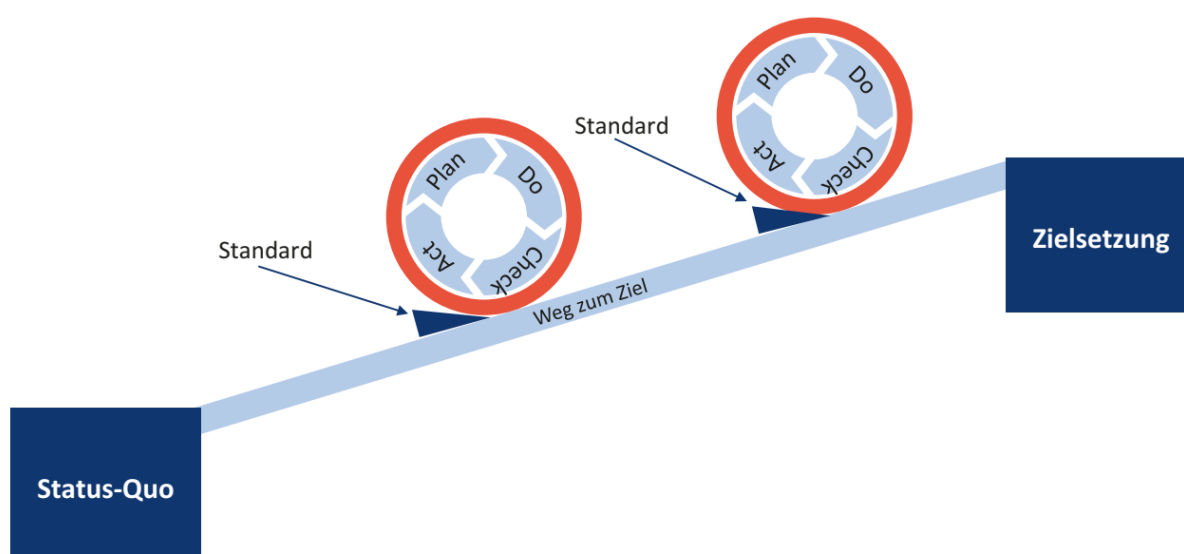


Abbildung 3.3.2-1: Der PDCA-Zyklus zur nachhaltigen und kontinuierlichen Prozessverbesserung (Fiedler 2018)

3.3.3 Kanban

„Kanban“ ist japanisch und steht im Zusammenhang für den Informationsfluss im Pull-Prinzip (Bertagnolli 2018). Unter Kanban versteht man die Veranschaulichung von Produktionsplänen, die mittels Kanban-Plantafeln und darin platzierten Karten, die Informationen über den Produktionsfluss geben, erfolgen. Im Lean Construction erfolgt die Visualisierung mit diesen Tafeln (vgl. 3.4.3 Tafelplanung (TP)). Die auf den Karten befindliche Information gibt Auskunft über die zu produzierende Menge in einem gewissen Zeitraum (Fiedler 2018).

3.3.4 Last Planner System® (LPS)

Dieses System ist eine Methodik, die speziell für die Baubranche von Greg Howell und Glenn Ballard 1990 entwickelt wurde, mit dessen Hilfe eine Produktions- sowie Ter-

minsteuerung (beginnend mit der Planungsphase bis hin zur Ausführung, bzw. Inbetriebnahme) realisiert werden kann (Gehbauer 2011). Das German Lean Construction Institute (GLCI) bezeichnet das Last Planner System als eines der erfolgreichsten Lean-Systeme der Bauindustrie (German Lean Construction Institute – GLCI e. V. 2018). Das LPS macht es möglich, eine Fertigstellung von komplexen und großen Projekten termingerecht abzuwickeln, da es ein Netzwerk bildet, welches Terminzusagen sowohl lenkt als auch koordiniert. Der Kern des Systems ist eine Kollaboration der verschiedenen Gewerke, bzw. der am Projekt beteiligten und verantwortlichen Personen (Last Planner) (Gehbauer 2011). Die Last Planner, sind die wichtigsten Akteure im LPS und sind nicht nur für ihr Gewerk verantwortlich, sondern auch für eine tagesbasierte Planung und deren Umsetzung. Zu den Last Planern, die als Prozesseigner definiert werden, gehören je nach Projektphase Architekten, Bauleiter, Fachplaner, Vorarbeiter und Poliere (German Lean Construction Institute – GLCI e. V. 2018). Darüber hinaus wird sichergestellt, dass die Last Planner vor Aufnahme einer Arbeit verstanden haben, welche Prozesse zur Erstellung einer Aufgabe notwendig sind. Zum Hauptmotor des LPS gehört vor allem die Motivation, Termine einzuhalten, die durch die nachgelagerten Gewerke entstehen. Die Umsetzung des Last Planner Systems erfolgt in fünf verschiedenen Phasen, die alle miteinander in Beziehung stehen. Deshalb ist es wichtig, dass ein gesamtheitliches Zusammenspiel, der verschiedenen Phasen stattfindet, da eine Umsetzung im Sinne des LPS sonst nicht funktioniert. Ziel der fünf Phasen ist eine Eliminierung von Unsicherheiten in der termingerechten Ausführung, mit deren Hilfe von einer Grobplanung (Phase 1) zu einer Detailplanung (Phase 4) übergegangen werden kann. Im Zuge dessen entsteht gleichzeitig eine Vorschauplanung, durch die frühzeitig wichtige Informationen, vorbereitende Arbeiten und entsprechend benötigte Ressourcen sichtbar werden (Gehbauer 2011). Anschließend werden die fünf Phasen beschrieben. Eine detailliertere und projektbezogene Erklärung ist in Abschnitt 3.4 Lean Site Management (LSM) – am Beispiel iCampus zu finden.

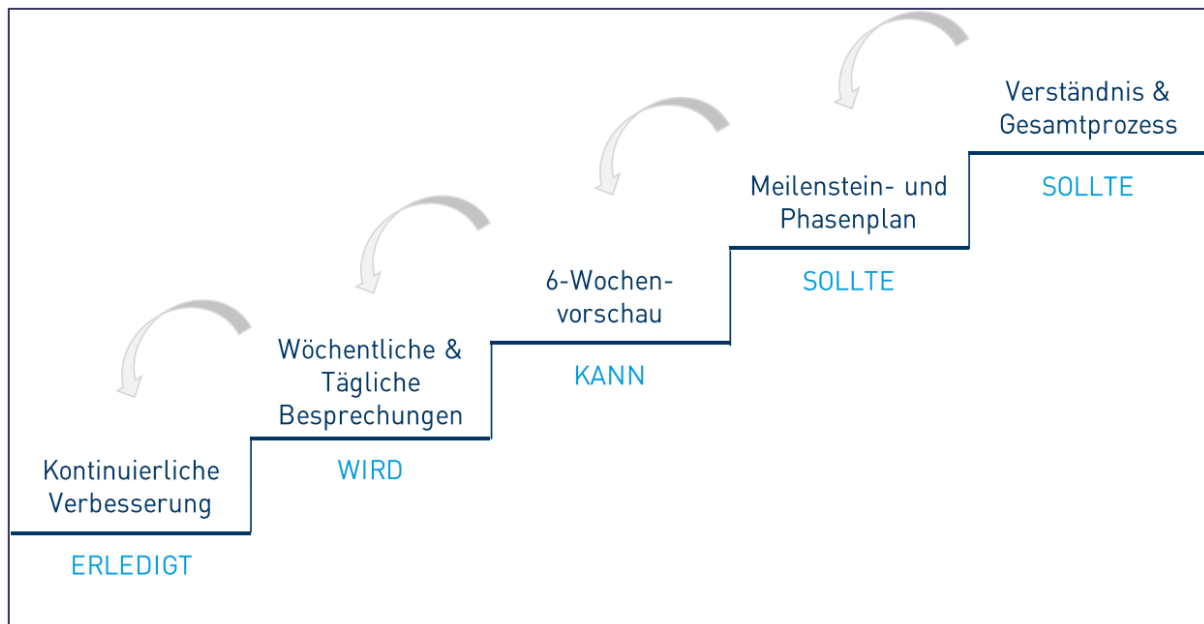


Abbildung 3.3.4-1: Durchführung des LPS, beginnend von rechts nach links gelesen (German Lean Construction Institute – GLCI e. V. 2018)

Phase 1: Rahmenterminplan

Dieser bildet die Basis eines Projektes und gibt eine grobe Übersicht der Abläufe und Meilensteine, die in der Gesamtprojektlaufzeit fixiert sind. Der Rahmenterminplan legt den Grundstock für die zweite Phase, den Phasenterminplan (Gehbauer 2011).

Phase 2: Phasenterminplan

Dort wird in Kooperation mit den Projektbeteiligten der Rahmenterminplan mit den Prozessen befüllt, die zum Erreichen von Meilensteinen nötig sind. Dies spielt sich auf einer sehr visuellen Ebene ab. Die „Last Planner“, bzw. die Prozesseigner kleben, meist mit „Post-Its“, die einzelnen Arbeits- bzw. Prozessschritte in den Rahmenterminplan. Jedes Gewerk, bzw. jeder Prozess hat hierbei seine eigene Farbe. Während der Phasenterminplan in Zusammenarbeit mit den verschiedenen Gewerken entsteht, werden Unstimmigkeiten in der Planung sichtbar. Solche können z.B. Abhängigkeiten untereinander, wie z. B. Vorleistungen von einem Gewerk zum anderen oder Abhängigkeiten von Ressourcen, wie beispielsweise von Rohstoffen, bzw. Materialien (wie Stahl oder Beton) sein. Außerdem werden Aktionspunkte definiert. Dies kann z.B. die Bewährungsabnahme des Statikers oder die Lieferung eines Fertigteils sein. Aktionspunkte brauchen in der Regel eine Vorlaufzeit von mehreren Wochen. Deshalb sollte man diese Punkte zuvor wissen, um schon frühzeitig entsprechende Aktionen einzu-

leiten. In der Zusammenarbeit der Verantwortlichen für die Gewerke wird ein Phasenplan erarbeitet, der für einzelne Bereiche oder ein gesamtes Projekt (meist nur bei kleineren) Abhängigkeiten, Vorleistungen, Ressourcen, Pufferzeiten und Aktionspunkte berücksichtigt und visuell darstellt (Gehbauer 2011).

Phase 3: Vorschauplanung

Diese orientiert sich an dem Phasenterminplan und findet in regelmäßigen Abständen z. B. alle vier Wochen statt. Dabei wird der o.g. Plan eine digitale Form gebracht (Excel oder LCM-Digital von Drees & Sommer). Ziel der Vorschauplanung ist ein kontinuierliches Vorausschauen. Sollten bei einzelnen Arbeiten Schwierigkeiten auftreten, ist ein rechtzeitiges Eingreifen möglich. Ziel ist es, nach erfolgter Vorschauplanung einen hindernisfreien Prozessablauf zu erreichen (Gehbauer 2011).

Phase 4: Detailplanung (Tagesplanung, Produktionsplanung)

Dort sind die störungsfreien Arbeiten von Phase 3 aufgeführt, diese können jederzeit erledigt werden. Eine dafür verantwortliche Person dient als Grundlage für die fünfte Phase (Gehbauer 2011).

Phase 5: Auswerten, Lernen und Verbessern

Die fünfte Phase steht ganz im Zeichen des KVP, dem kontinuierlichem Verbesserungsprozess, bzw. dem Kaizen. Es findet eine Auswertung der in Phase vier ausgeführten Arbeiten statt, die durch den Prozentsatz der eingehaltenen Aussagen (PEA-Wert) ermittelt werden kann, der das Verhältnis von eingehaltener zu gemachter Zusage des Verantwortlichen aufzeigt. Bei Nichteinhaltung wird hinterfragt, was dazu geführt hat. Ziel der Korrektur ist es, keine Fehler ein zweites Mal zu begehen. Hierfür muss dieser zunächst erkannt und ggf. analysiert werden (Gehbauer 2011).

3.4 Lean Site Management (LSM) – am Beispiel iCampus

Während meiner Bachelorarbeit konnte ich über die Firma Drees & Sommer sowie über das Tochterunternehmen Gassmann + Grossmann Baumanagement GmbH (g²) das LCM Projekt „iCampus“ von Anfang an begleiten.

Die Firma Drees & Sommer ist international vertreten und in der Bau- und Immobilienbranche hauptsächlich im Beratungssektor sowie als Projektsteuerer tätig.

Die Leistungsbilder von g² sind das Baumanagement, integrales Baumanagement, Baulogistik und Finanzcontrolling Beratung.

Das Projekt, auf das im weiteren Verlauf dieser Arbeit immer wieder Bezug genommen wird, ist bekannt unter dem Namen „iCampus“ (Abbildung 3.3.4-1). Dieser besteht aus insgesamt sechs verschiedenen Bauprojekten – von links beginnend dem Alpha, Beta, Gamma, (ABG) Delta, Plaza und der Rhenania-Villa mit einer Gesamtfläche von 110.000 m² + 19.700 m² Büro- und Gewerbeflächen (Rhenania-Villa). Im Folgenden geht es ausschließlich um ABG, hier entstehen in erster Linie moderne Büroflächen. Im Erdgeschoss sind z.B. Cafés, eine Bäckerei oder kleine Restaurants geplant. Dies soll zu einer entspannten und angenehmen Atmosphäre beitragen und steht ganz im Sinne des Work-Life-Balance. Das gesamte Areal ist zudem mit einer zweistöckigen, durchlaufenden Tiefgarage geplant, um die Parkplatzsituation rund um den Ostbahnhof zu verbessern.

Um die Lean Prinzipien im Bauwesen zu implementieren hat Drees & Sommer ein unternehmenseigenes System erarbeitet. Die bekannten, zuvor beschriebenen Lean-Methoden und Werkzeuge, wie den „kontinuierlichen Verbesserungsprozess (KVP)“, „Kaizen“, „Kanban“ und dem „Last Planner System“ sind wesentliche Bestandteile darin. Die „Lean-Säulen“ werden von den Grundprinzipien Fließen (Fluss-Prinzip), Takten (Takt-Prinzip), Ziehen (Pull-Prinzip) und Perfektion (Nullfehler-Prinzip) gebildet. Im Fokus stehen die Gesamtprojektentwicklung und die Erarbeitung eines ganzheitlichen Ansatzes. Da die Projektphasen stets unterschiedliche Anforderungen erfüllen sollen, wurde das Gesamtsystem aufgeteilt in die Produktdefinition (Lean Product Definition (LPD)), Planung (Lean Design Management (LDM)) und Ausführung (Lean Site Management (LSM)).

Im Weiteren wird speziell auf das Lean Site Management (LSM) und das Lean Construction Management (LCM) eingegangen, da ich vor allem dort eigene Erfahrungen auf der Baustelle sammeln konnte und im Rahmen dieser Bachelorarbeit gewinnbringend einsetzen möchte.



Abbildung 3.3.4-1: iCampus im Werksviertel am Ostbahnhof mit (links beginnend: Alpha, Beta, Gamma und Rhenania) (*icampus-muenchen.de 2017*)

3.4.1 Lean Site Management (LSM)

... dient der Implementierung des Lean Gedankens in der Bauausführung. Im Fokus steht ein für alle Beteiligten optimal funktionierender Gesamtprozess und eine möglichst große Wertschöpfung bezüglich des Bauprojektes. Drees & Sommer hat hierfür einen eigenen Managementansatz entwickelt, um die Lean Prinzipien erfolgreich umzusetzen. Die Implementierung von LSM erfolgt anhand von standardisierten Schritten, welche auf die Anforderungen im Projekt zugeschnitten werden. Die vier wesentlichen Schritte sind: der Kick-off, die Gesamtprozessanalyse (GPA), die Prozessplanung (PP) und die Tafelplanung (TP). Im Folgenden werden die vier Bausteine des LSM genauer erläutert. Abbildung 3.4.1-1 verschafft einen ersten Überblick über die vier wesentlichen Phasen, mit den Zwischenschritten „Kompetenzbildung im Team“ sowie „Optimierung“ (Drees & Sommer 2019).



Abbildung 3.4.1-1: Implementierung von LCM anhand standardisierter Schritte (Drees & Sommer 2019)

3.4.1.1 Der Kick-off

... ist das erste gemeinsame Treffen zwischen Bauüberwachung und den ausführenden Firmen. Die Moderation und Führung des Meetings übernimmt ein geschulter LCM Berater. Das Vorgehen wird individuell an das jeweilige Projekt angepasst. Die Rollen und Aufgaben im LCM-Projekt müssen klar definiert sein (sowohl extern als auch intern). Im Kick-off werden folgende fünf Punkte betrachtet und gegebenenfalls aufkommende Fragen dazu beantwortet, bzw. ein erster Lösungsansatz erarbeitet (Drees & Sommer 2019) (Peiffer und Winter 2013):

- Zieldefinition
- Stakeholderanalyse
- Risikomanagement
- Schnittstellendefinition
- Projektorganisation

Die Nachfolgenden drei zentralen Elemente, die Gesamtprozessanalyse (GPA), die Prozessplanung (PP) sowie die Tafelplanung (TP) gewährleisten ein durchgängiges Prozesssystem und verbinden die Planung mit der Ausführung (Peiffer und Winter 2013).

3.4.1.2 Gesamtprozessanalyse (GPA)

Ziel dieser ist es, Transparenz und Klarheit für alle Beteiligten zu schaffen, Probleme früh zu erkennen und diese auf ein Minimum zu reduzieren, bzw. zu eliminieren. Die Gesamtprozessanalyse teilt sich in fünf aufeinander folgende Schritte auf, welche zum Ziel haben, ein gemeinsames Verständnis zu entwickeln (Drees & Sommer 2018) :

1. Bauabschnitt festlegen

... bedeutet, das erste gemeinsame Projektverständnis zu schaffen und die Definition von übergeordneten Bauabschnitten sowie die Baurichtung zu manifestieren (Drees & Sommer 2019).

2. Gleichbereiche definieren

In Kooperation mit den Gewerken werden Gleichbereiche identifiziert, diese sind, wie der Name schon vermuten lässt, Bereiche, in einem Bauvorhaben, die zur Erstellung dieselben Prozesse, bzw. Arbeitsschritte durchlaufen. Typischerweise sind oft Treppenhauskerne oder sanitäre Anlagen in jedem Geschoss gleich groß und an derselben Stelle angeordnet. Das heißt, sämtliche Arbeitsschritte und Prozesse müssen nur einmal durchdacht und auf alle anderen übertragen werden. Dazu wird ein Standardablauf erarbeitet, der sowohl in der Prozessplanung als auch in der Ausführungsphase Zeit spart, da die einzelnen Arbeitsschritte routinierter werden (Drees & Sommer 2018).

3. Gewerke festlegen

Jedem Gewerk wird eine Farbe zugewiesen, beispielsweise wird festgelegt, Elektroarbeiten sind blau, Malerarbeiten sind orange, etc. Auf diese Weise kann ein zuvor erarbeiteter und festgelegter Standardablauf mit den verschiedenen Farben der Gewerke visuell dargestellt werden, was zu einem besseren Überblick führt (wie in Abbildung 3.4.1-2 zu erkennen) (Drees & Sommer 2019).



Abbildung 3.4.1-2: Gesamtprozessanalyse, Erarbeitung Standardverfahren (Drees & Sommer 2019)

4. Gesamtprozessanalyse durchführen

Die zuvor genannten Punkte 1 – 3 fungieren vorbereitend für die letzte Durchführung, bzw. Erarbeitung des Gesamtprozesses in Kooperation mit den verschiedenen Gewerken. Basis hierfür sind die Ziele und klaren Strukturen, die zuvor konkretisiert wurden. Eine saubere, übersichtliche Prozessplanung lässt es zu, leichter auf Probleme oder Verzögerungen einzugehen und diese mit geringen Auswirkungen zu lösen. Schnittstellenprobleme zwischen Gewerken oder terminliche Schwierigkeiten werden durch die Gesamtprozessanalyse reduziert (Drees & Sommer 2018).

Die Vorteile, die sich dadurch ergeben sind: Eine frühzeitige Identifikation von Chancen, Risiken und Problemen. Der Mehrwert für das Projekt und die Beteiligten sind (Drees & Sommer 2019):

- Die Erzeugung eines gemeinsamen Verständnisses über die verschiedenen Bauprozesse.
- Eine verbesserte Prozesssicherheit durch Perspektivenwechsel der verschiedenen Gewerke.
- Die Optimierung der Grobpakete vor Bauausführung.
- Die Identifikation von Unklarheiten und Hindernissen schon im Vorfeld (Drees & Sommer 2018).

In Abbildung 3.4.1-3 wird der Ablauf konkret an einem Beispiel dargestellt. Er entspricht nicht der üblichen Planung vom Projektanfang zum -ende, sondern erfolgt vom Prozessende zum Anfang. Der Vorteil davon ist, eine bessere Übersichtlichkeit, durch die frühzeitig mögliche Probleme, wie Engpässe oder kritische Prozesse sichtbar werden. Diese können anschließend in der -planung berücksichtigt werden. Außerdem werden die noch abzustimmenden Probleme, Schwierigkeiten oder Hindernisse als sogenannte Aktionspunkte behandelt, falls noch Rücksprachen nötig sind. Aufeinanderfolgende Prozesse, sind in der Regel vom vorhergehenden Handlungsablauf abhängig. Sie stehen neben-, bzw. nacheinander, sind zueinander horizontal angeordnet und haben Einfluss auf den darauffolgenden Schritt. D. h. wird ein Prozess „A“ nicht erledigt, kann auch Prozess „B“ nicht stattfinden. Z. B. kann der Maler seine Leistung nicht erbringen, wenn das Gewerk vor ihm (Trockenbau) nicht fertig ist. Abhängigkeiten können bei Nichteinhaltung der Termine zu Verzögerungen im Bauablauf führen. Es gibt jedoch auch parallel verlaufende Abläufe, die man Parallelprozesse nennt. Sie

stehen unter-, bzw. übereinander, sind zueinander vertikal angeordnet und voneinander unabhängig. Das heißt, wenn Prozess „C“ nicht durchgeführt wird, kann Prozess „D“ trotzdem stattfinden. Solche Handlungen können also zeitgleich passieren, ohne dass es zu Einschränkungen kommt. Der parallele Prozess könnte lauten „Kabel einziehen, im 5. OG in Raum 1200“ (Elektrogewerk) parallel zu „Türsetzen im 5. OG in Raum 1100“ (Türbauer). Würde sich das Einziehen der Kabel im Raum 1200 verschieben, könnten die Türen in Raum 1100 trotzdem problemlos gesetzt werden, da keine Abhängigkeiten bestehen.

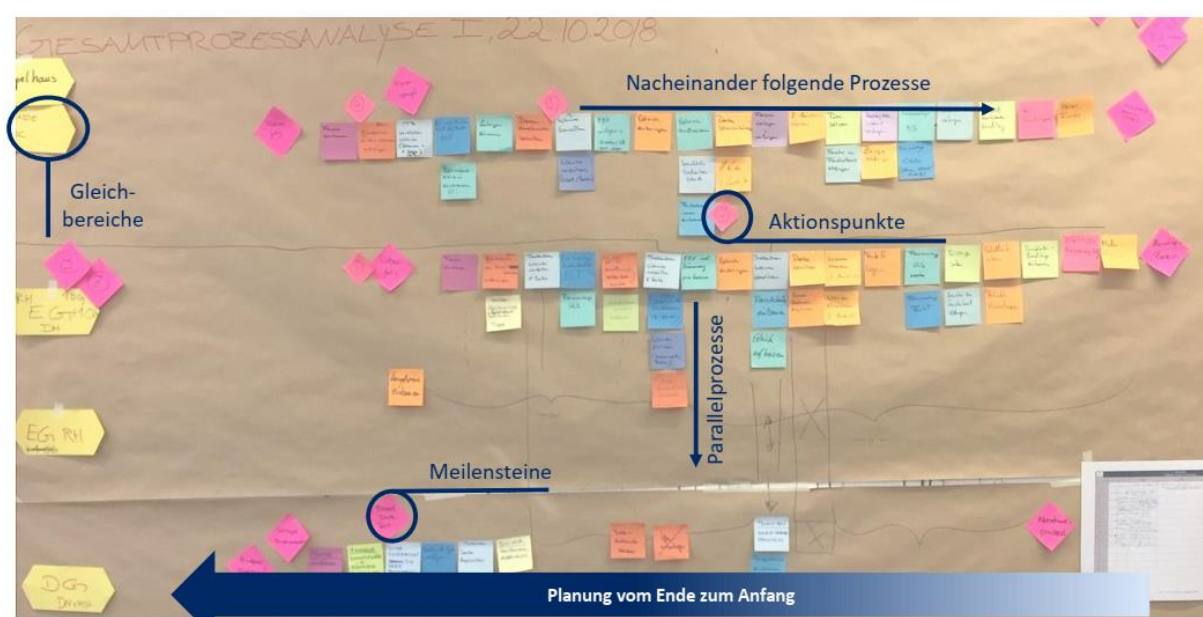


Abbildung 3.4.1-3: Entwicklung des Gesamtprozesses unter Berücksichtigung von definierten Zielen und Strukturen. (Drees & Sommer 2019)

Wie in Abbildung 3.4.1-3 zu sehen, sind neben der Festlegung von Gleichbereichen, auch Meilensteine sowie Aktionspunkte essenzielle Bestandteile einer GPA (Drees & Sommer 2018).

5. Meilensteine

Sie sind in der Regel Vertragsbestandteil z. B. Starttermine, Fertigstellungstermine oder abschließende Arbeiten (wie Beginn Rohbau, Fassadenhülle dicht, Decke 2. OG betoniert). Sie müssen unbedingt eingehalten werden, da sonst eine Verzögerung der abhängigen Prozesse nicht auszuschließen ist, was mit hohen Kosten verbunden sein kann (Drees & Sommer 2018).

6. Aktionspunkte

Darunter können alle Schwierigkeiten, Hindernisse und noch zu klärenden Themen verstanden werden, weil dazu meist noch keine finale Entscheidung oder Lösung vorliegt, werden die Punkte in die o. g. Aktionsliste eingetragen (Bsp. Abbildung 3.4.1-4). Dort sind alle wichtigen Informationen enthalten, wie die Benennung des Problems, die zu erfolgende Aktion, Name des Problemerkassers, das Erstell- und Zieldatum sowie die für den Aktionspunkt verantwortliche Person/Firma. Der Fortschritt des Aktionspunktes wird mittels eines Kreises unter der Rubrik Status anhand des o. g. PDCA-Zyklus (S. 32) visualisiert. Mit fortschreitendem Satus des Aktionspunktes wird der Kreis, der in vier Segmente aufgeteilt ist, zunehmend ausgefüllt. Folgende Aufteilung spiegelt den entsprechenden Stand der Bearbeitung des Aktionspunktes (Drees & Sommer 2019):

- Viertelkreis ausgefüllt → Aktionspunkt ist gestartet



- Halbkreis ausgefüllt → Aktionspunkt befindet sich in der Umsetzung



- Dreiviertelkreis ausgefüllt → Aktionspunkt ist vom Verantwortlichen erledigt



- Kreis komplett ausgefüllt. → Aktion ist überprüft und tatsächlich ausgeführt worden.



(Drees & Sommer 2018)

Aktionsliste Probleme erkennen und beseitigen											
Nr.	Verweis	Datum	Bereich	Problem	Aktion	Problem-erfasser	Verantwortlicher	Status	Zieldatum	Neues Zieldatum	Datum erledigt
1	Benediktenwandstr	08.04.2019	Wohnung Dachgeschoss	Ablauf Einbau Kamin (abhängig von Kaminausprägung) unklar	Klärung Ausbaublauf Kamin und Abgleich, ob Kamine erforderlich sind	GPA Workshop Benediktenwandstraße			26.04.2019		
2	Benediktenwandstr	08.04.2019	Bodenaufbau Geschosse	Art und Weise des Estrichaufheizens ist abhängig vom Bauablauf zu definieren	Klärung ob Hotmobil zentral in Keller oder je Geschoss Montage Reihenfolge Technikgeräte klären	GPA Workshop Benediktenwandstraße			26.04.2019		
3	Fichtestr	09.04.2019	Rohbau	Unklar, ob ELT und Gerüstbau zur Ausführung Rohbau schon vergeben sind	Klärung in Abhängigkeit zum Zeitpunkt der Ausführung	GPA Workshop Fichtestraße	WB		03.05.2019		
4	Fichtestr	09.04.2019	Rohbau	Ausführung Halbfertigteile Balkone über EG unklar	Beachten geänderter Bauablauf Klärung [REDACTED]	GPA Workshop Fichtestraße	[REDACTED]		03.05.2019		
5	Fichtestr	09.04.2019	Rohbau	Gewendelte Treppe 1. - 2.OG	Geänderten Bauablauf beachten, Klärung [REDACTED]	GPA Workshop Fichtestraße	[REDACTED]		03.05.2019		
6	Fichtestr	09.04.2019	Rohbau	Ausführung Deckenversprung unklar	Detaillierung nach Angaben Statiker	GPA Workshop Fichtestraße	[REDACTED]		23.04.2019 JF		
7	Fichtestr	09.04.2019	Rohbau	Abdichtung der Attika TG ist unklar	Klärung Detailsausführung -> Vorschlag: WU Ausführung (Hr Zenker)	GPA Workshop Fichtestraße	WB		23.04.2019 JF		
8	Fichtestr	09.04.2019	Rohbau	Unklar, wie Überfahren werden kann	Klärung, wie Überfüllung hergestellt werden kann, damit Deckenversprung hinterfüllt werden kann -> nach Verbau-> Zeitpunkt wird noch festgelegt	GPA Workshop Fichtestraße	[REDACTED]				
9	Fichtestr	09.04.2019	Rohbau	Ausführung TG BPL Verdunstungsrinne ist noch unklar	Klärung und Ausführung festlegen	GPA Workshop Fichtestraße	WB		23.04.2019 JF		
10	Fichtestr	09.04.2019	Rohbau	Aufzugsausführung (Kabine) noch unklar	Klärung und Beauftragung	GPA Workshop Fichtestraße	WB		23.04.2019 JF		
11	Fichtestr	09.04.2019	Rohbau	Ausführung der Aufbauten TG ist unklar -> Detail Tiefgaragenentlüftung	Klärung und Terminierung im nächsten Jour-fixe -> Zeitpunkt wird noch festgelegt	GPA Workshop Fichtestraße	[REDACTED]		16.04.2019		
12	Fichtestr	09.04.2019	Rohbau Haus A	MW Beton Fertigteil Ausführung Wand in first unklar -> Galerie	Detaillierung und Klärung	GPA Workshop Fichtestraße	[REDACTED]		23.04.2019 JF		

1 = defined 2 = in progress 3 = implemented 4 = done

Abbildung 3.4.1-4: Beispiel einer Aktionsliste (Drees & Sommer 2019)

3.4.2 Prozessplanung (PP)

Hier wird auf der Grundlage, der zuvor, in der GPA definierten Meilensteine, der Generalablaufplan erstellt. In der kollaborativen Prozessplanung entstehen aus einem transparenten Überblick, sämtliche Schritte, eines stabilen, vorhersehbaren und umfassenden Zeitplans, der Schwierigkeiten reduziert und eliminiert (Drees & Sommer 2018).

Im Wesentlichen besteht die PP aus drei Bausteinen:

1. Gesamtheitliche Prozessplanung:

Zu Beginn wird mit den wichtigsten Akteuren (Planer, Architekten, Projektleiter, -manager, Bauleiter) eine gesamtheitliche Prozessplanung erstellt. Auf der Basis der GPA werden in der PP Meilensteine terminlich konkretisiert und festgelegt. Dasselbe passiert mit den Tätigkeiten; sie werden zudem mit entsprechender Balkenlänge, welche die Dauer des Prozesses widerspiegelt, visualisiert, die Aktionspunkte aktualisiert sowie in die Aktionsliste übertragen, digitalisiert und an die Beteiligten versendet (Drees & Sommer 2019).

2. Definition der Stabilitätskriterien:

Sie sind Hauptvoraussetzung für die Ausführung der Prozesse und sind einzuhalten, um die Prozessstabilität zu sicherzustellen, d. h. sie müssen erfüllt sein, bevor der Prozess starten kann. Solche Kriterien sind z. B.:

1. Die Ausführungsplanung ist freigegeben.
2. Die Werk- und Montageplanung ist freigegeben.
3. Die Materialbestellung ist erfolgt.

Die Definition der Stabilitätskriterien erfolgt einmal zu Beginn unter Abstimmung des Projektteams und kann in Bezug auf die verschiedenen Projekte variieren. Um Probleme zu vermeiden, werden Stabilitätskriterien einer Zeitschiene von 4-8 Wochen zugeordnet (Drees & Sommer 2019).

3. Monatliche Aktualisierung der Prozessplanung (PP):

Eine Baustelle ist in der Regel ein dynamischer Prozess, der ständig mit Veränderungen zu tun hat, die auch in die PP einzuarbeiten sind. Deshalb muss eine PP Aktualisierung einmal im Monat mit den Projektbeteiligten erfolgen. Zusammen werden die geplanten Prozesse mit dem tatsächlichen Baufortschritt verglichen. Diskrepanzen werden besprochen und ggf. eine Lösung erarbeitet. Der Termin bezieht sich hauptsächlich auf die nächsten 3 – 6 Monate, die im Detail eruiert werden. Dauern Tätigkeiten länger als 6-8 Wochen, wird der entsprechende Arbeitsbereich in Teilbereiche unterteilt. Ziel ist es eine Grobtaktung auf Wochenbasis mittels Tafelplanung zu erhalten und auf der Baustelle umzusetzen. Zudem ist es wichtig, die o. g. Stabilitätskriterien der nächsten 4-8 Wochen abzufragen. Die Stabilität wird anschließend in der PP farblich dargestellt (z. B. gelb: (in Bearbeitung); grün: (Fertig); rot (in Verzug)). Die Prozessplanung wird anschließend neu digitalisiert und an die Beteiligten verschickt (Drees & Sommer 2018).

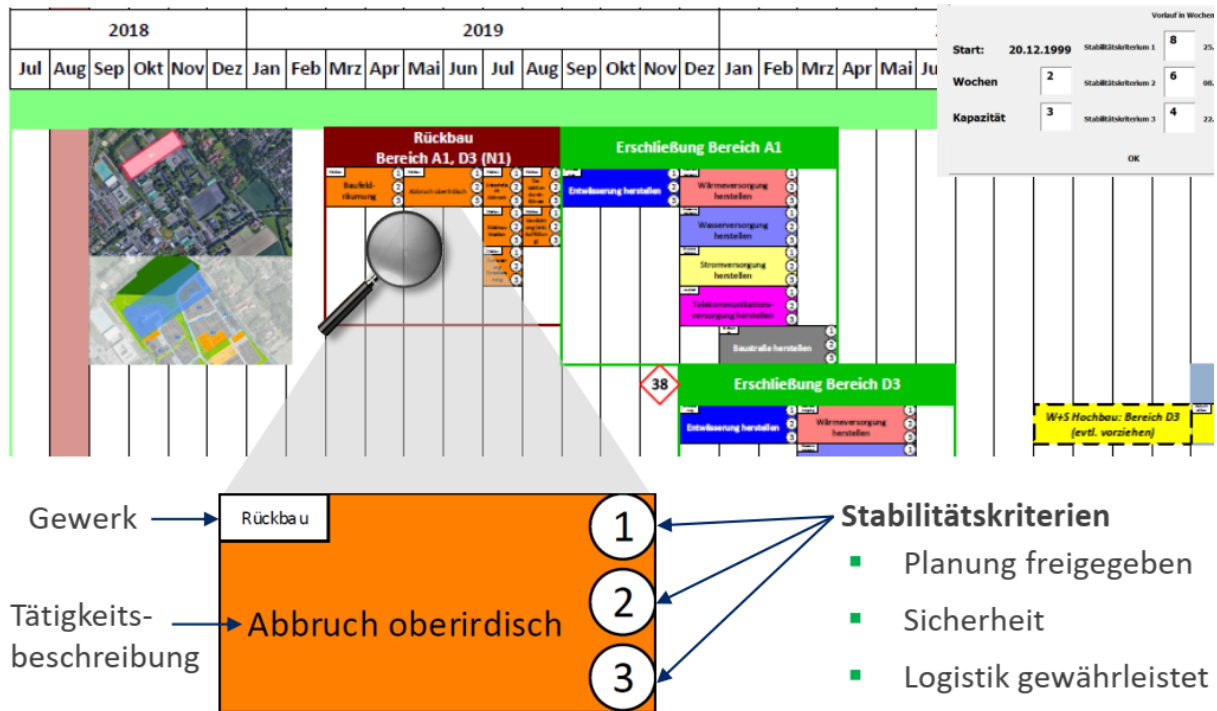


Abbildung 3.4.2-1: Digitalisierte Prozessplanung - Möglicher Aufbau und Bestandteile (Drees & Sommer 2019)

3.4.3 Tafelplanung (TP)

... auch Detailplanung genannt, findet auf der Baustelle in einem dafür vorgesehenen Raum, bzw. Bürocontainer statt. Basis dieser Planung ist die PP und gibt eine vierwöchenvorschau auf Tagesbasis wieder. Sie ist somit eine noch detailliertere Prozessplanung, bezogen auf die tagesaktuellen Arbeiten. Für eine Tafelplanung sind gewisse Dinge/Werkzeuge vonnöten. Diese werden im Nachfolgenden genauer beschrieben (Drees & Sommer 2019).

Plantafel (vgl. Abbildung 3.4.3-1):

Durch vier Plantafeln wird die monatliche Vorschau dargestellt. Von links nach rechts, erste Woche ganz links und vierte Woche ganz rechts. Jede einzelne Tafel ist folgendermaßen aufgeteilt:

- Auf der Y-Achse sind die Kärtchen für die Gleichbereiche untereinander gelistet,
- auf der X-Achse die Wochentage nebeneinander aufgeführt.
- Die Plantafel wird mit sogenannten Plankarten bestückt.

(Drees & Sommer 2019)



Abbildung 3.4.3-1: Tafel-, bzw. Detailplanung - detaillierte Prozessplanung auf Wochen- und Tagesbasis (Drees & Sommer 2019)

Plankarte (Abbildung 3.4.3-2):

Eine solche enthält verschiedene Informationen, die vom Verantwortlichen für ein Gewerk selbstständig ausgefüllt werden müssen. Die darauf enthaltenen Informationen können von den Projektbeteiligten zu Beginn abgestimmt, festgelegt und auch noch während des Projektes verändert werden. Typischerweise sind auf den Plankarten Informationen wie Gewerk, Arbeitsbereich, Teamstärke, Datum und Tätigkeit einzutragen. Letztere ergibt sich in Anlehnung an den Prozessplan, der in ausgedruckter Form im LCM-Raum vorhanden ist. Wenn die Plankarte mit sämtlichen wichtigen Informationen gefüllt ist, wird sie an entsprechender Stelle in die Plantafel gesteckt. Die umkehrbare Karte zeigt entweder den Arbeitsauftrag, Gewerk, Datum oder die Fertigstellung der Tätigkeit. Die Plantafel wird an entsprechender Stelle mit den Kärtchen gefüllt, sodass die o. g. Vorschau entsteht (vgl. Abbildung 3.4.3-1) (Drees & Sommer 2018).

Abbildung 3.4.3-2: Beispiel für eine Plankarte (Drees & Sommer 2019)

Aktions-, Stop-, und Meilensteinkarten (Abbildung 3.4.3-3):

Sie werden ähnlich wie die Plankarten in die Tafel integriert und an entsprechender Stelle eingesteckt. Termingrundlage ist, der Prozessplan. Die mit einer Nummer versehenen Karten werden anschließend mit entsprechendem Aktionspunkt in die Aktionsliste notiert. Auf den mit Zieldatum versehenen Karten kann die Problembeschreibung, der Grund für einen Stop oder die Fertigstellung eines Bereichs oder Bauteils notiert sein. Aktions-, Stop- und Meilensteinkarten sind entscheidend für die Planung, idealerweise nur auf die vierte und letzte Tafel gesteckt, zeigen sie die Vorschau in vier Wochen. So hat man noch genügend Zeit, um darauf zu reagieren und entsprechende Maßnahmen einzuleiten. Anders ist es, wenn ein Aktionspunkt entsteht, der in zwei Wochen erledigt und daher auf die zweite Tafel gesteckt werden muss; hier kann die Zeit zum Agieren zu knapp sein und eine Verzögerung ist die Folge.

The image shows three vertical rectangular cards side-by-side. The first card on the left has a red header with a white circle and a yellow warning triangle with a black exclamation mark. Below the header, it has three horizontal lines for 'Problembeschreibung:', two for 'Verantwortlicher:', and two for 'Zieldatum:'. The middle card has a red octagonal 'STOP' sign in its header. The third card on the right has a red diamond-shaped sign in its header. All cards have a large white area below the header for text.

Abbildung 3.4.3-3: Beispiel für Aktions-, Stop- und Meilensteinkarten (Drees & Sommer 2019)

Tägliche Besprechung:

Diese sollte noch vor Beginn der Arbeiten starten, da sich das in der Realität jedoch oft als sehr schwierig erweist, einigt man sich meist auf eine Zeit zwischen 8:00 Uhr und 9:00 Uhr. Dieser Termin ist für alle auf der Plantafel vertretenen Gewerksverantwortlichen verbindlich einzuhalten. Verspätungen sind dabei nicht geduldet, da der tägliche Termin nur 10-15 Minuten dauern soll und andere Gewerke sonst warten müssten. Sind alle Ausführenden der Gewerke eingetroffen, werden kurz die anstehenden Tätigkeiten am jeweiligen Tag besprochen. Gibt es zusätzliche, außerplanmäßige Arbeiten, wird dafür eine Plankarte geschrieben und an entsprechender Stelle in die Plantafel gesteckt. Die Verantwortlichen entnehmen daraus ihre Karten für die Gewerke und hängen sie an einen Grundrissplan (Abbildung 3.4.3-4). So wird visualisiert, wo die Arbeiten am jeweiligen Tag stattfinden. Bevor neue Karten auf den Grundrissplan gesteckt werden können, müssen die vom Vortag entfernt werden (Abbildung 3.4.3-5). Dies soll jedoch nur dann geschehen, sofern die Arbeiten auch tatsächlich stattgefunden haben, bzw. die Tätigkeiten fertiggestellt wurden. Dann wird die Plankarte umgedreht und mit der grünen Seite nach oben zurück in die Tafel gesteckt (vgl. Abbildung 3.4.3-5). Konnten die Aufgaben nicht erledigt werden, bleibt das Kärtchen bis zur Erledigung am Grundrissplan.



Abbildung 3.4.3-4: Plankarten aus der Plantafel auf den Grundrissplan gesteckt (Drees & Sommer 2019)



Abbildung 3.4.3-5: Erledigte Plankarte vom Grundrissplan zurück in die Tafelplanung gesteckt (erledigt → grüne Seite nach oben) (Drees & Sommer 2019)

Wöchentliche Besprechung:

Sie findet zusätzlich zu den täglichen Zusammenkünften statt. Alle Unternehmensvertreter, die Leistungen im Zeitraum der Plantafel ausführen, sollten dazu anwesend sein. Im wöchentlichen Meeting wird die vierte Woche anhand der PP vorbereitet, indem die erste Tafel an das Ende verschoben und diese dann entsprechend mit den neuen Karten für die vierte Woche bestückt wird. Jeder Handwerkszweig bringt hierfür seine geplanten und beschrifteten Kärtchen mit und bringt diese unter Einbeziehung der Bauleitung/OÜ auf der Tafel an. Werden zu besprechende Probleme, Hindernisse, Schwierigkeiten, Behinderungen oder Kollisionen identifiziert, werden sie mit einer Aktionskarte markiert und anschließend in die Aktionsliste eingetragen. Danach werden die anstehenden drei Wochen kurz erläutert und ggf. aktualisiert. Die Dauer des Termins ist von der Vorbereitung der Unternehmen und vom Diskussionsbedarf abhängig. Die Unternehmen versichern dadurch das Stecken der Karten, dass die anstehenden Arbeiten verstanden sind und dass diese auch in dem dafür vorhergesehenen Zeitraum erfüllt werden können.

4 Voraussetzungen, Chancen und Synergien von BIM und LCM

BIM und Lean Construction sind aus akademischen Studien entstanden. Derzeit findet eine Verlagerung in Richtung zur operativen Anwendung statt. Da das Lean-Prinzip aus der Management Richtung stammt, findet in der Baubranche zwischen BIM und Lean Construction Management oftmals, ein völlig unbegründetes Konkurrenzdenken statt (Kröger 2018).

4.1 BIM in Verbindung mit LCM – derzeitiger Stand

Derzeit sind die beiden Verfahren in der Kombination noch nicht sehr verbreitet. Dies liegt vermutlich auch daran, dass, wie in den beiden Abschnitten beschrieben, Baustellen (vor allem kleinere Projekte) ohne diese ausgeführt werden. Bei neuen Projekten (vor allem im Infrastrukturbereich) wird jedoch zunehmend auf BIM gesetzt. LCM steckt in der Baubranche noch in den Kinderschuhen und muss sich erst noch durchsetzen. Oft ist es für alle Projektbeteiligten Neuland. Das Potenzial von LCM muss vielen erst noch zugänglich gemacht werden. Außerdem ist es in Bezug darauf wichtig, die Philosophie und die Lean Kultur zu verstehen und in den täglichen Baustellenbetrieb mit aufzunehmen. Eine Verbindung von beiden Modellen (BIM und LCM) gibt es aus diesem Grund derzeit nur selten, doch der Grundstein ist gelegt und die Transformation auf dem Weg (Kröger 2018).

4.2 Voraussetzung für eine Verknüpfung von BIM und LCM

... ist es, keine Unterteilungen zwischen den Disziplinen vorzunehmen. Bei einer Kollaboration muss nicht mehr in verschiedenen Sparten wie Hochbau, Tiefbau, Ingenieurbau, Garten- und Landschaftsbau, Städtebau etc. gedacht werden, sondern um das volle Potential einer gemeinsamen Umsetzung auszunutzen, ist es gewinnbringend, in Bauwerksprodukten, bzw. Fertigteilen zu denken, anstatt ein ganzes Bauwerk im Blick haben zu müssen. BIM bietet ideale Voraussetzungen, um sich stärker auf die Produktion von Fertigteilen einzustellen. LCM ist für Fertigteilproduktion die ideale Ergänzung, da durch eine entsprechende Planung die Logistik (also die Anlieferung, der Einbau, bzw. die Montage der Fertigteile) exakt getaktet werden kann. Heutzutage herrscht auf der Baustelle bereits ein hoher Grad an Vorfertigung. Idealerweise kom-

men Werksprodukte als Fertigteile auf die Baustelle und werden vor Ort nur noch zusammengesetzt, daher auch der Ausdruck „Bauwerksprodukt“. Die Lean eignet sich perfekt für Just-in-Time Lieferungen, die ideal mit dem Pull-Prinzip harmonieren. Für BIM sind die wohl wichtigsten Grundvoraussetzungen die AIA (Auftraggeber-Informationsanforderungen). Die Auftraggeber, egal ob Generalunternehmer (GU), Generalübernehmer (GÜ) oder der Bauherr, müssen klare Festlegungen darüber treffen, welche Auftragnehmerinformationen sie einfordern. Diese sollen also vom Auftraggeber klar definiert sein. Selbiges spiegelt sich auch im LCM wider (Kröger 2018).

4.2.1 Transparenz

Die Erbauung eines Gebäudes ist ein äußerst komplexer Vorgang, bei dem verschiedenste Kriterien berücksichtigt werden müssen. Wie Abbildung 4.2.1-1 darstellt, teilt sich ein Bauwerksprodukt in folgende Kriterien auf: Material, Mensch, Technologie, Richtlinien, Prozesse. All das hat Auswirkungen auf das Bauwerk. Für eine Umsetzung von BIM in Verbindung mit der Lean Methode ist es daher umso wichtiger, bei o. g. Kriterien transparent zu sein. LCM trägt durch die kollaborative Erarbeitung der Prozesse dadurch zu einem besseren Verständnis sowie zur Klarheit und zum Überblick bei. Durch die immer komplexer werdenden Projekte ist eine Umstellung auf flexiblere Fertigungsabläufe praktisch. Zum Beispiel könnten Sensoren Daten erheben, die zweckmäßig mit dem Bauwerksinformationsmodell verknüpft sind. Man könnte dadurch Fertigungsabschnitte erfassen, welche in das LCM einfließen. Engpässe würden auf diese Weise schnell und frühzeitig erkannt werden (Kröger 2018).

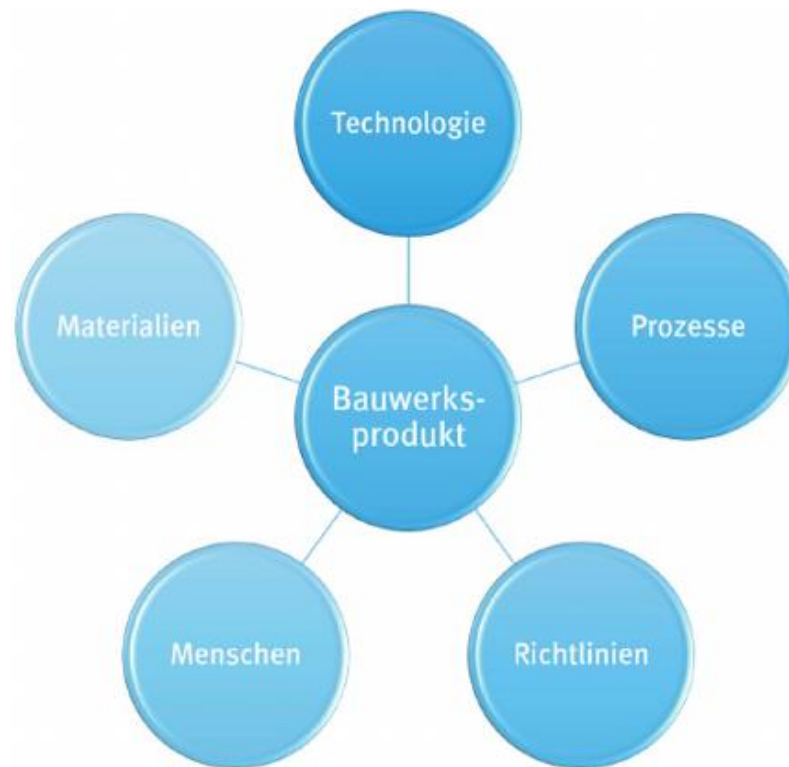


Abbildung 4.2.1-1: Aufteilung eines Bauwerksprodukts in die verschiedenen Kriterien (Kröger 2018)

4.2.2 Kollaboration statt nur Kooperation

Eine weitere wichtige Voraussetzung für BIM und LCM ist die Kollaboration. Darunter wird nicht nur die Zusammenarbeit der Projektbeteiligten verstanden, sondern auch die gemeinsame Übernahme der Verantwortung. Damit ein solches Zusammenwirken funktioniert, ist ein respektvoller Umgang auf Augenhöhe wichtig, sowie entsprechendes Vertrauen zueinander. Auf dieser Basis kommt es schneller zu einem lösungsorientierten Ansatz, als sich gegenseitig die Fehler zuzuweisen, was in einem Projekt meist nur unnötig viel Zeit und Energie verschlingt. Idealerweise haben die Beteiligten das gleiche Werteverständnis, was oft auf eine ähnliche Unternehmenskultur zurückzuführen ist, die vor allem für LCM wesentlich ist, weil damit ein Wertestrom erzeugt wird, Prozesse gemeinsam geplant und Verantwortlichkeiten festgelegt werden. Der Grundstein für eine funktionierende Kollaboration ist Transparenz (vgl. 4.2.1 Transparenz). Nur so können in Zusammenarbeit mit den Projektbeteiligten Informationen vollumfänglich erfasst und anschließend ein Prozess erarbeitet werden. Doch auch BIM steht ganz im Zeichen der Kollaboration der verschiedenen Fachplaner. Im Idealfall wird ein BIM-Projekt in einem „big open Room“ abgewickelt. Dort können die Fachplaner zeitgleich an einem Plan oder Modell arbeiten und bekommen Informationen von

anderen Planern in Echtzeit übermittelt. Somit hat jeder der Beteiligten Zugriff auf sämtliche im Bauwerksmodell enthaltenen Informationen (Kröger 2018).

4.2.3 Kompetenz, Empathie und Wissen

Die Erfolgsfaktoren für kollaborative Arbeit können im Wesentlichen durch drei Komponenten definiert werden, dem Wissen, der Empathie und der Kompetenz aller Beteiligten (Abbildung 4.2.3-1) (Kröger 2018).

Explizites Wissen

In Bezug darauf unterscheidet man explizites und implizites Wissen. Ersteres ist jegliches Wissen, das dokumentierbar ist oder schon einmal dokumentiert wurde, das standardisierbar ist. Also Wissen, das formulierbar und reproduzierbar ist, sowie logisch nachvollziehbar und sich genau beschreiben lässt. Dazu gehört auch BIM, das ein Wissens-Management-System darstellt. Im LCM wird es z.B. in der Form der Taktsteuerungstafel dargestellt (Kröger 2018).

Implizites Wissen

... ist zu verstehen als persönliche Qualitäten, Erfahrungen, bzw. Erfahrungswerte, die über die Jahre von Berufstätigen in einem Job gesammelt wurden. Entscheidungen, die darauf basieren, benötigen eine gewisse Praxis, die oft nur schwer formulierbar, geschweige denn vermittelbar ist. Grundsätzlich ist implizites Wissen meist sehr lösungsorientiert und kann teilweise (mit der entsprechenden Erfahrung) dem Kontext entnommen werden. Mitarbeiter mit genügend implizitem Wissen haben oft die Fähigkeit, Sachverhalte kritisch zu hinterfragen, sie in den entsprechenden Kontext einzuordnen und vernünftige Rückschlüsse zu ziehen (Kröger 2018).

Empathie

... ist wesentlich für die Zusammenarbeit. Es bedeutet eigentlich ein Eingehen und ein Sich-einfühlen in eine andere Person. Im Zusammenhang mit Abbildung 4.2.3-1: Erfolgsfaktoren für eine Kollaboration wird sie untergliedert in „Motivation“ und das „Engagement“ der Projektbeteiligten. Letzteres erfordert auch die o. g. Bedeutung dieses Begriffs, nämlich, dass alle Beteiligten aufeinander eingehen und Rücksicht nehmen können. Unter „Motivation“ ist eine innere Überzeugung zu verstehen, die man auch „intrinsische Motivation“ nennt. Sofern dies gelebt wird, erkennen die Beteiligten (automatisch) ihre zu leistenden Aufgaben, was ihre Arbeit als auch die Beziehungen zu den anderen Beteiligten anbelangt (Kröger 2018).

Kompetenz

Sie bezieht sich auf die Führung und die Umsetzung. Kollaboratives Arbeiten muss entsprechend gelenkt werden. Ebenso ist eine kompetente Umsetzung der Aufgaben und des Managements wichtig (Kröger 2018).

Zusammen ergeben alle drei Faktoren Wissen, Empathie und Kompetenz die Erfolgsfaktoren einer gelungenen Kollaboration (Kröger 2018).

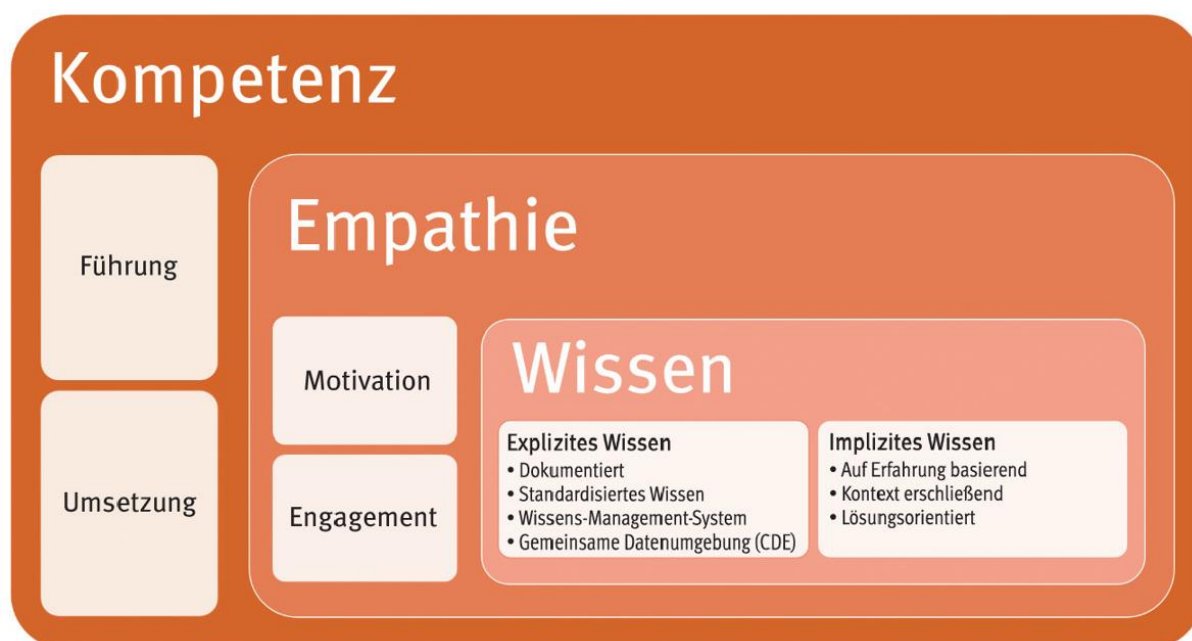


Abbildung 4.2.3-1: Erfolgsfaktoren für eine Kollaboration (Kröger 2018)

4.3 Gründe für ein Zusammenführen von BIM und Lean Construction Management

Für Viele stellt sich die Frage, wie man die fünf Lean-Prinzipien mit BIM in Verbindung bringen kann. Im Folgenden wird auf die verschiedenen Prinzipien eingegangen und auf den Mehrwert einer Zusammenführung von BIM und LCM aufmerksam gemacht. Hierzu die folgenden fünf Punkte:

4.3.1 Definition des Wertes aus Sicht des Kunden

Der Datenreichtum in einem Bauwerksinformationsmodell ist groß und bietet dem Klienten bereits sehr früh Unterstützung bei Entscheidungsfindungen. Dies ist dem Prin-

zip des Lean Managements gleichzusetzen, das mit all seinen Methoden und Prinzipien die stetige und konsequente Steigerung der Wertschöpfung verfolgt und die Zufriedenheit des Kunden in den Mittelpunkt stellt (Kröger 2018).

Themen, die beispielsweise das Facility-Management betreffen, können auf diese Weise schon in einer sehr frühen Planungsphase miteinbezogen werden. Daraus ergeben sich Prognosen über spätere Nutzungs- und Instandhaltungskosten. Somit hat dies auch einen wertschöpfenden Aspekt (Kröger 2018).

Des Weiteren hat der Auftraggeber ständigen Zugriff auf das Bauwerksinformationsmodell und kann daraus jederzeit den Stand der Planung ersehen, die durch große Transparenz ein schnelles Eingreifen ermöglicht. Ein wesentlicher Punkt im Lean Management ist die Entscheidungsfindung, die bestenfalls auf Fakten und Daten basiert. Dem kommt die automatisierte Mengenermittlung aus dem BIM-Modell zugute, weil daraus die Kosten ersichtlich werden, die oft der wesentliche Grund für eine Kundenentscheidung sind. Somit hilft die BIM-Funktion, die Produktmengen zu ermitteln und unterstützt den Klienten, Entscheidungen über die Bauausführung treffen zu können (Kröger 2018).

Darüber hinaus bietet BIM eine vergleichbar schnelle und einfache Anpassung der APA (Auftraggeber-Produkt-Anforderung). Dies gibt dem Kunden einen gewissen Spielraum dafür, welche Anforderungen ein Baustoff oder Produkt erfüllen muss und auch dies kann die Kundenzufriedenheit verbessern (Kröger 2018).

4.3.2 Die Identifikation des Wertstroms

... ist ein wesentliches Lean-Prinzip (vgl. 3.1.3 Grundprinzipien des Lean Management). Ein Bauwerksinformationsmodell stellt für eine Analyse dessen sämtliche Informationen dar. Jedoch können diese lediglich ausgelesen und noch nicht automatisiert verarbeitet werden. Dies könnte aber in der Zukunft möglich sein (Kröger 2018).

4.3.3 Das Fluss-Prinzip

... ist eine wesentliche Komponente im LCM und soll sicherstellen, dass ein kontinuierlicher Arbeits- und Informationsfluss besteht. Ziel ist es, Unterbrechungen zu vermeiden, bzw. Wartezeiten zu eliminieren, die oft durch zu spät getroffene Entscheidungen von Seiten des Bauherrn oder Kunden verursacht werden und die Fertigstellung verzögern. Das BIM-Modell fördert durch seine vielen Informationen die Pla-

nungssicherheit, durch die eine frühzeitige Entscheidungsfindung des Klienten unterstützt wird. Dadurch kann schon eher eine genaue Planung durch LCM beginnen, z.B. kann es logistisch auf der Baustelle den Bauablauf effizient beeinflussen, indem durch ein BIM-Modell eine detaillierte Montage-Simulation durchgeführt wird, die verbunden mit LCM, zu einem störungsfreien und ununterbrochenen Arbeitsfluss verhilft (Kröger 2018).

4.3.4 Das Pull-Prinzip

Hierbei ist wichtig, dass ein Umdenken vor allem beim Kunden stattfindet, denn dieses Prinzip basiert (wie im Kapitel 3.1.3 Grundprinzipien des Lean Management beschrieben) auf einer bedarfsorientierten Produktion (d. h. ein Baustoff, ein Produkt oder eine Leistung wird erst dann hergestellt, wenn er/sie gebraucht wird, um Lagerkosten oder Lagerflächen zu sparen oder eine Überproduktion zu vermeiden). Die Verknüpfung von BIM und LCM bietet für das „Pull-Prinzip“ die ideale Voraussetzung, weil dadurch schnell und einfach ersichtlich wird, welches Bauteil oder Produkt als nächstes benötigt wird. In Verbindung mit der Just-in-Time Methode kann die logistische Abwicklung durchorganisiert werden (Kröger 2018).

4.3.5 Perfektion

... ist im Lean Management essenziell und wird durch kontinuierliche Verbesserung der Prozesse und Reduzierung, bzw. Eliminierung von Verschwendung realisiert, z. B. durch den Bau mit Fertigteilen. Dies führt nicht nur zu einer Qualitätssteigerung eines Bauwerks, sondern spart auch Zeit und Ressourcen. Mit entsprechenden BIM-Modellen kann auch z. B. eine Kollisionsprüfung „(im englischen *Clash Detection*)“ (BauNetz 2020) durchgeführt werden, die die Planung und Herstellung von Fertigteilen für Bauwerke erleichtert (Kröger 2018).

4.4 Barrieren und Hindernisse einer Verknüpfung von BIM und LCM

Derzeit gibt es noch Unstimmigkeiten, die es in Bezug auf BIM und LCM zu lösen gibt. Die wichtigsten, bzw. größten Schwierigkeiten sind folgende:

- Leistungsphasen der HOAI stellen keine ausreichende Parallelität der Leistungsbilder dar, d.h. dadurch, dass die Planung, wenn beide Methoden verwenden

det werden, aufwendiger ist, nimmt beispielsweise der Objektüberwachungsaufwand ab. Dadurch entspricht die Vergütung nach HOAI nicht mehr dem tatsächlichen Aufwand, der im Vorfeld erbracht werden musste.

- Der existierende Mangel an qualifizierten Projektbeteiligten mit gleichermaßen Kompetenzen in LCM sowie BIM kann dazu führen, dass die Zusammenarbeit durch das unterschiedliche Wissensniveau erschwert wird.
- Fortbildungsmaßnahmen sind meist sehr teuer.
- Die geringe Wirksamkeit, die vor allem der unzureichenden Standardisierung beider Ansätze geschuldet ist, erschwert die Umsetzung zudem.
- Rechtliche Rahmenbedingungen und Vertragsformen sind noch nicht vollumfänglich geklärt.

(Kröger 2018)

4.5 Interaktionsmatrix

2009 entwarf Rafael Sacks, Bhargav A. Dave, Lauri Koskela und Robert Owen in ihrer Abhandlung „Analysis framework for the interaction between Lean Construction and building information modeling“ (Sacks, et al. 2009) eine Matrix, welche die Interaktionen zwischen BIM und Lean Construction aufzeigt. Diesemacht deutlich, dass es insgesamt 54 Interaktionen zwischen BIM und LCM gibt. Es handelt sich hier um rein theoretische Ansätze und Zahlen, denn die Interaktionen sind von den Projektgegebenheiten und den Anforderungen her individuell zu betrachten (Kröger 2018); (Interaktionsmatrix siehe Anhang unter A.15).

4.6 Potentiale der Schnittstellen zwischen BIM und LCM

Bei einer Kollaboration zwischen BIM und LCM ergeben sich Schnittstellen, die einen erheblichen Mehrwert für das Projekt sowie für die daran Beteiligten haben. Die wichtigsten Kontaktpunkte diesbezüglich werden im Folgenden detaillierter beschrieben.

4.6.1 Bau- und Planungsbesprechungen

Das Bauwerksinformationsmodell und Lean Construction Management kann bei Bau- und Planungsbesprechungen einen Zusatznutzen darstellen. Durch BIM ist es den Beteiligten bereits in der Planung oder eben in der Baubesprechung möglich, die zukünftigen Arbeiten oder Bereiche visuell zu betrachten. Das virtuelle Modell kann parallel mit dem LCM Prozessplan verglichen werden. Somit wird ersichtlich, wo, wann und

mit wem es ggf. Kollisionen also Überschneidungen in der Ausführung oder der Logistik gibt. Anschließend kann im Rahmen der LCM-Besprechung auf genannte Probleme eingegangen werden und die Prozessplanung entsprechend variiert, bzw. angepasst werden (Kröger 2018).

4.6.2 Virtuelles Prototyping und Simulationen

Simulationen und Visualisierungen von Prozessen und Bauabläufen ermöglichen es, Prozessinformationen zu generieren und diese zu konkretisieren. „*Die integrale modellbasierte Projektabwicklung hilft also die bei Lean Construction benötigten Daten im Vorfeld zu verifizieren und zu validieren*“ (Kröger 2018).

4.6.3 Kollisions-Analyse

Die Kollisions-Analyse oder auch „Clash Detection“ genannt, die innerhalb eines BIM-Modells durchgeführt werden kann, eignet sich hervorragend, um Verschwendungen zu reduzieren und die Abläufe effizienter zu gestalten. In einer Clash Detection werden Kollisionen an den verschiedenen Bauteilen sichtbar. Diese können noch vor Entstehung auf der Baustelle eliminiert werden. Das spart unnötige Nacharbeiten, Zeit und verbessert die Qualität (Kröger 2018).

4.6.4 Virtuelle Kollaboration

Die uns heute zur Verfügung stehenden Technologien bieten die Möglichkeit, eine digitale Plattform zu nutzen, in der sämtliche Daten für das Projekt abgespeichert werden können, wie Pläne, Termine und Protokolle. Ein solches Programm ist beispielsweise „Microsoft Teams“, das eine zentrale Informationsplattform darstellt. Es bietet die Möglichkeit, sich mit Einzelpersonen oder mit diesem Programm erstellten Arbeitsgruppen auszutauschen, um sämtliche Dokumente ablegen und teilen zu können. Die Benutzer können parallel an Dokumenten arbeiten und Kommentare hinzufügen, außerdem entsprechende Daten bereits vor den Meetings oder Besprechungen mittels der zentralen Informationsplattform übermitteln. Somit kann im Vorfeld ein besserer Wissensstand bei allen Beteiligten erzeugt werden. Darüber hinaus ist es möglich, Aufgaben zu planen, zu verteilen und nachzuverfolgen. Der Status kann jederzeit abgerufen oder verändert werden, z. B. kann man diesen auf „erledigt“ oder „in Bearbeitung“ setzen. Ein weiterer Vorteil ist die Webbasiertheit einer solchen Plattform, d.h. der Zugriff auf Termine und Daten erfolgt über das Internet, bzw. über eine Cloud. Damit kann auf sämtliche Daten eines mobilen Endgeräts zugegriffen werden, auch

oder gerade wenn man sich auf der Baustelle befindet und ein Detail oder einen Plan benötigt. So steigt durch eine virtuelle Kollaboration die Verfügbarkeit der Informationen sowie die Transparenz in einem Projekt (Kröger 2018).

4.6.5 Visualisierung

Eine Visualisierung des Bauablaufs ist ein weiterer Mehrwert in Bezug auf die Optimierung der Bauprozesse, denn dadurch identifiziert man Engpässe, einen Ressourcenmangel, bzw. -überschuss unter den Aspekten von Zeit und Raum und erhält so effiziente und effektive Lösungen bezüglich der Wirtschaftlichkeit und der Sicherheit.

4.6.6 Just-in-Time (JIT)

... ist ein Produktionssystem, das genau das herstellt und liefert, was gebraucht wird, und zwar zur rechten Zeit in der benötigten Menge. JIT und Jidoka sind die beiden Säulen des Toyota-Produktionssystems. Ersteres besteht aus drei operativen Elementen: dem Pull-System, der Taktzeit und dem kontinuierlichen Fluss. JIT strebt die vollständige Beseitigung jeglicher Verschwendung an, um das beste Ergebnis zu erzielen, hierbei geht es darum, die bestmögliche Qualität zu günstigsten Kosten mit geringstem Einsatz von Ressourcen in möglichst kurzer Produktions- und Lieferzeit zu erreichen (Marchwinski, Shook und Schroeder 2008).

4.6.7 Mängelmanagement

... kann sich auf Planungs- oder Ausführungsfehler beziehen. Planungsmängel tauchen meist in der Ausführungsphase wieder auf, sofern sie hier nicht behoben wurden. Sie zeigen sich oft als Schnittstellenprobleme. Gründe, dass Mängel auftreten, können Unklarheiten bei der Zuweisung von Arbeiten zu einem Fachgewerk sein. Folglich entstehen dadurch Mehrkosten, da Schnittstellen, bzw. die dadurch anfallenden Arbeiten in keinem Vertrag niedergeschrieben wurden. Führt ein Gewerk die Leistung nach Rücksprache mit dem Bauherrn aus, kann beispielsweise auf Stundenbasis, bzw. mittels Regieberichten abgerechnet werden. Noch höher werden die Kosten meist, wenn der Mangel in der Planung so groß ist, dass gesamte Teilleistungen vergessen wurden. Hierbei handelt es sich vor allem um Punkte, die fachtechnisch richtigen Ausführung, zwingend notwendig sind, jedoch in der Planung nicht berücksichtigt wurden. Daraus resultieren Nachträge, die Kosten hervorrufen und im Budget oft nicht einkalkuliert wurden. Ein entsprechendes BIM-Modell kann diese Mängel visualisieren und vor der Entstehung beseitigen (Kröger 2018). Fehler, die in der Ausführungsphase

entstehen, können dank cloudbasierten Projektdaten, bzw. Modellen direkt vor Ort eingetragen und abgespeichert werden. Diese werden parallel zu dem entsprechenden Gewerk, bzw. einer Fachdisziplin zugewiesen, sodass diese eine effiziente Mängelbeseitigung umsetzen kann.

4.6.8 Vorteile für das Facility Management

Die Kombination aus BIM und Lean Management ist grundsätzlich nicht nur für die Planungs- und Bauphase von Vorteil, sondern auch für das Facility Management. So können mittels eines BIM-Modells die Lebenszykluskosten des gesamten Gebäudes, oder aber auch nur einzelne Bereiche kalkuliert werden. Außerdem ist eine leichtere Lokalisierung von Wartungsanlagen oder Elementen möglich. Dadurch kann der Facilitymanager schon vor Beginn der Arbeiten erkennen, welche Werkzeuge oder Bauteile/Elemente für die Wartung oder Reparatur benötigt werden. Ganz nach dem Lean-Prinzip wird so Verschwendung vermieden und nicht-wertschöpfende Prozesse werden reduziert bzw. eliminiert. Für eine Verwendung von BIM und Lean im Facility Management ist es wichtig, schon in der frühen Planungsphase entsprechende Auftraggeber-Informationsanforderungen von Seiten des Facility Managements zu stellen, um diese bereits in ein BIM-Modell einfließen zu lassen (Kröger 2018).

4.7 Lean im BIM-Prozess

Mittels der bereits genannten Lean-Methoden ist eine Identifikation der Wertschöpfung möglich. Durch entsprechende Planung können die Tätigkeiten in einer gewinnbringenden Reihenfolge angeordnet werden. Dies führt auf der einen Seite zu einer Effizienzsteigerung der ausgeführten Arbeiten und auf der anderen zu einer Reduzierung, im besten Fall auch zu einer Eliminierung von Verschwendung und Störfaktoren (Kröger 2018).

Durch BIM wird wiederum die Wertschöpfung der Planung verfolgt, was sich in effektiven Prozessen, bzw. Abläufen im Abwicklungsplan widerspiegelt. Dort werden die BIM-Anwendungsfälle und -Prozesse konkretisiert. Somit wird eine transparente Umgebung geschaffen, in der klar definiert ist, wer, wem, wann, was, wie und in welcher Qualität zur Verfügung stellen muss. Damit wird das Ziel verfolgt, eine Überproduktion zu vermeiden. Die Pläne sollen Just-in-Time geliefert, bzw. übergeben werden (Kröger 2018). Ein ausgereiftes Informationsmanagement bildet für oben genannte Punkte den Rahmen für eine strukturierte und organisierte Arbeitsweise (Kröger 2018). Ein damit

verbundener störungsreduzierter, bzw. fehlerfreier Ablauf steigert, ganz im Sinne des Lean Management nicht nur die Zufriedenheit des Kunden, sondern aller Beteiligten (Kröger 2018).

5 Praxisbeispiel über die Visualisierung eines Neubaus, dem iCampus im Münchner Werksviertel

Dieser Teil der Arbeit befasst sich mit dem praxisbezogenen Versuch, eine LCM Taktung in einem BIM-Modell zu visualisieren. Es wird darauf eingegangen, wie dies im Detail aussehen soll und welche Voraussetzungen dafür zu Grunde liegen müssen. Außerdem wird anhand eines konkreten Beispiels gezeigt, welche Einstellungen getroffen werden müssen, bzw. wie die Einstellungen vorzunehmen sind, um die Visualisierung umzusetzen. Abschließend werden mögliche Ausarbeitungsvorschläge und Verbesserungen vorgenommen.

5.1 Konzeptionelle und theoretische Umsetzung

5.1.1 Grundsätzlicher Aufbau

Diesen stellt man sich wie folgt vor: In ein BIM-Modell (in diesem Fall wurde es mit dem Programm „Revit 2020“ erstellt) können mithilfe von sog. „Phasen“ vier verschiedene bauliche Zustände eines Prozesses, bzw. Bauteils, mittels verschiedener Farben dargestellt werden, deren Auswahl im Ermessen des Erstellers liegt. Ein z. B. weiß markiertes Bauteil kann andeuten, der Prozess hat noch nicht begonnen. Z. B. gelb weist darauf hin, etwas ist in Bearbeitung. Grün bedeutet z. B., dass diese Bauphase oder das -teil abgeschlossen, bzw. fertig ist, während rot eine Verzögerung angibt. In Abbildung 5.1.1-1 ist das Modell mit verschiedenen Phasen exemplarisch dargestellt.

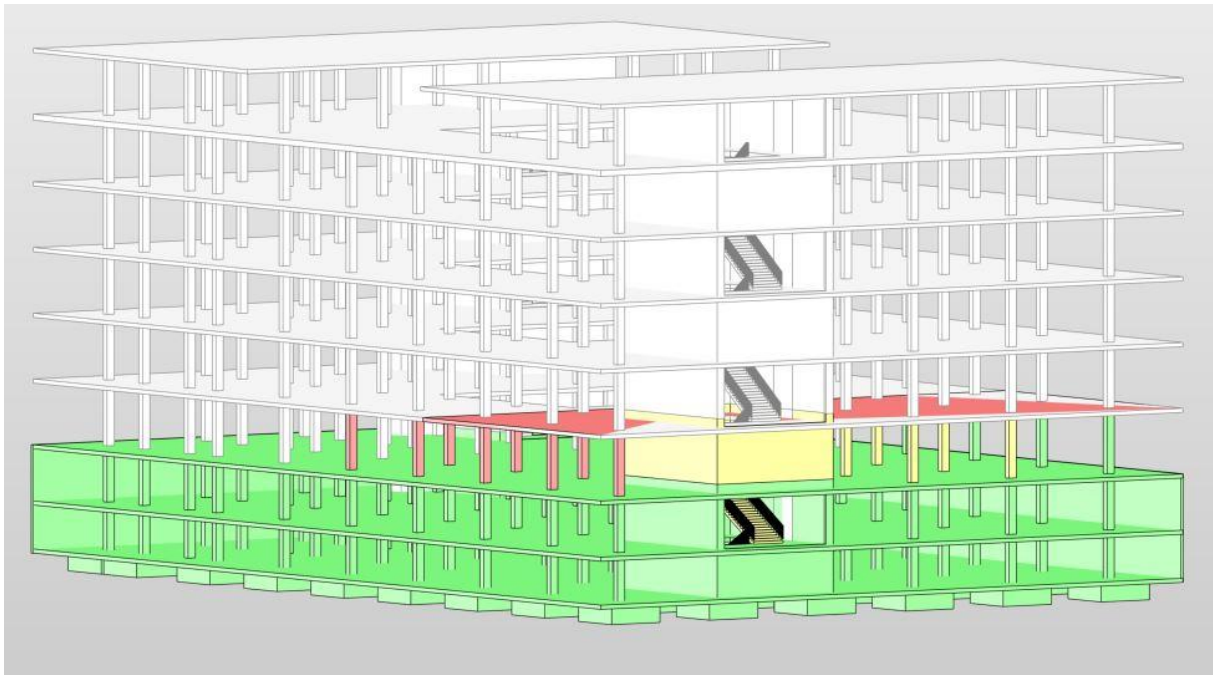


Abbildung 5.1.1-1: Darstellung des 3D-Modells mit den Verschiedenen Phasen - Prozess noch nicht gestartet (Weiß), in Bearbeitung (Gelb), Fertig (Grün) und Verzug (Rot),

5.1.2 Funktionsweise und Schwierigkeiten

In Revit können für die einzelnen Bauteile Eigenschaften festgelegt werden. Zu diesen gehört auch die Definition einer „Phase“. Diese wurde im erstellten Projekt genutzt, um die Visualisierung verschiedener Zustände (wie in Abschnitt 5.1.1 beschrieben) zu erstellen. Projektphasen dienen dazu, dem Modell eine zeitliche Komponente hinzuzufügen. In Revit sind die Phasen dafür gedacht, verschiedene Bauzustände abzubilden. Dies kann speziell bei einer Renovierung von Vorteil sein, denn das Projekt kann sich in vier Phasenzustände (Phasenstatus) aufteilen: „Vorhandene“, „Neu“, „Abgebrochen“ und „Temporärer“. Mit Hilfe des „Phasenfilters“ kann man sich den entsprechenden Zustand anzeigen lassen.

Die Schwierigkeiten, die sich während der praktischen Umsetzung ergaben, lagen darin, dass die Einstellungen, bzw. Begriffe des Phasenstatus („Vorhanden“, „Abgebrochen“, „Neu“, „Temporär“) in Revit umgangen werden mussten, da diese Zustände für die Planung von Renovierungen ausgelegt und die Namen des Phasenstatus im Programm unveränderbar sind. Um die Visualisierung der LCM-Taktung in einem BIM Modell umzusetzen, trug ich die Bezeichnungen (weiß: Prozess noch nicht gestartet; gelb: in Bearbeitung; grün: Fertig und rot: Verzug) unter der Rubrik „Material“ ein.

Mithilfe des Phasenfilters ist es anschließend möglich, so zu filtern, dass sich die gewünschte 3D-Ansicht der Bauphasen (z. B. „2_in Bearbeitung (gelb)“) visualisieren lässt. Jeder Phase wies ich eine Farbe zu:

- Die geplante Konstruktion wird weiß dargestellt,
- ein Prozess, bzw. ein Bauteil, das in Bearbeitung ist, gelb markiert,
- ein fertiger Prozess/Bauteil grün hinterlegt,
- ein Prozess/Bauteil in Verzug wird mit der Farbe Rot gekennzeichnet.

Wie eine Festlegung der verschiedenen Phasen stattfindet, wird in Kapitel 5.2.1.1 „**Einstellungen für die Projektphasen**“ auf Seite 67 detailliert beschrieben.

5.1.3 Hintergrund der Idee – Nutzen, Übersichtlichkeit und Zeitersparnis durch die Visualisierung von Prozessen

Ziel ist, die Vorteile beider Methoden von BIM als auch LCM durch eine Verknüpfung noch und effizienter zu nutzen. Die Integration von Planung und Management trägt dazu bei, in kurzer Zeit sinnvolle Entscheidungen zu treffen. Der Fokus liegt auf gewinnbringenden, bzw. wertschöpfenden Entscheidungen, die nicht nur auf den ersten Blick Vorteile liefern, sondern auch nachhaltig sind, wie z. B. eine Kostenreduzierung oder eine Zeitersparnis. Beispielsweise folgende Situation:

Bauherr A will die Fertigstellung seines Gebäudes beschleunigen, daher nimmt er zusätzliche Kosten in Kauf, um die Aushubarbeiten der Fa. „B“ zu verkürzen, in dem Glauben, dadurch mit dem Rohbau früher starten zu können. Sein Ziel ist ein früheres Bauende, um eher als geplant, die Mieteinnahmen zu erhalten. Die Rohbaufirma „C“ will nun ebenfalls mehr Geld für den Mehraufwand eines früheren Beginns. Angenommen beiden Firmen (B und C) gelingt es, bis zum Einbau der ersten Deckenplatten drei Wochen früher fertig zu sein, im Laufe der Arbeit zeigt sich jedoch, dass die nun früher gebrachten Elementdecken (halbfertige Platten im Werk hergestellt und auf die Baustelle zu liefern) nicht drei Wochen früher gefertigt und/oder geliefert werden könne. Somit ist alle zuvor erarbeitete Zeitersparnis sinnlos, weil sie nur mehr Kosten verursachte und nichts dazu beitrug, dass der Bauherr seine Mieteinnahmen eher erhalten konnte.

Die Übersichtlichkeit ist essenziell, um Projekte jeglicher Art effizient ins Ziel zu bringen. Eine vorausschauende Planung funktioniert bei fehlender Übersicht meist nicht mehr und kann vom Bauverzug, bis zum -stopp führen. Für eine vorausschauende

Planung ist vor allem für die Bauleitung, Objektüberwachung, Projektsteuerung und den Bauherrn der Soll-Ist-Vergleich wesentlich. Dieser differenziert zwischen dem Bausoll, aus dem Terminplan und dem Ist-Zustand auf der Baustelle. Dies ist für den Bauherrn oft finanziell sehr wichtig, da die Kosten entsprechend des Baufortschrittes abgebildet werden müssen. Z. B. kann es sein, dass der Ist-Zustand über dem Soll-Zustand liegt, wodurch höhere Kosten erklärbar werden.

Da durch eine in ein BIM-Modell integrierte LCM-Taktung auf einen Blick ersichtlich ist, in welchem Bereich man sich im Verzug befindet und in wo man bereits mit den Arbeiten begonnen hat (vgl. Abbildung 5.1.1-1 Seite 64) ist es möglich, schnell und sehr detailliert den Projektstatus nachzuvollziehen und ggf. entsprechende Maßnahmen einzuleiten. Solche, können z. B. im Fall eines Verzuges, eine Erhöhung der Mannschaftsstärke sein oder dass bei den Rohbauarbeiten auf der einen Seite ein Verzug herrscht, jedoch an anderer Stelle des Gebäudes eine Beschleunigung zu erkennen ist und eine geschickte Verteilung der Mannschaft den Ausgleich schafft. Vor allem bei großen Bauprojekten ist es schwierig, diese detaillierte Übersicht zu jedem Zeitpunkt des Projekts zu haben, aber durch die Visualisierung des Ist-Zustandes in einem BIM-Modell (wie in Abbildung 5.1.1-1 Seite 64) gewinnt man in Kürze das nötige Wissen und den Überblick, um die Baustelle tagesaktuell zu steuern.

5.2 Praktische/projektbezogene Umsetzung

Die Praxisanwendung bezieht sich auf ein in Revit erstelltes Modell in Anlehnung an den iCampus (Gebäude Alpha). Hierbei handelt es sich um ein von mir erstelltes BIM-Modell des Rohbaus. In diesem Kapitel wird detailliert erklärt, wie in diesem Beispielmmodell die Phasen erstellt wurden und wie eine Visualisierung gelingt. Sämtliche Bilder, die in diesem Kapitel enthalten sind, sind auf Revit 2020 zurückzuführen.

5.2.1 Einpflegen der Daten in Revit 2020

Als Grundvoraussetzung wird ein BIM-Modell benötigt. Dieses Kapitel soll als Anleitung dienen, wie man Schritt für Schritt die Phasen generiert, um dann mithilfe eines Phasenfilters den Status des Bauprojektes, bzw. einzelner Bereiche/Bauteile zu visualisieren. Das Erstellen der Phasen gliedert sich in fünf Schritte, die im Folgenden genauer erläutert werden:

5.2.1.1 Einstellungen für die Projektphasen

Schritt 1:


Zunächst haben wir unser BIM-Modell, in dem die Bauteile, sofern noch keine Phasen definiert wurden, die „Phase 01“ besitzen. Unter **Eigenschaften (1)** → **Phasen (2)** → **Phase erstellt (3)**, wird die jeweilige Phase angezeigt (Abbildung 5.2.1-1, Punkt (3) „Phase 01“).



Abbildung 5.2.1-1: Einstellungen – Bauteil – Phasen -Phase 01

Schritt 2:

Aufrufen des Dialogfeldes „Phasen“

Über die Registrierkarte **Verwaltung** → **Phasen** → **Phasen** , gelangt man zu dem Fenster Phasen (vgl. Abbildung 5.2.1-2). Wie in Abbildung 5.2.1-2 zu erkennen unterteilt es sich in „Projektphasen“, „Phasenfilter“ und „Grafische Überschreibung“.

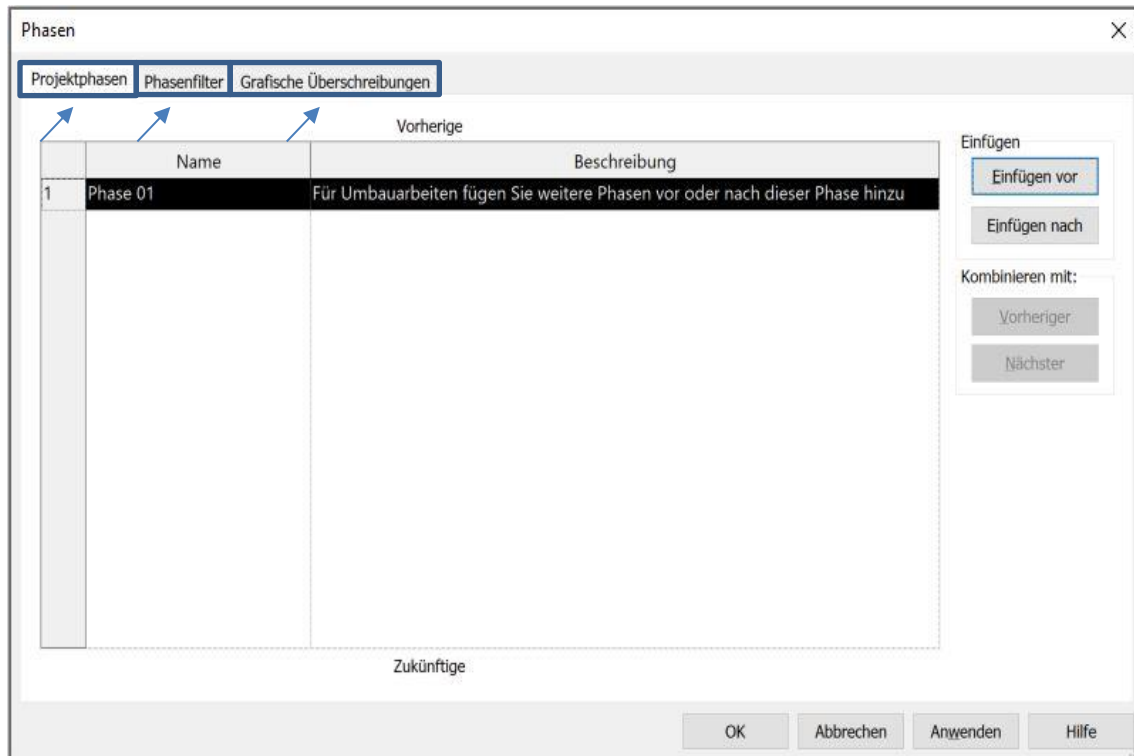


Abbildung 5.2.1-2: Dialogfeld Phasen mit den Registrierkarten: Projektphasen, Phasenfilter und Grafische Überschreibung.

Schritt 3:

Hier werden neue Phasen definiert.

Unter dem Reiter „Projektphasen“ → „Einfügen vor“ oder „Einfügen nach“ kann dies umgesetzt werden (vgl. Abbildung 5.2.1-2). Hierbei ist darauf zu achten, dass die Phase, die (zeitlich betrachtet) zuerst kommen muss, ganz oben in der Tabelle erscheint und die, die zuletzt kommt, ganz unten steht. Für die Visualisierung der LCM Prozesse benannte ich mir die Phasen mit Römischen Ziffern von I-IV unter der Rubrik „Name“. Außerdem kann den Phasen eine Beschreibung hinzugefügt werden. Ich entschied mich für die in Abbildung 5.2.1-3, zu erkennende Beschreibung.

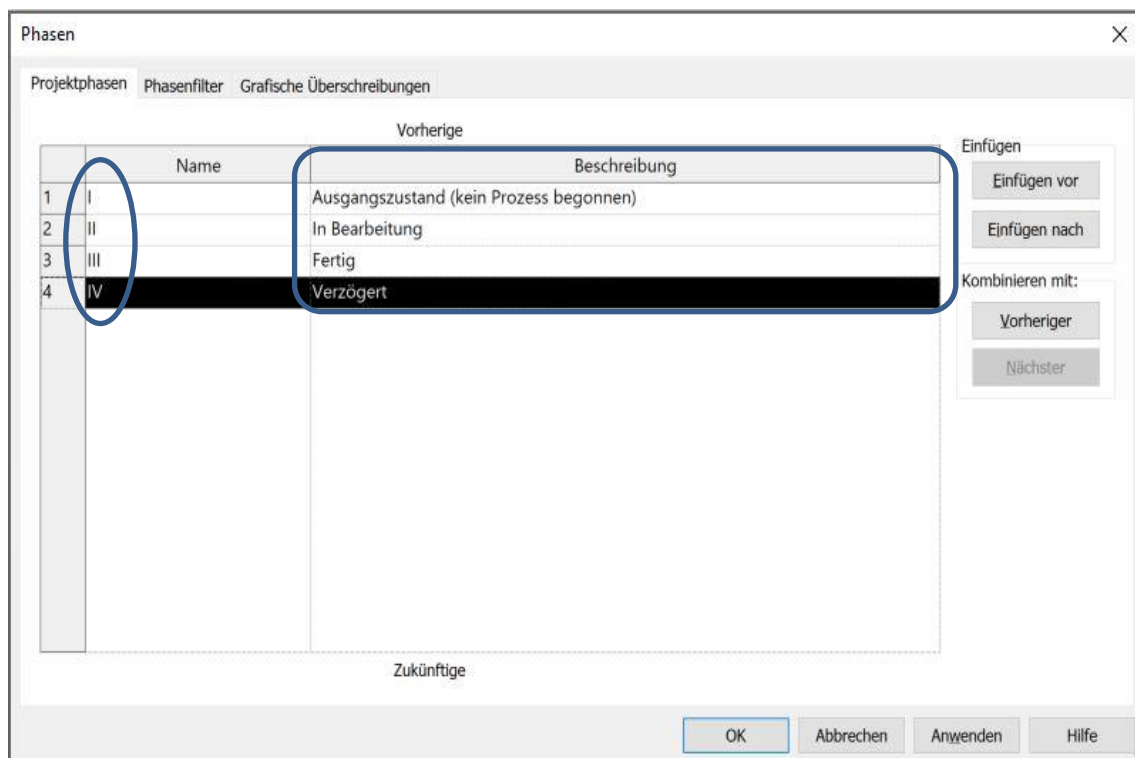


Abbildung 5.2.1-3: Projektphasen – Name und Beschreibung

Schritt 4:

Hier wird erklärt, wie die „Grafische Überschreibung“ festgelegt wird.

Dabei entschied ich mich für folgende, in Abbildung 5.2.1-5 zu sehenden Einstellungen. Abbildung 5.2.1-4 zeigt den Ausgangszustand der in Revit 2020 voreingestellten „Grafischen Überschreibung“ der Phasen. Die Einstellungen, dort getroffen werden, teilen sich in drei Themen auf (vgl. Abbildung 5.2.1-4).

1. Projektion/Oberfläche (1) (festlegen von Linien und Muster)
2. Schnitt (2) (festlegen von Linien und Muster)
3. Material (3) (festlegen des Materials/Farbe → wichtig für die Visualisierung)

Dabei ist darauf zu achten, dass die in „Projektion/Oberfläche“ sowie die in „Schnitt“ getroffenen Einstellungen in z.B. Grundrissplänen dargestellt werden, jedoch nicht im 3D-Modell, bzw. in der der 3D-Ansicht. Diese für uns wichtigste Einstellung wird unter Punkt drei „Material“ getroffen.

Im Folgenden wird exemplarisch für den Phasenstatus „Vorhanden“ (vgl. Abbildung 5.2.1-4) Schritt für Schritt erklärt, wie die Einstellungen zu treffen sind. Diese unterscheiden zwischen den verschiedenen Zuständen (Phasenstatus) lediglich in den verwendeten Farben, die für „Linien“, „Muster“ und „Material“ gewählt werden. Die Farben und Namen, die in den Einstellungen getroffen wurden, sind für den jeweiligen Phasenstatus „Abgebrochen“, „Neu“ und „Temporär“ der Abbildung 5.2.1-5 zu entnehmen (vgl. 5.1.2 Funktionsweise und Schwierigkeiten S. 64).

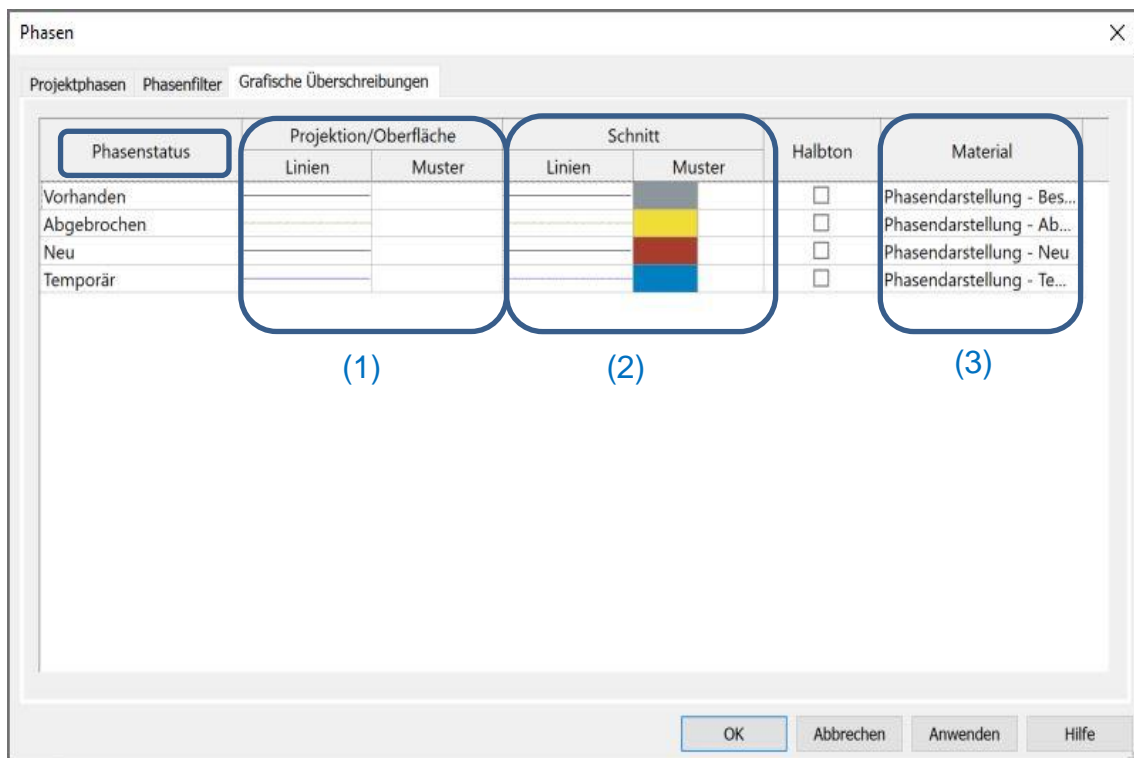


Abbildung 5.2.1-4: Grafische Überschreibung – Ausgangszustand

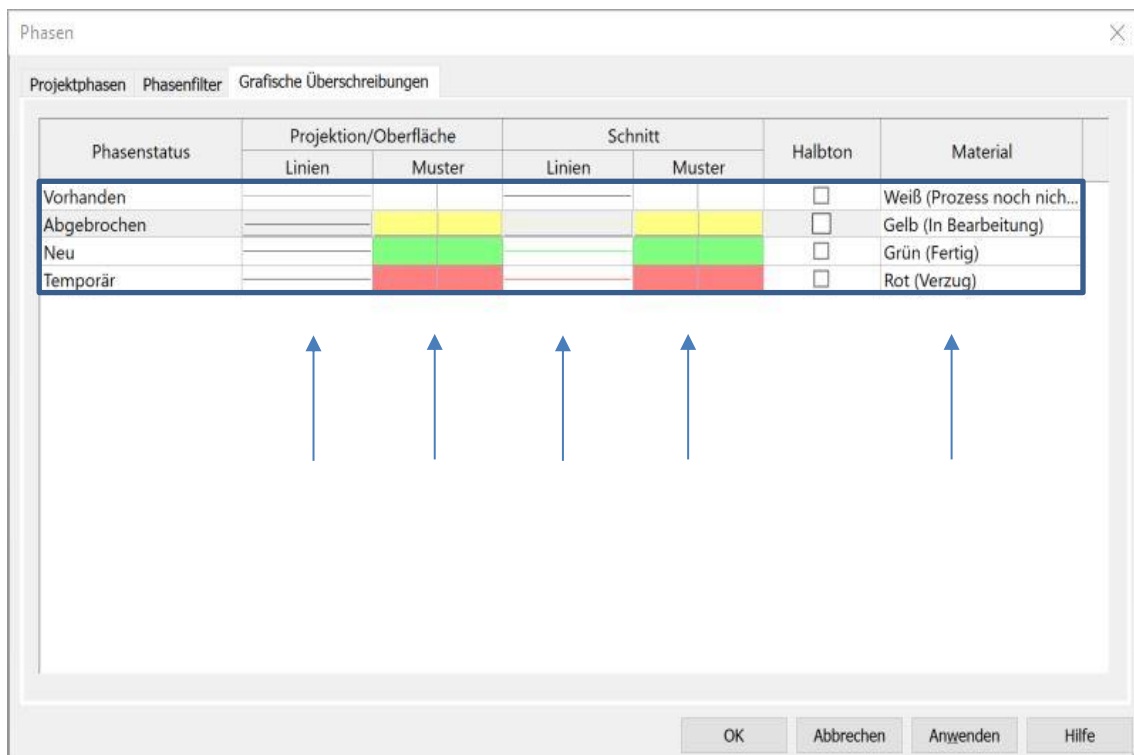


Abbildung 5.2.1-5: Grafische Überschreibung – Eigene Einstellung

Um die in Abbildung 5.2.1-5 getroffenen Einstellungen festzulegen, sind folgende Schritte nötig:

1. Projektion/Oberfläche festlegen:

Hierbei wird unterschieden zwischen „Linien“ und „Muster“. Durch klicken auf den jeweiligen Phasenstatus, den man verändern möchte (Phasenstatus - erste Spalte), kann anschließend durch die Auswahl der Linie, bzw. des Musters jenes eingestellt, bzw. definiert werden (vgl. Abbildung 5.2.1-6 **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**). Wie der Abbildung 5.2.1-6 zu entnehmen, entschied ich mich für das Linienmuster → „Kompakt“, Farbe → „Weiß“ und Linienstärke → „zwei“.

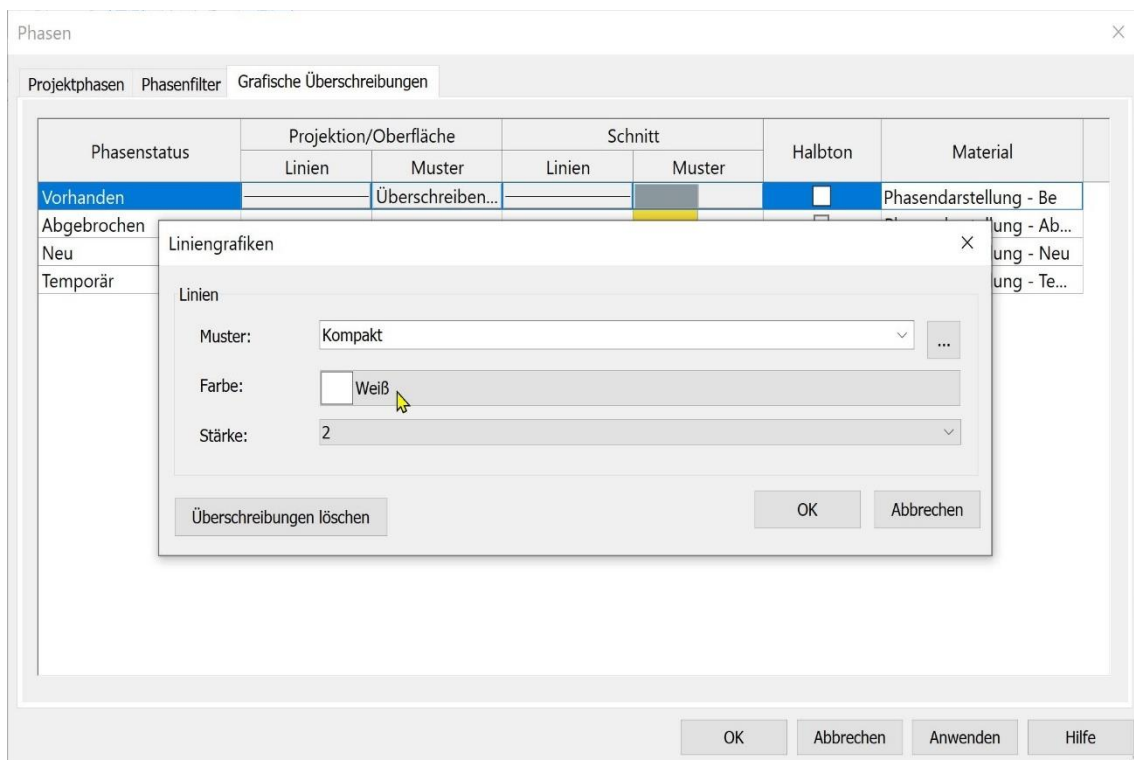


Abbildung 5.2.1-6: Grafische Überschreibung - Liniengrafiken

Um das Muster einzustellen, klickt man in der Spalte Muster auf „Überschreiben“. Das Fenster „Füllmustergrafiken“ öffnet sich (vgl. Abbildung 5.2.1-7). Dort besteht die Möglichkeit, das Muster für den Vorder- und Hintergrund auszuwählen. Als Muster nehmen wir „<Flächenfüllung>“ und wählen die Farbe „Weiß“. Zudem muss der Haken bei dem Kontrollkästchen „Sichtbar“ gesetzt werden. So wird sichergestellt, dass die Einstellungen im Modell, bzw. in der Planansicht zu sehen sind.

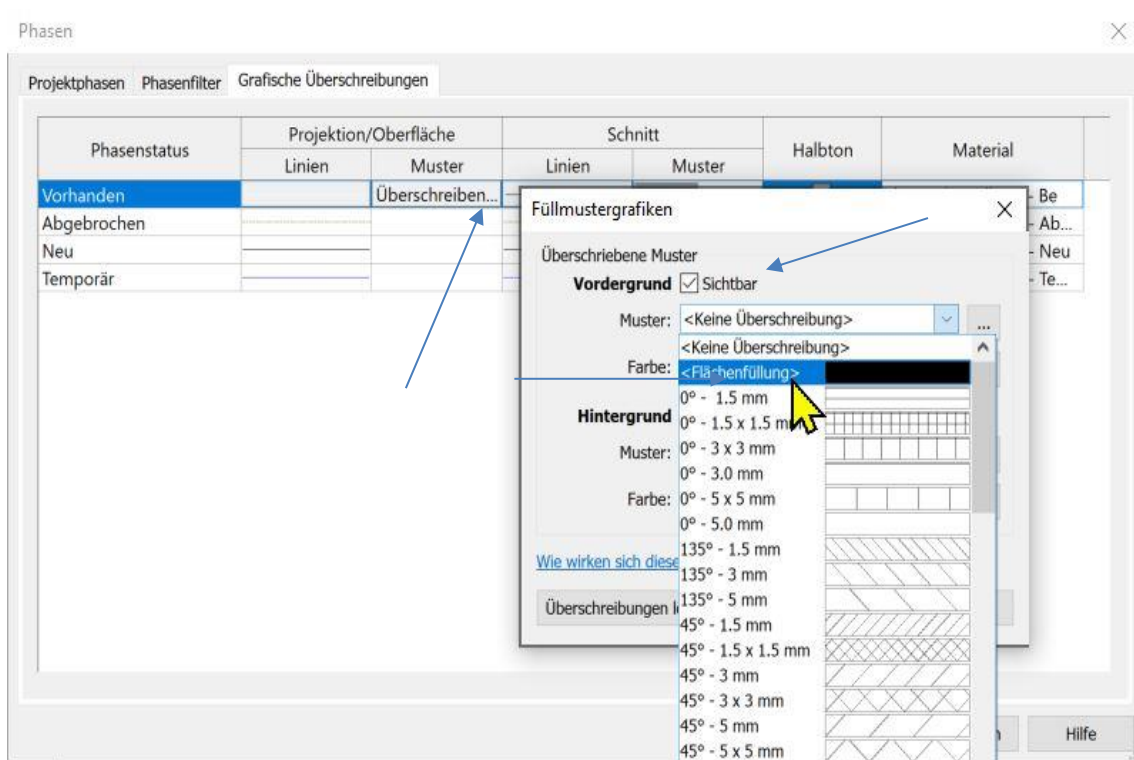


Abbildung 5.2.1-7: Grafische Überschreibung - Füllmustergrafiken

2. Schnitt:

Für die Einstellungen in der Spalte „Schnitt“ sind exakt das gleiche Vorgehen und dieselben Einstellungen umzusetzen, wie in „1. Projektion/Oberfläche“.

3. Material:

Die Einstellung des Materials ist die vermutlich wichtigste. Da hier die Farben der Bauteile/Phasen für das 3D-Modell bestimmt werden. Hierzu klickt man in der Spalte „Material“ auf die Spalte Material (Standardmäßig in Revit 2020 steht hier „Phasendarstellung – Bestand“). Wichtig hierbei ist das kleine Kästchen mit den drei Punkten, denn darüber gelangt man zu den Konfigurationen für das Material (vgl. Abbildung 5.2.1-8).

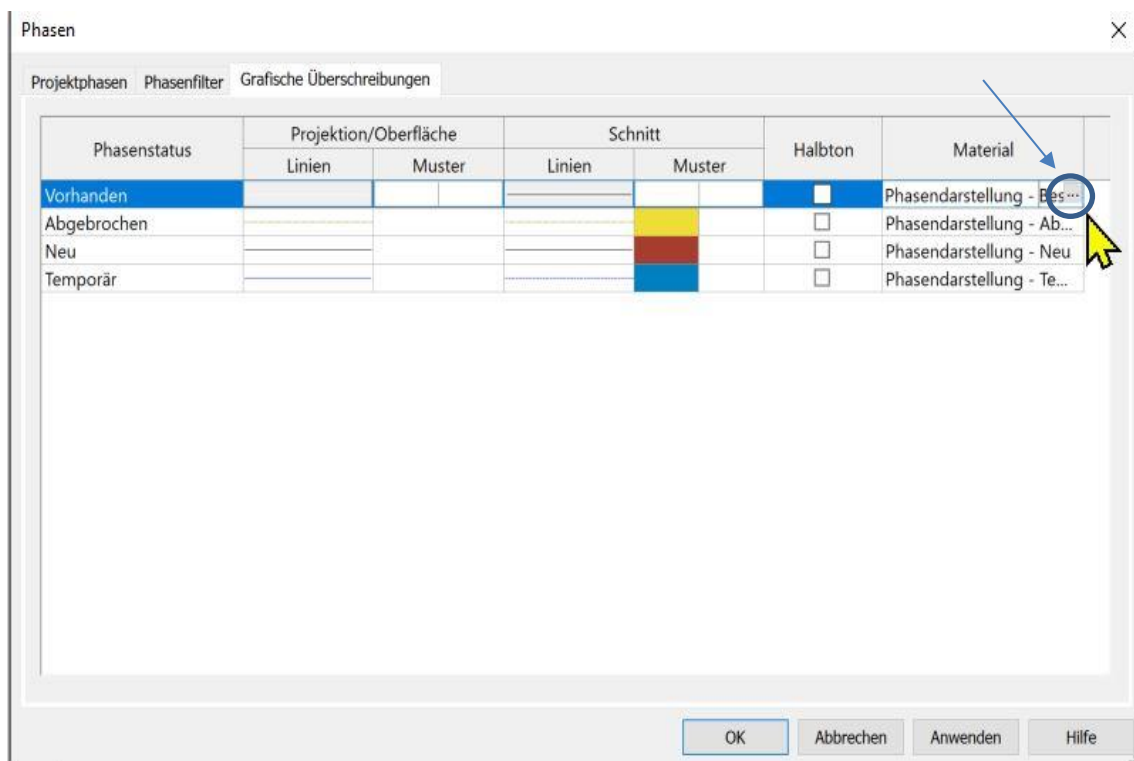


Abbildung 5.2.1-8: Grafische Überschreibung - Material

Es öffnet sich das Fenster „Material-Browser – Phasendarstellung – Bestand“ (vgl. Abbildung 5.2.1-9). Hier besteht die Möglichkeit, die „Identität“, „Grafiken“ und das „Aussehen“ zu bestimmen.

Identität:

Unter der Registrierkarte „Identität“ werden der „Name“, die „Beschreibung“ und „Klasse“ definiert (vgl. Abbildung 5.2.1-9). Als Name wählte ich „Weiß (Prozess noch nicht gestartet)“. In den nächsten Einstellungen („Grafiken“ und „Aussehen“) werden diese entsprechend so variiert, dass Bauteile, deren Prozess noch nicht gestartet ist, weiß erscheinen. Dies gibt in der 3D-Ansicht einen besseren Überblick über den Baufortschritt.

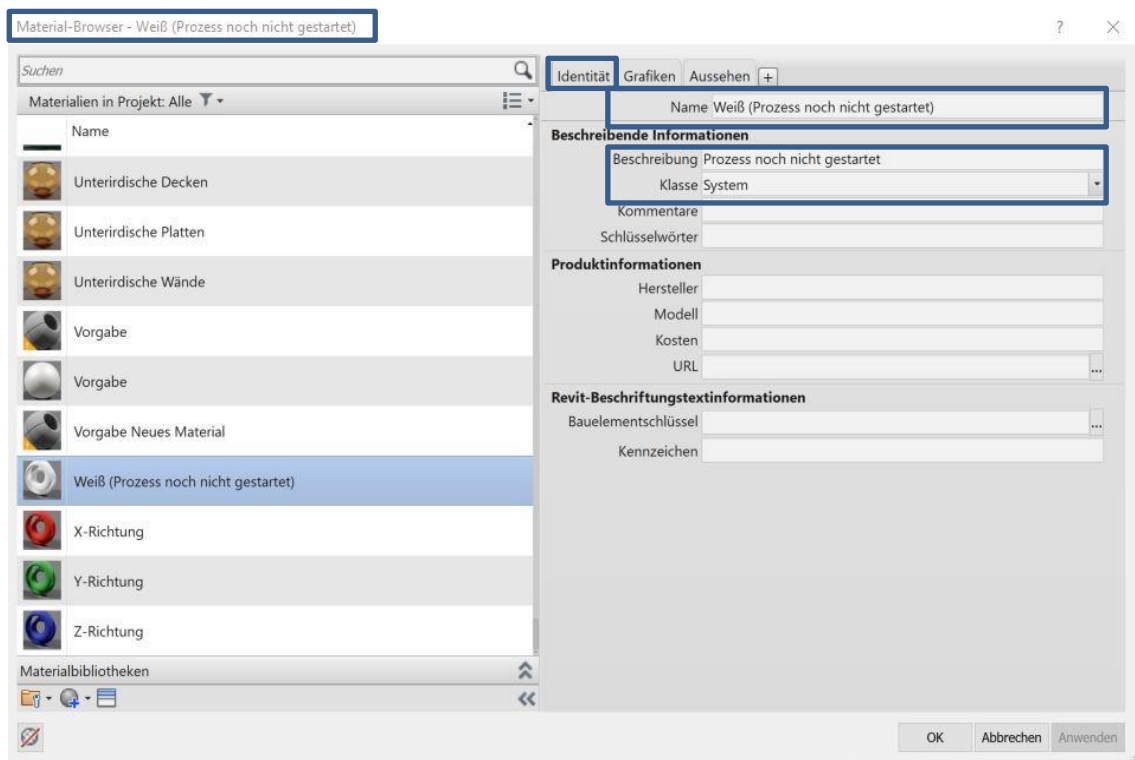


Abbildung 5.2.1-9: Grafische Überschreibung - Material_Identität

Grafiken:

Als nächstes wird die Grafik, entsprechend Abbildung 5.2.1-10 eingestellt (Registrierkarte „Grafiken“). Dabei wurde die Farbe Weiß (RGB 255 255 255) gewählt. Als Muster wurde immer „<Flächenfüllung>“ verwendet.

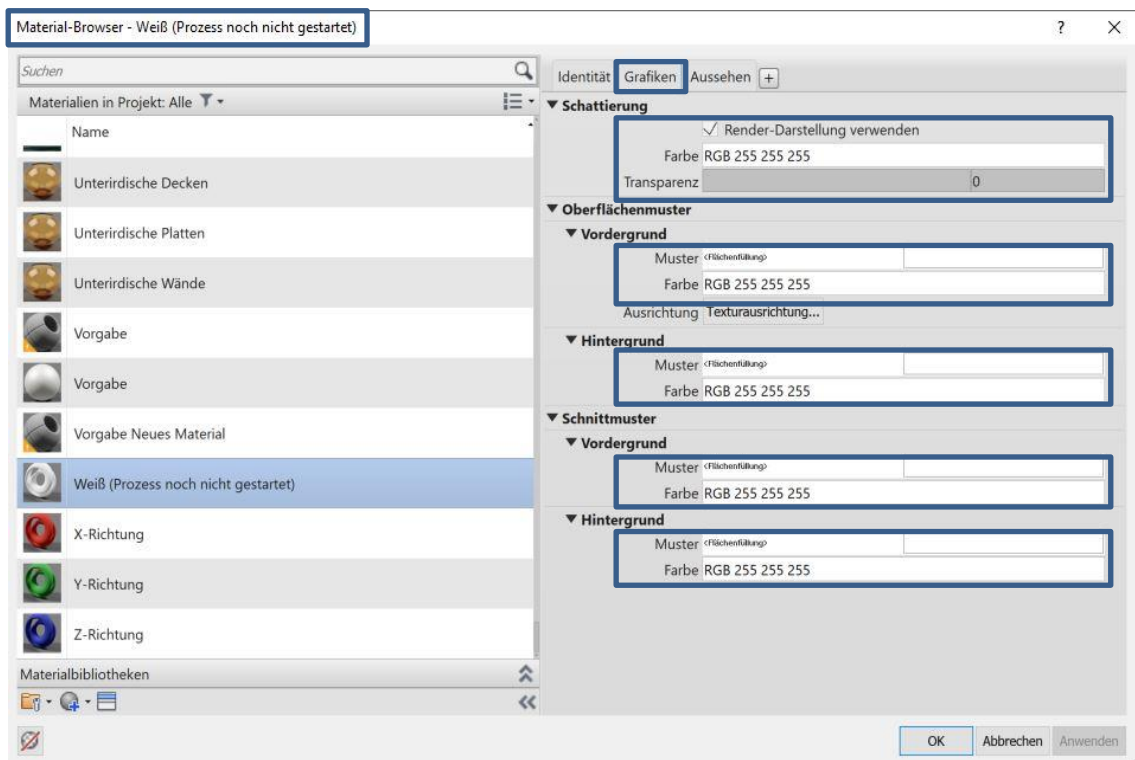


Abbildung 5.2.1-10: Grafische Überschreibung - Material_Grafiken

Aussehen:

Zum Schluss muss nur noch die Konfiguration für das „Aussehen“ getroffen werden. Hierzu vgl. Abbildung 5.2.1-11. Dabei ist auf die „Reflexion“ (hier 0,05) und die „Rauheit“ (hier 0,71) zu achten, ebenso wie die Einstellungen unter „Erweiterte Glanzlichtsteuerungen“ (vgl. Abbildung 5.2.1-11).

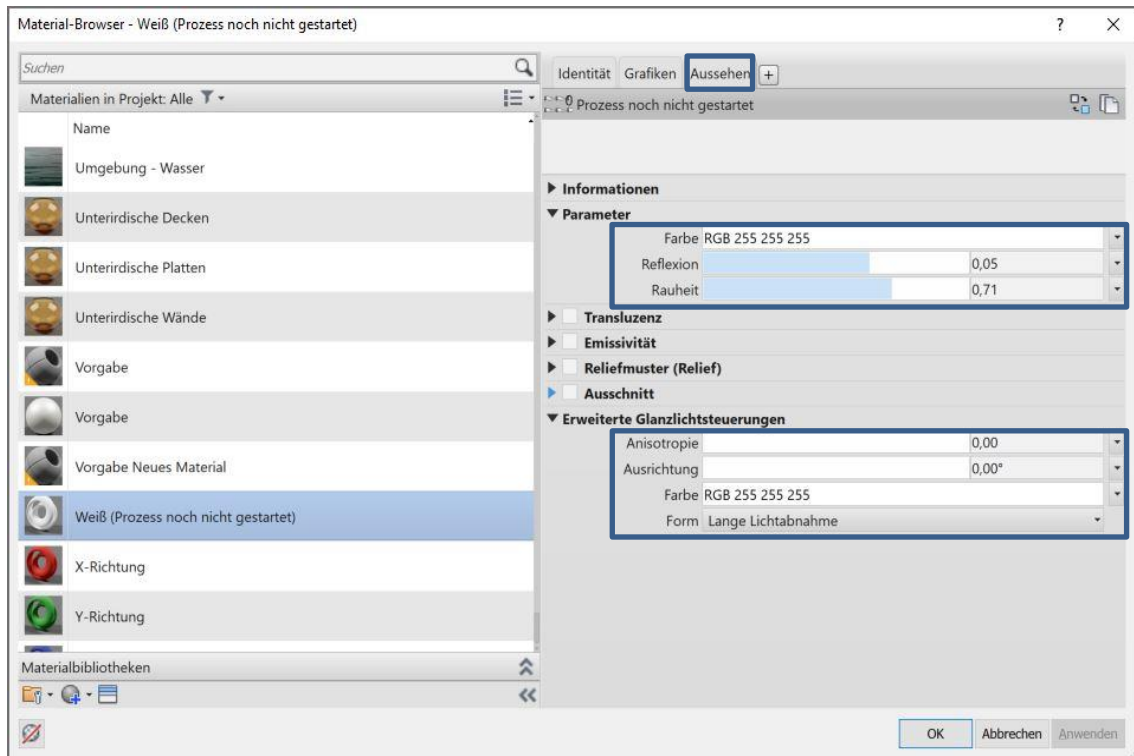


Abbildung 5.2.1-11: Grafische Überschreibung - Material_Aussehen

Nachdem diese Einstellungen getroffen wurden, werden sie mit dem Klick auf „OK“ gespeichert und man gelangt zurück zum Fenster „Phasen“.

Dann werden die restlichen Zustände unter „Phasenstatus“ eingestellt. Dies sollen entsprechend der Abbildung 5.2.1-5 vorgenommen werden. Das Vorgehen dazu („Abgebrochen“, „Neu“ und „Temporär“) ist dasselbe, wie für den Phasenstatus „Vorhanden“ (wie oben beschrieben), lediglich die Farben ändern sich.

Schritt 5:

Hier werden die Phasenfilter definiert.

Diese ermöglichen ein gezieltes Anzeigen der Bauteile, die mit den entsprechenden Phasen hinterlegt wurden (dies wird im nächsten Kapitel (5.2.1.2) genauer beschrieben). Je nachdem, wie die Phasenfilter eingestellt werden, können Prozesse, bzw. Bauteile angezeigt werden, die „In Bearbeitung“, „Fertig“ oder in „Verzug“ sind (ein Beispiel für einen Filter, der nur abgeschlossene Prozesse zeigt, ist in Abbildung 5.2.1-22 Seite 86 zu sehen). Durch die Wahl der Filter können auch Kombinationen festgelegt werden, beispielsweise können alle Phasen gleichzeitig angezeigt werden (vgl. Abbildung 5.1.1-1 Seite 64).

In Abbildung 5.2.1-12 wird der voreingestellte Phasenfilter von Revit 2020 gezeigt, dieser soll nun so bearbeitet werden, dass er dem in Abbildung 5.2.1-13 entspricht.

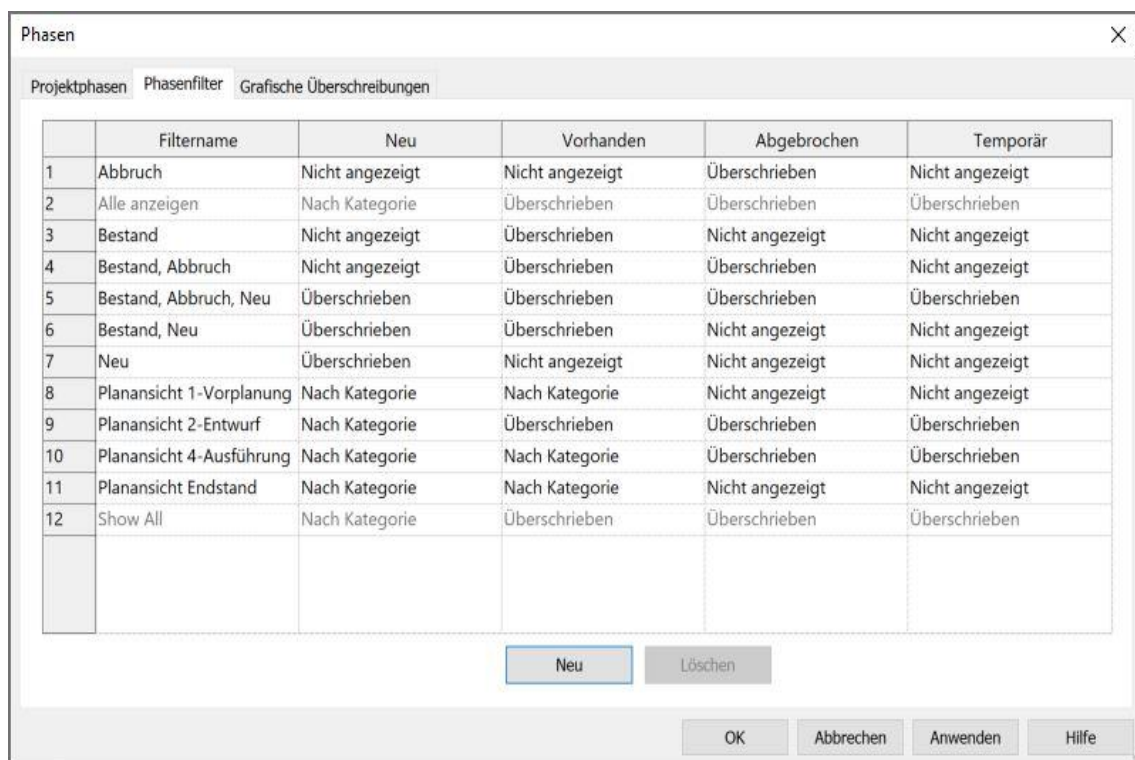


Abbildung 5.2.1-12: Phasenfilter - Standardvorlage Revit 2020

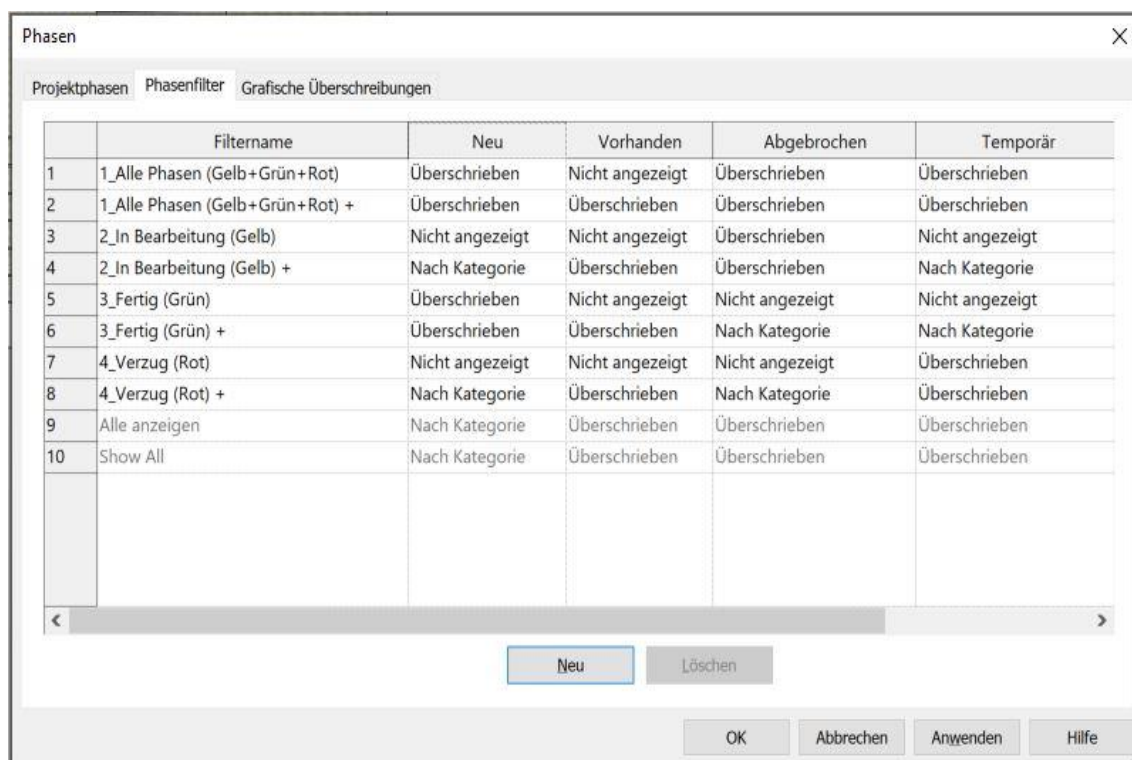


Abbildung 5.2.1-13: Phasenfilter -Eigene Einstellungen

Bei der Wahl der „Filternamen“ (vgl. Abbildung 5.2.1-13) war es mir wichtig, dass diese leicht verständlich und intuitiv sind. Dennoch möchte ich exemplarisch drei Namen, bzw. Kürzel erklären (diese beziehen sich auf Abbildung 5.2.1-13):

- „+“ → Das Plus (+) bedeutet, dass das gesamte Gebäude angezeigt wird (in der 3D-Ansicht), somit auch die Prozesse, die noch nicht gestartet sind. Diese werden (wie im Schritt 4 beschrieben) weiß dargestellt (vgl. Abbildung 5.1.1-1 S. 64 und Abbildung 5.2.1-14).
- „Alle Phasen (Gelb+Grün+Rot)“ → Hier werden sämtliche Phasen angezeigt, somit alle Zustände (In Bearbeitung (Gelb) + Fertig (Grün) + Verzug (Rot)). Da hier das „+“ am Ende nicht enthalten ist, werden bei dieser Filterwahl auch nur die Phasen angezeigt, die einen der o.g. Zustände aufweisen. Prozesse, die noch nicht begonnen haben, sind somit nicht sichtbar (vgl. A.12 im Anhang und Abbildung 5.2.1-15).
- „Verzug (Rot)“ → Dieser Filter stellt nur die Bauteile, bzw. Prozesse dar, die in Verzug sind. Sollte es sich hierbei, z. B. um Fundamente im Gebäude handeln, wird es ausschauen, als würden diese in der Luft schweben (vgl. Abbildung 5.2.1-16). Für diesen Fall ist die Wahl des Filters mit dem „+“ vorteilhafter, also „Verzug (Rot) +“ (vgl. Abbildung 5.2.1-14).

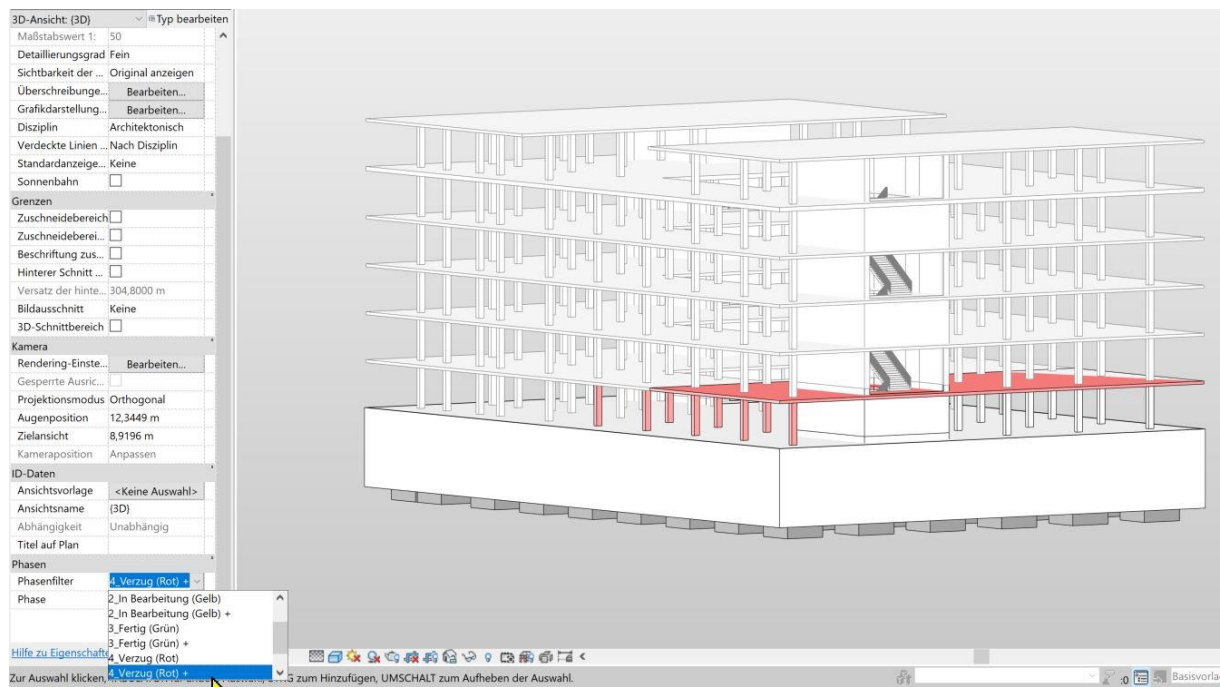


Abbildung 5.2.1-14: Beispiel Verzug (Rot) +; durch das "+" wird das gesamte Gebäude, also auch Prozesse, die noch nicht gestartet sind, angezeigt. (Vergleiche im Gegensatz dazu "Verzug (Rot) in Abbildung 5.2.1-16 hier wird nur der Verzug angezeigt).

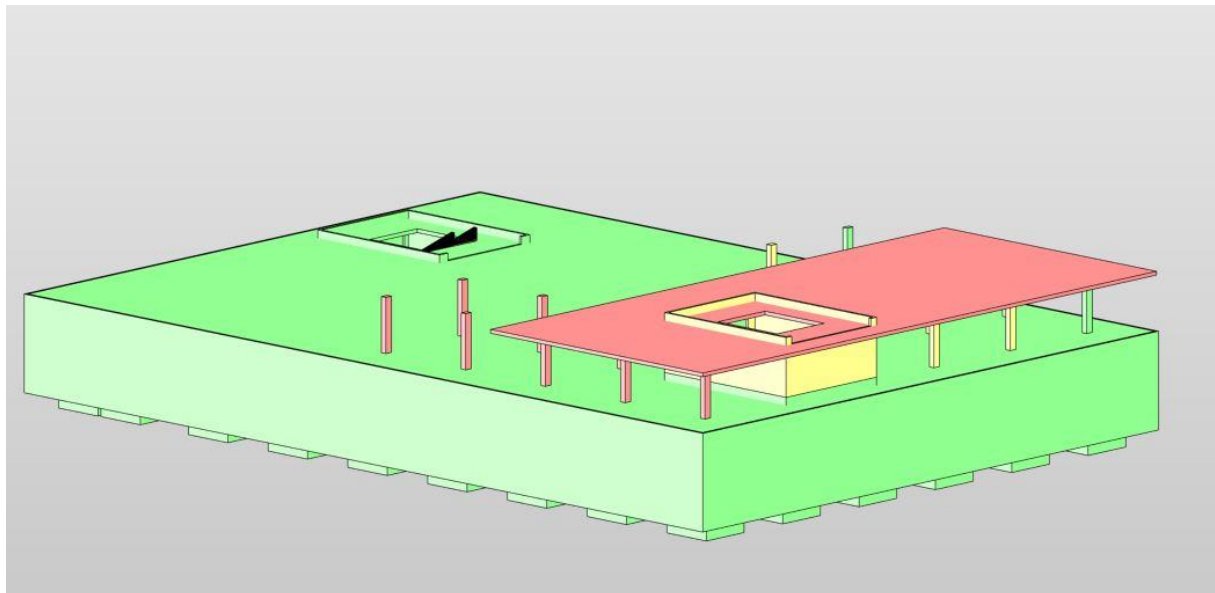


Abbildung 5.2.1-15: Beispiel für "Alle Phasen (Gelb+Grün+Rot); hier ohne dem "+" (Vergleiche Abbildung 5.1.1-1, die das „+“ enthält)

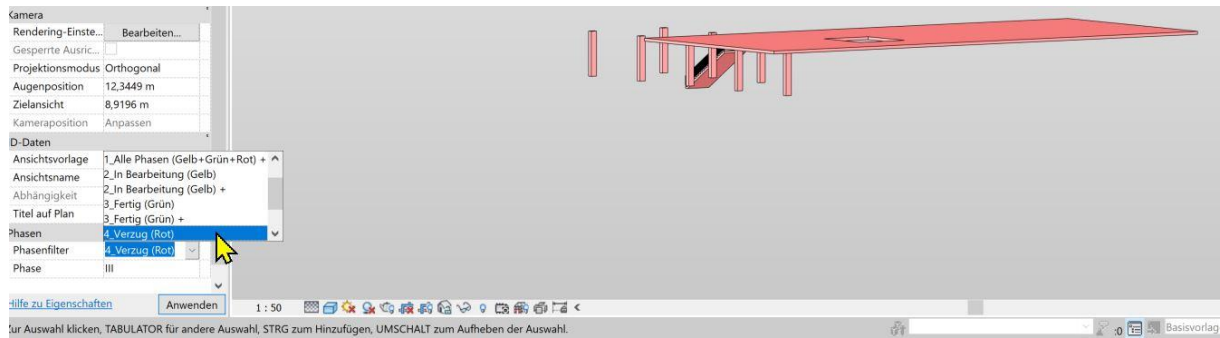


Abbildung 5.2.1-16: Beispiel für "Verzug (Rot)"; es sind ausschließlich die Bauteile/Prozess zu sehen, die im Verzug sind. (im Gegensatz dazu Abbildung 5.2.1-14)

Die Filternamen können relativ einfach umbenannt werden. Dies geschieht, in dem man auf den vorhandenen Namen klickt, bis dieser markiert ist und anschließend den Wunschnamen eingibt (vgl. Abbildung 5.2.1-17)

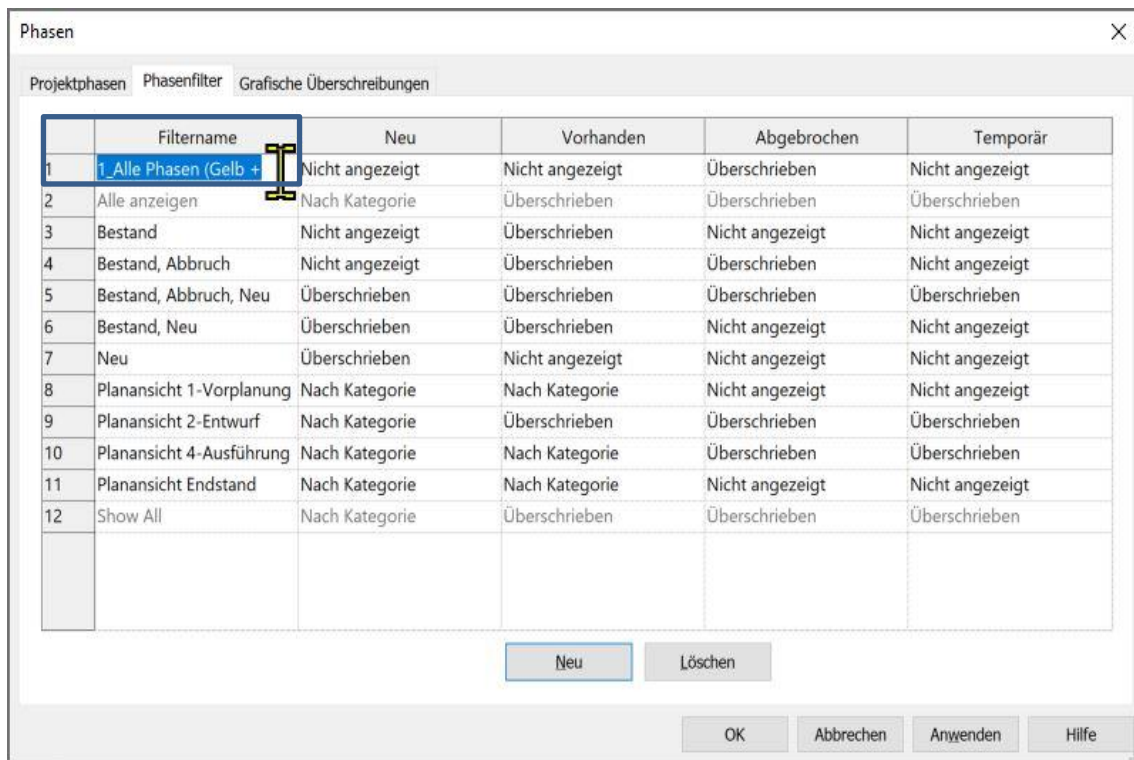


Abbildung 5.2.1-17: Phasenfilter - Filternamen ändern

Nachdem der Name geändert wurde, stellen wir den Filternamen entsprechend ein. Bei dem Namen „1_Alle Phasen (Gelb+Grün+Rot)“ sollen alle Phasen sichtbar sein („In Bearbeitung“ + „Fertig“ + „Verzug“), außer die noch nicht begonnenen Prozesse.

Beim Einstellen des Filters muss der Zusammenhang zur „Grafischen Überschreibung“ hergestellt werden. Auf folgendes ist zu achten:

In der „Grafischen Überschreibung“ wiesen wir bereits den Projektstatus (Vorhanden, Abgebrochen, Neu und Temporär) die in Abbildung 5.2.1-18 zu sehenden Farben und Materialien zu.

Dementsprechend sollten auch die Filter richtig eingestellt werden. Grundsätzlich besteht die Wahlmöglichkeit zwischen „Nicht anzeigen“, „Überschreiben“ oder „Nach Kategorie“ (vgl. Abbildung 5.2.1-19). In der Ersten Zeile in der Registrierkarte „Phasenfilter“ finden wir die Bezeichnungen, aus unseren getroffenen Konfigurationen aus der „Grafischen Überschreibung“ wieder (vgl. Abbildung 5.2.1-19).

Phasenstatus	Projektion/Oberfläche		Schnitt		Halbton	Material
	Linien	Muster	Linien	Muster		
Vorhanden					<input type="checkbox"/>	Weiß (Prozess noch nicht)
Abgebrochen					<input type="checkbox"/>	Gelb (In Bearbeitung)
Neu					<input type="checkbox"/>	Grün (Fertig)
Temporär					<input type="checkbox"/>	Rot (Verzug)

Abbildung 5.2.1-18: Zusammenhang - Grafische Überschreibung + Phasenfilter

	Filtername	Neu	Vorhanden	Abgebrochen	Temporär
1	1_Alle Phasen (Gelb+Grün+Rot)	Überschrieben	Nicht angezeigt	Überschrieben	Überschrieben
2	2_Alle Phasen (Gelb+Grün+Rot) +	Überschrieben	Nach Kategorie	Überschrieben	Überschrieben
3	Alle anzeigen	Nach Kategorie	Überschrieben	Überschrieben	Überschrieben
4	Bestand, Abbruch	Nicht angezeigt	Nicht angezeigt	Überschrieben	Nicht angezeigt
5	Bestand, Abbruch, Neu	Überschrieben	Überschrieben	Überschrieben	Überschrieben
6	Bestand, Neu	Überschrieben	Überschrieben	Nicht angezeigt	Nicht angezeigt
7	Neu	Überschrieben	Nicht angezeigt	Nicht angezeigt	Nicht angezeigt
8	Planansicht 1-Vorplanung	Nach Kategorie	Nach Kategorie	Nicht angezeigt	Nicht angezeigt
9	Planansicht 2-Entwurf	Nach Kategorie	Überschrieben	Überschrieben	Überschrieben
10	Planansicht 4-Ausführung	Nach Kategorie	Nach Kategorie	Überschrieben	Überschrieben
11	Planansicht Endstand	Nach Kategorie	Nach Kategorie	Nicht angezeigt	Nicht angezeigt
12	Show All	Nach Kategorie	Überschrieben	Überschrieben	Überschrieben

Abbildung 5.2.1-19: Phasenfilter - Sichtbarkeitsinstellungen

Wollen wir also, wie hier im Beispiel (1_Alle Phasen (Gelb+Grün+Rot)) alle Phasen anzeigen, so müssen folgende „Projektstatus“ im Phasenfilter auf „Überschrieben“ gesetzt werden:

- Neu (= Fertig (Grün))
- Abgebrochen (= In Bearbeitung (Gelb))
- Temporär (= Verzug (Rot))

(vgl. 5.1.2 Funktionsweise und Schwierigkeiten S. 64)

Der Projektstatus „Vorhanden“ wird in jedem Filter auf „Überschrieben“ gesetzt, der das gesamte Modell anzeigen soll, also auch die Prozesse, die noch nicht begonnen haben (also alle Filternamen die mit „+“ enden).

Die Filterung wie wir sie benötigen ist der Abbildung 5.2.1-13 (Seite 79) zu entnehmen.

5.2.1.2 Phasenbelegung der Bauteile in Revit 2020

Nachdem die Einstellungen der Phasen nach Kapitel 5.2.1.1 vorgenommen wurden, können die Bauteile den entsprechenden Phasen zugeteilt werden. Dies erfolgt über die separate Auswahl der Bauteile in einer entsprechenden Ansicht, oder über eine Mehrfachauswahl (hier kann man z. B. gut mit der Filterfunktion arbeiten, die es in Revit 2020 gibt). Exemplarisch wird in diesem Kapitel gezeigt, wie einem Bauteil die Phasen in der 3D-Ansicht zugeteilt werden. Das Prinzip ist jedoch in jeder Ansicht möglich, egal ob Grundrissplan, Tragwerksplan, Deckenplan, etc.

1. Schritt:

Auswahl des Bauteils, dessen Status verändert, bzw. eingestellt werden soll.

Vor uns ist das 3D-Modell (3D) geöffnet. Als Beispiel gehen wir davon aus, dass die Fundamente des Gebäudes bereits fertig sind. Demzufolge wollen wir sie als „Fertig (Grün)“ markieren. Hierzu wählen wir alle Fundamente aus (hierbei der Hinweis auf die Filterfunktion in Revit für eine leichtere Auswahl) und ordnen diese der entsprechenden Phase zu.

2. Schritt:

Um dem Bauteil die richtige Phase zuzuordnen, bedarf es folgender Zuweisungen, weil das Programm eigentlich nicht für die Visualisierung einer LCM-Taktung gedacht ist (vgl. 5.1.2 Funktionsweise und Schwierigkeiten S. 64). (Die Namensgebung (Römische Ziffern) ist in Kapitel 5.2.1.1, Schritt 3, Abbildung 5.2.1-3, (Seite 69) erläutert.)

Für:

Ausgangszustand – Prozess noch nicht gestartet (Weiß):

- Bauteileigenschaften → Phasen → Phase erstellt „I“
- Bauteileigenschaften → Phasen → Phase abgebrochen „Keine“

In Bearbeitung (Gelb):

- Bauteileigenschaften → Phasen → **Phase erstellt „II“**
- Bauteileigenschaften → Phasen → **Phase abgebrochen „III“**

Fertig (Grün):

- Bauteileigenschaften → Phasen → **Phase erstellt „III“**
- Bauteileigenschaften → Phasen → **Phase abgebrochen „Keine“**

Verzug (Rot):

- Bauteileigenschaften → Phasen → **Phase erstellt „III“**
- Bauteileigenschaften → Phasen → **Phase abgebrochen „III“**

Für die markierten Fundamente (1. Schritt) werden die Einstellungen für die Phasen z. B. für „Fertig (Grün)“ eingestellt (vgl. Abbildung 5.2.1-20). Die Visualisierung erfolgt mittels des Phasenfilters. Darauf wird im Folgenden (3. Schritt) Bezug genommen.

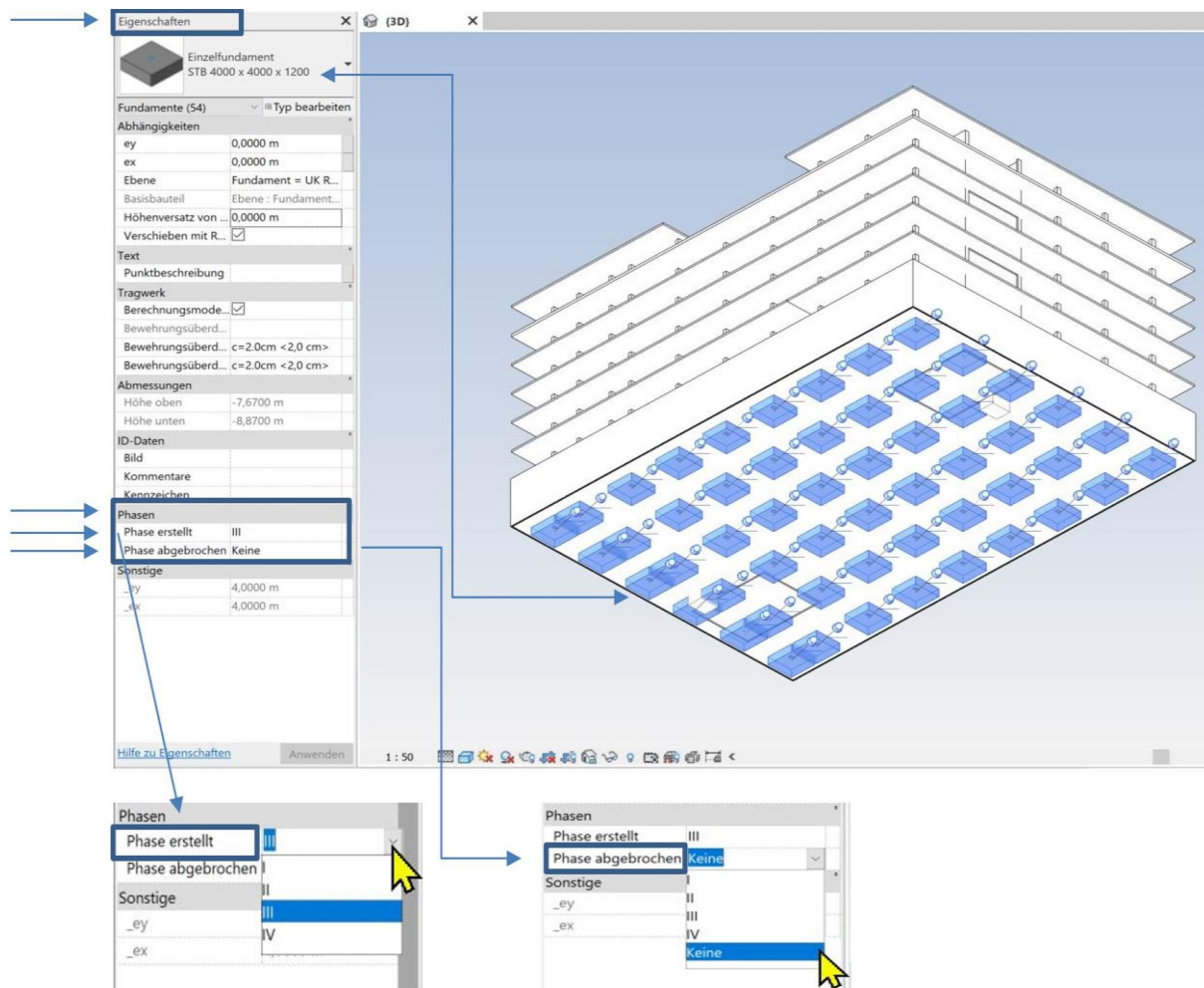


Abbildung 5.2.1-20: Phasenzuweisung - Bauteile - beispielhaft (Fundamente -> Fertig (Grün))

3. Schritt:

Für die Darstellung der verschiedenen Phasen begibt man sich zurück in die 3D-Ansicht. Dort können die Phasenfilter eingestellt werden, um die verschiedenen Phasen sichtbar zu machen. Dies erfolgt unter:

- Eigenschaften → Phasen → Phasenfilter: „...“
- Eigenschaften → Phasen → **Phase: „III“**

Hierbei ist darauf zu achten, dass es bei den von uns vorgenommenen Einstellungen vonnöten ist, bei „Phase“ **IMMER „III“** (Römisch drei) eingestellt zu lassen (vgl. Abbildung 5.2.1-21). Sollte dies nicht der Fall, sein stimmt der Phasenfilter nicht mehr überein!

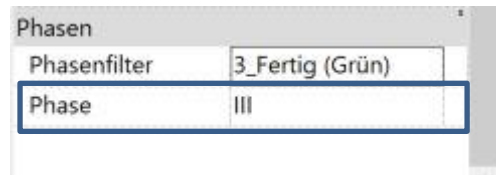


Abbildung 5.2.1-21: Phasenvisualisierung - Phase muss **IMMER** auf III eingestellt sein (in der 3D-Ansicht)

Unter „Phasenfilter“ finden sich die in Kapitel 5.2.1.1 – Schritt fünf, erstellten Filter wieder (eine Übersicht ist in Abbildung 5.2.1-13 (Seite 79) zu sehen).

In der Abbildung 5.2.1-22 sind, nachdem die Einstellung unter „Phasenfilter“, „3_Fertig (Grün)“ getroffen wurde, nur noch die Fundamente des Gebäudes in Grün zu erkennen. Wird der Phasenfilter „4_Fertig (Grün) +“ verwendet, würde der Rest des Gebäudes auch noch sichtbar (vgl. Abbildung 5.1.1-1 S. 64).

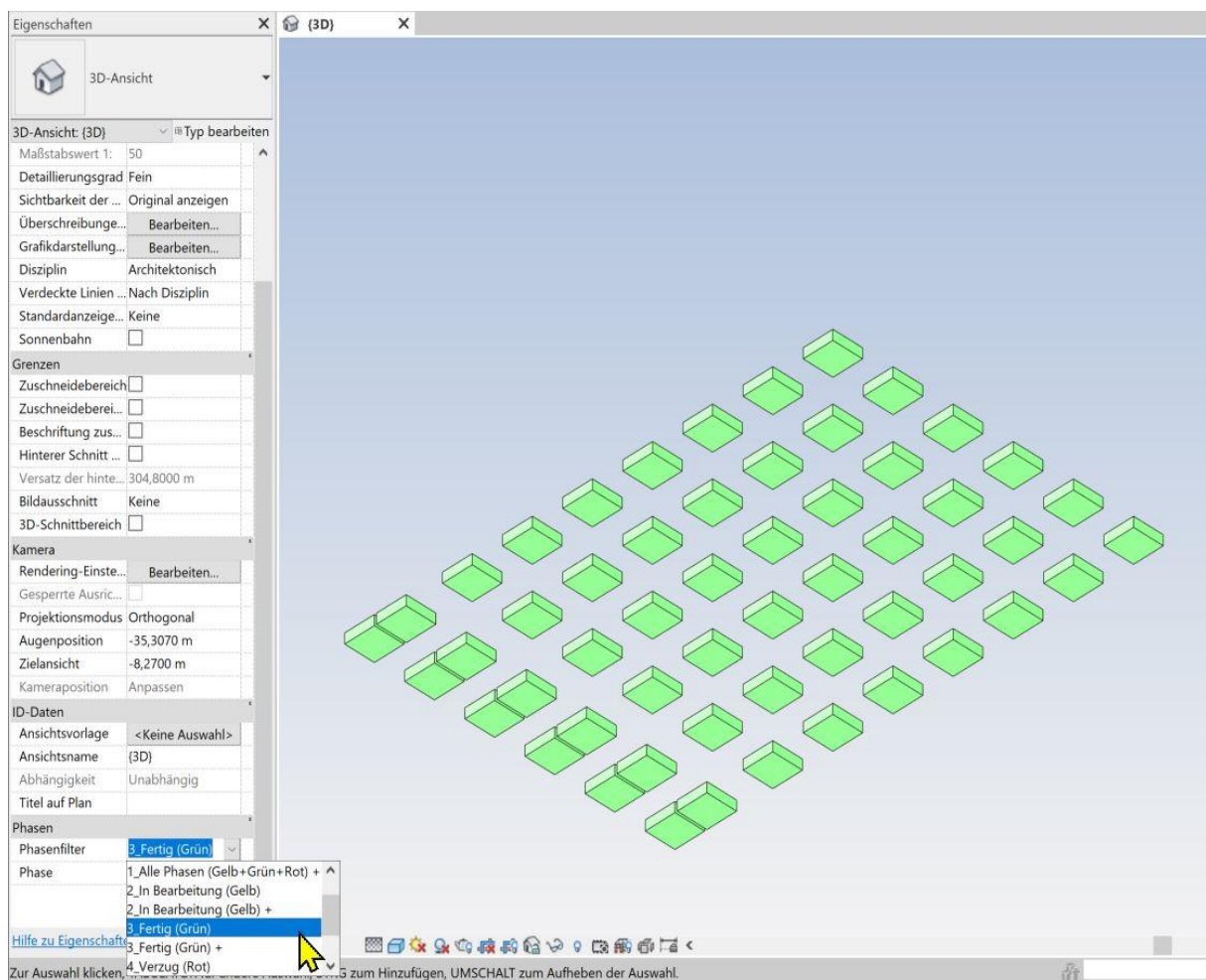


Abbildung 5.2.1-22: Phasenvisualisierung - Phasenfilter gewählt (3_Fertig (Grün))

Das in Kapitel 5.2.1.2 „**Phasenbelegung der Bauteile in Revit 2020**“ (Seite 83) beschriebene Vorgehen, ist auf sämtliche zuvor definierte Phasen und -filter anwendbar. Wie ein Gebäude möglicherweise nach geraumer Bauzeit aussehen könnte, ist in Abbildung 5.1.1-1 S. 64 zu sehen.

5.3 Zukunftsaussicht für meine projektbezogene Umsetzung

Damit sehe ich Potential darin, die zukünftigen BIM-Projekte mit entsprechender LCM-Taktung von Beginn an zu verknüpfen. Beispielsweise könnte man eine Verbindung zwischen dem Programm „LCM-Digital“ und „Revit“ herstellen. *„LCM Digital ist eine webbasierte Produktions-Management Plattform für eine erfolgreiche Steuerung von Planungs- und Bauprozessen.“* (Drees & Sommer New Business GmbH 2020). Die im LCM Digital erstellten Prozesse (z. B. Decke über zweites Untergeschoss) könnten mit der im „Revit“ für jedes Bauteil zugrundeliegenden „ID“ verknüpft werden. Darüber hinaus können die Karten auf der Plantafel (aus der LCM Tafelplanung) mit einem QR-Code verknüpft werden, mit dessen Hilfe man wiederum den gescannten Prozess als „In Bearbeitung“, „Fertig“ oder „Verzug“ markieren kann. Diese Information könnte anschließend ganz automatisch in das BIM-Modell eingepflegt werden. Dies würde die Fehlerquellen reduzieren, den Einarbeitungsprozess der Information (ob Fertig, Verzug, oder in Bearbeitung) beschleunigen und natürlich wäre für die Nutzer weniger Know-how in den Programmen „LCM Digital“ und „Revit“ nötig. Es würde lediglich ein Handy mit QR-Code Scanner benötigt (dieser ist bei neuen Handys standardmäßig enthalten).

6 Ausblick und Fazit

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass das **Building Information Modeling** einen großen Mehrwert für die Baubranche darstellt. Die Möglichkeiten von BIM sind sehr vielseitig, doch darf man bei all den Vorteilen, nicht außer Acht lassen, dass die zur Verfügung stehenden Möglichkeiten nur umgesetzt werden können, wenn der Auftraggeber entsprechende Anforderungen formuliert. Deshalb muss der Fokus auf die Auftraggeber-Informationsanforderungen gerichtet werden. Sind einzelne Attribute gar nicht erst definiert, so sind die entsprechenden Informationen auch nicht im BIM-Modell enthalten.

Ähnlich zeichnet sich **die Situation beim LCM** ab. Derzeit wird es auf der Baustelle nur verfolgt, sofern dies vom Kunden beauftragt wurde. Für eine komplikationsfreie Anwendung von LCM muss eine Umsetzung für alle Projektbeteiligten vertraglich geregelt werden, sonst besteht die Gefahr, dass Firmen nicht an LCM gebunden sind, d. h. keine Verpflichtung sehen und eigenmächtig handeln können. Der richtige Weg in Bezug auf das LCM sollte eigentlich ein Umdenken in den Firmen sein, denn Lean ist nicht nur als Begriff, sondern als Philosophie und Einstellung eines gesamten Unternehmens zu verstehen, das dadurch das volle Potential nutzen kann.

Bei der **Schnittstellenuntersuchung zwischen BIM und LCM** ist aufgefallen, dass ein BIM-integriertes LCM, durch die vielen Schnittstellen eine bessere Wertschöpfung generiert. Das Lean Management sollte jedoch nicht nur in der Ausführungsphase genutzt werden, um die Prozesse zu optimieren, sondern schon von Beginn an fester Bestandteil eines Projektes sein. So könnte es bereits in der Planungsphase zu einer Reduzierung von Verschwendung beitragen und Prozessketten zwischen den Planern optimieren.

Beim Versuch einer **visuellen Einbindung von LCM in ein BIM-Modell**, konnte mithilfe geeigneter Konfigurationen und Methoden (hierbei wurden die in Revit zur Verfügung stehenden „Phasen“ genutzt) ein in vier verschiedene Farben (Gelb, Grün, Rot und Weiß) hinterlegtes 3D-Modell erzeugt werden. Darin ist es möglich, mittels zuvor definierter Filter einzelne Phasen aus- oder einzublenden. Somit überblicken auch Personen, die nicht selbst vor Ort waren, schnell den genauen Zustand des Fortschritts auf der Baustelle. In Zukunft könnte es möglich sein, die manuelle Eingabe der Daten,

die derzeit noch für die Visualisierung der Phasen vonnöten ist, zu automatisieren. Ansätze dafür bietet das von Drees und Sommer entwickelte „LCM Digital“, eine web-basierte Software, mit der eine digitale Prozessplanung möglich ist. Hiermit besteht die Möglichkeit, eine Verknüpfung mit einem BIM-Modell, das z. B. in „Revit“ erstellt wurde, zu schaffen. Resultieren könnte eine Schnittstelle der beiden Programme daraus, dass die Plankarten aus der Tafelplanung mittels eines QR-Codes per Handy gescannt werden und nach Eingabe des Prozessstatus, z. B. „in Bearbeitung“, „Fertig“ oder „Verzug“, automatisch in das BIM-Modell übertragen werden und somit ein tagesaktueller Baufortschritt simuliert werden kann.

Literaturverzeichnis

- Angermeier, Georg. *www.projektmagazin.de*. 16. Mai 2016.
<https://www.projektmagazin.de/glossarterm/pdca-zyklus> (Zugriff am 18. April 2020).
- BauNetz. *IFC der offene Standard für BIM-Modelle | BIM | Standardisierung | Baunetz_Wissen*. 2020.
<https://www.baunetzwissen.de/bim/fachwissen/standardisierung/ifc-der-offene-standard-fuer-bim-modelle-5288161> (Zugriff am 19. Januar 2020).
- . *Was ist ein BIM-Reifegradmodell? | BIM | Grundlagen | Baunetz_Wissen*. 2020.
<https://www.baunetzwissen.de/bim/fachwissen/grundlagen/was-ist-ein-bim-reifegradmodell-5300141> (Zugriff am 21. April 2020).
- . *Wie können Modell-Kollisionen erkannt werden? | BIM | Modelle | Baunetz_Wissen*. 2020. <https://www.baunetzwissen.de/bim/fachwissen/modelle/wie-koennen-modell-kollisionen-erkannt-werden-5250732> (Zugriff am 18. April 2020).
- Bertagnolli, Frank. *Lean Management Einführung und Vertiefung in die japanische Management-Philosophie*. Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH 2018, 2018.
- GmbH, TeDo Verlag, Hrsg. *BIM macht Sinn*. 27. September 2019.
<https://www.gebaeuedigital.de/allgemein/bim-macht-sinn/2/> (Zugriff am 12. Januar 2020).
- www.buderus.de, Hrsg. *BIM macht Sinn*. 27. September 2019.
<https://www.gebaeuedigital.de/allgemein/bim-macht-sinn/2/> (Zugriff am 12. Januar 2020).
- BIMpedia. *BIMpedia: BIM Level - Entwicklungsstufen der BIM Methode*. Herausgeber: Plandata GmbH. 2020. https://www.bimpedia.eu/-/1003-bim-level-_-entwicklungsstufen-der-bim-methode#block-27 (Zugriff am 21. April 2020).
- Borrmann, André, et al. „Endbericht Wissenschaftliche Begleitung Pilotprojekt EÜ Filstal.“ *www.bmvi.de*. Herausgeber: Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur. 1. August 2017.

- https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Anlage/DG/endbericht-wissenschaftliche-begleitung-pilotprojekt-eue-filstal.pdf?__blob=publicationFile (Zugriff am 6. Januar 2020).
- . „Leitfaden und Muster für Auftraggeber-Informationsanforderungen.“ <https://bim4infra.de/leitfaeden-muster-und-handreichungen/>. Herausgeber: Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur. April 2019. https://bim4infra.de/wp-content/uploads/2019/07/BIM4INFRA2020_AP4_Teil2.pdf (Zugriff am 22. April 2020).
- Borrmann, André, Markus König, Christian Koch, und Jakob Beetz. *Building Informaton Modeling Technologische Grundlagen und idustrielle Praxis*. Wiesbaden: Springer Vieweg, 2015.
- buildingSMART. *Wer wir sind | buildingSMART e.V.* 2020. <https://www.buildingsmart.de/buildingsmart/wer-wir-sind> (Zugriff am 18. 01 2020).
- Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur. „Stufenplan Digitales Planen und Bauen - Einführung moderner, IT-gestützter Prozesse und Technologien bei Planung, Bau und Betrieb von Bauwerken.“ www.bmvi.de. Dezember 2015. https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Publikationen/DG/stufenplan-digitales-bauen.pdf?__blob=publicationFile (Zugriff am 6. Januar 2020).
- . „Umsetzung des Stufenplans Digitales Planen und Bauen - Erster Fortschrittsbericht.“ www.bmvi.de. Januar 2017. https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Publikationen/DG/bim-umsetzung-stufenplan-erster-fortschrittsbe.pdf?__blob=publicationFile (Zugriff am 6. Januar 2020).
- DIN, EN, und ISO. *DIN-Normenausschuss Bauwesen (NABau) - DIN EN ISO 19650-1*. Herausgeber: DIN, EN und ISO. August 2019. <https://www.din.de/de/mitwirken/normenausschuesse/nabau/normen/wdc-beuth:din21:299953244> (Zugriff am 19. Januar 2020).
- . *DIN-Normenausschuss Bauwesen (NABau) - DIN EN ISO 19650-2*. Herausgeber: DIN, EN und ISO. August 2019.

- <https://www.din.de/de/mitwirken/normenausschuesse/nabau/normen/wdc-beuth:din21:299953380> (Zugriff am 19. Januar 2020).
- DIN.bauportal GmbH. *DIN EN ISO 16739 - IFC*. 2020. <https://www.din-bauportal.de/Public/BIM/DIN-EN-ISO-16739.aspx> (Zugriff am 19. Januar 2020).
- Drees & Sommer. „LCM Anwenderschulung.“ 2019.
- Drees & Sommer. „Leitfaden - Kurzanleitung zur Einführung von Lean Site Management.“ Herausgeber: Drees & Sommer. 2018.
- Drees & Sommer New Business GmbH. *LCM Digital - Produkt*. 2020. <https://www.lcmdigital.com/de/produkt> (Zugriff am 05. Mai 2020).
- Eastman, Charles, David Fisher, Gilles Lafue, Joseph Lividini, Douglas Stoker, und Christos Yessios. *An Outline of the Building Description System*. September 1974. <https://eric.ed.gov/?id=ED113833> (Zugriff am 5. Januar 2020).
- Stromberg - Staffel 2, Episode 3*. Regie: Arne Feldhusen. 2010.
- Fiedler, Martin. *Lean Constructiton- Das Managementhandbuch Agile Methoden und Lean Management im Bauwesen*. Herausgeber: Martin Fiedler. Springer-Verlag GmbH Deutschland, 2018.
- Gehbauer, Fritz. „Grundlagen und Zielsetzungen des Lean Construction.“ <https://www.tmb.kit.edu>. 2011. https://www.tmb.kit.edu/download/Gehbauer_2011_Lean_Management_im_Bauwese.pdf (Zugriff am 28. Februar 2020).
- German Lean Construction Institute – GLCI e. V., Hrsg. *Lean Construction Begriffe und Methoden*. Karlsruhe, 2018.
- Gorecki, Pawel, und Peter Pautsch. *Lean Management*. 4. Auflage. Herausgeber: Gerd F. Kamiske. Carl Hanser Verlag München, 2016.
- icampus-muenchen.de*. 28. November 2017. <https://icampus-muenchen.de/> (Zugriff am 03 2020).
- Jany, Dr., und Seitz. „Glossar Digitalisierung.“ www.bak.de. Herausgeber: Bundesarchitektenkammer. 25. Oktober 2019. <https://www.bak.de/w/files/bak/03berufspraxis/bim/191025-glossar-digitalisierung-bak.pdf> (Zugriff am 5. Januar 2020).

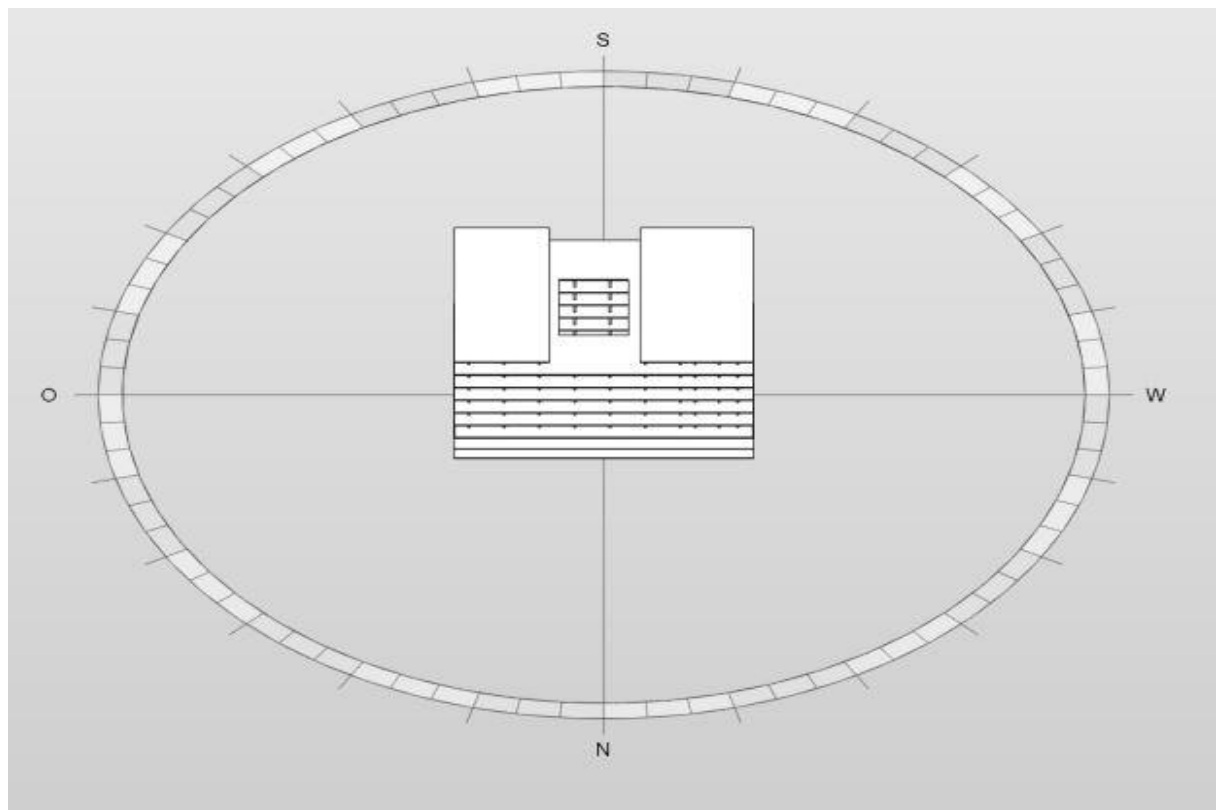
- . „Glossar Digitalisierung.“ *www.bak.de*. 25. Oktober 2019. <https://www.bak.de/w/files/bak/03berufspraxis/bim/191025-glossar-digitalisierung-bak.pdf> (Zugriff am 5. Januar 2020).
- Kröger, Samy. *BIM und Lean Construction Synergien zweier Methodiken 1. Auflage*. Beuth Verlag GmbH, 2018.
- Lean-Management Definition.* 2020. <https://www.gruenderszene.de/lexikon/begriffe/lean-management> (Zugriff am 16. Februar 2020).
- Marchwinski, Chet, John Shook, und Alexis Schroeder, . *Lean Lexicon a graphical glossary for Lean Thinkers*. 4. Cambridge: The Lean Enterprise Institute, Inc., 2008.
- Peiffer, Rainer, und Patrick Winter. *1.1.7.1.03 Lean Construction Management*. Herausgeber: Drees & Sommer. 2013.
- Probst, Mathias. *BIM in Deutschland*. 2018. <https://bimconnect.org/deutschland/bim-in-deutschland/> (Zugriff am 6. Januar 2020).
- R&S Immobilienmanagement GmbH. *www.rusim.de*. 2020. <http://www.rusim.de/de/projekte/icampus-projekte-alpha-beta-gamma-muenchen> (Zugriff am 24. April 2020).
- Sacks, Rafael, Bhargav A. Dave, Lauri Koskela, und Robert Owen. „Analyserahmen für die Interaktion zwischen Lean Construction und Building Information Modeling.“ *www.researchgate.net*. Januar 2009. https://www.researchgate.net/publication/45622276_Analysis_framework_for_the_interaction_between_lean_construction_and_Building_Information_Modelling (Zugriff am 26. April 2020).
- Siresiya, Vijay. *www.united-bim.com*. 10. Juli 2019. <https://www.united-bim.com/bim-maturity-levels-explained-level-0-1-2-3/> (Zugriff am 21. April 2020).
- Sommer, Hans. *Projektmanagement im Hochbau mit BIM und Lean Management 4. Auflage*. Springer Vieweg, 2016.
- Wieldraayer, Jeffrey. *3D-model oder 3D BIM-model? | BIM4ALL*. 2020. <https://www.bim4all.com/de/blog/3d-model-oder-3d-bim-model> (Zugriff am 20. April 2020).

Zollondz, Hans-Dieter. *Grundlagen Lean Management – Einführung in Geschichte, Begriffe, Systeme, Techniken sowie Gestaltungs- und Implementierungsansätze eines modernen Managementparadigmas.* Oldenburg, München, 2013.

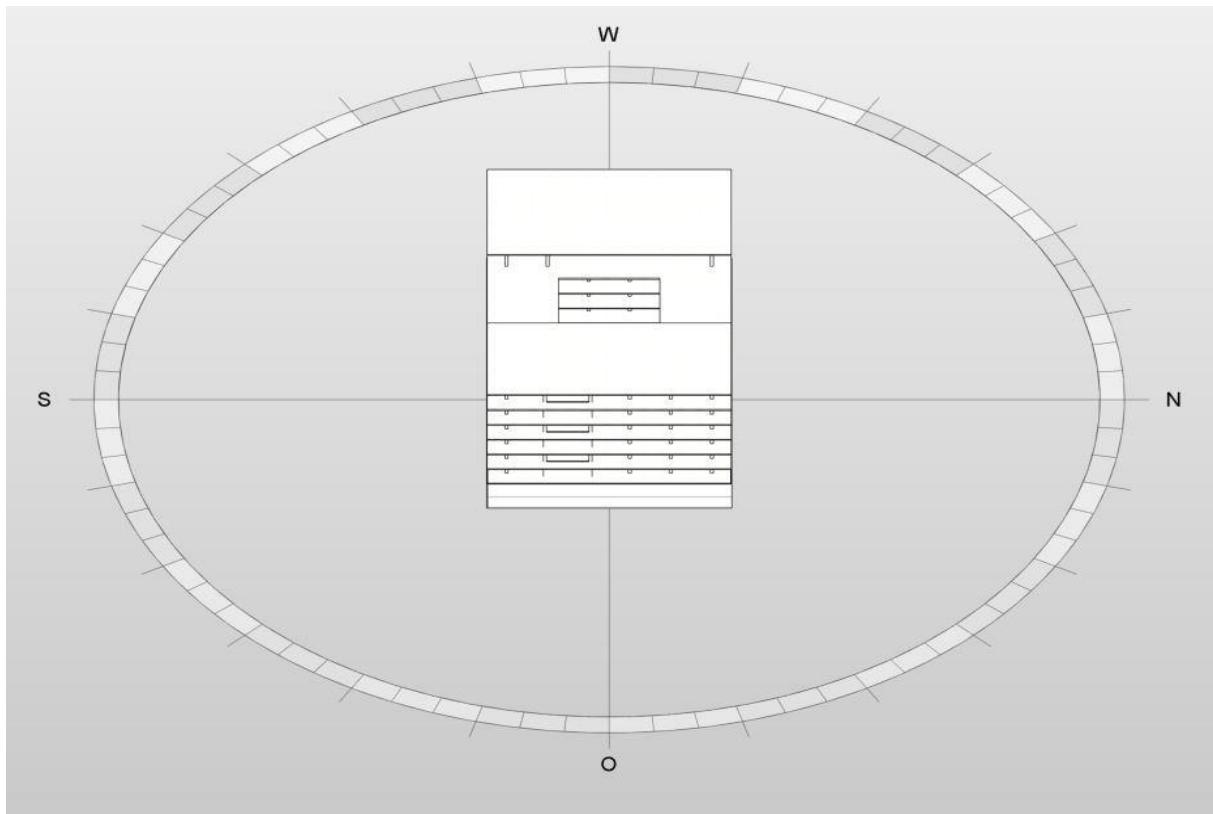
Anhang A

Pläne und Bilder

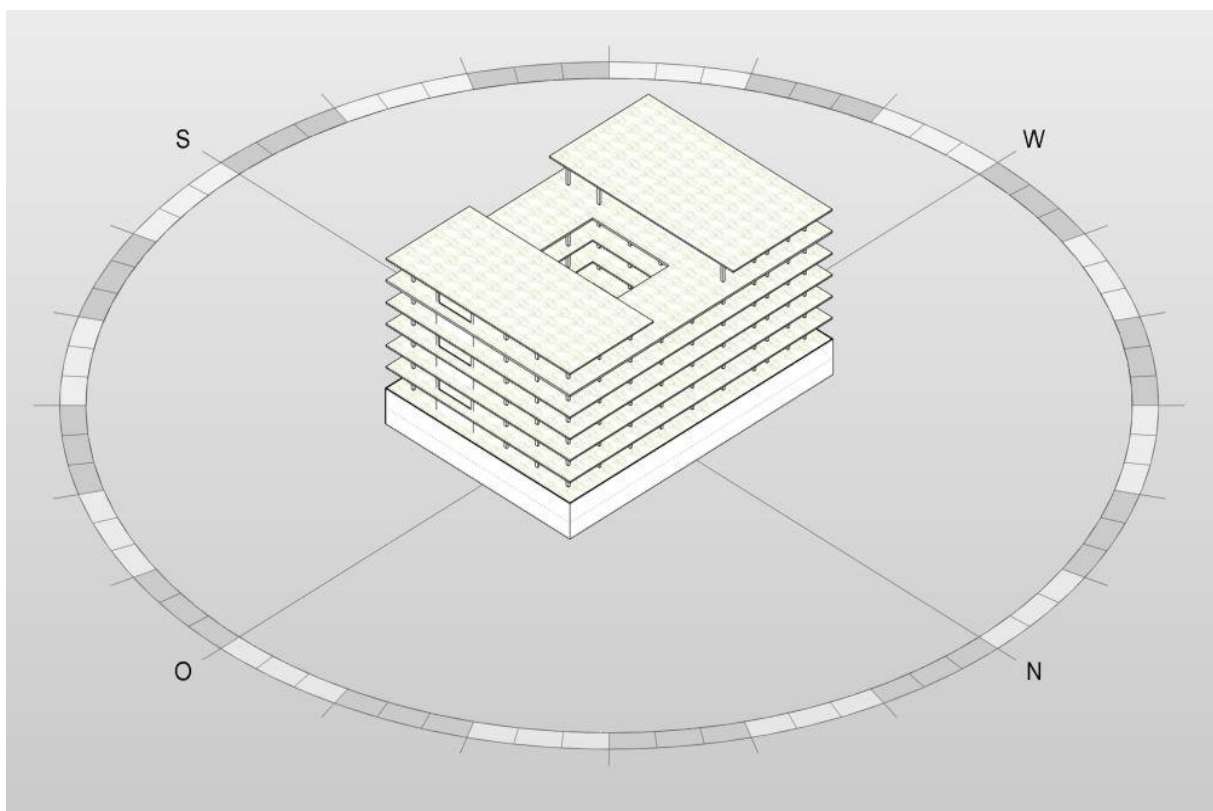
**A.1 Revit 3D-Modell in Anlehnung an iCampus (Gebäude Alpha; eigener Entwurf;
Ansicht von Oben - Nordseite - schräg)**



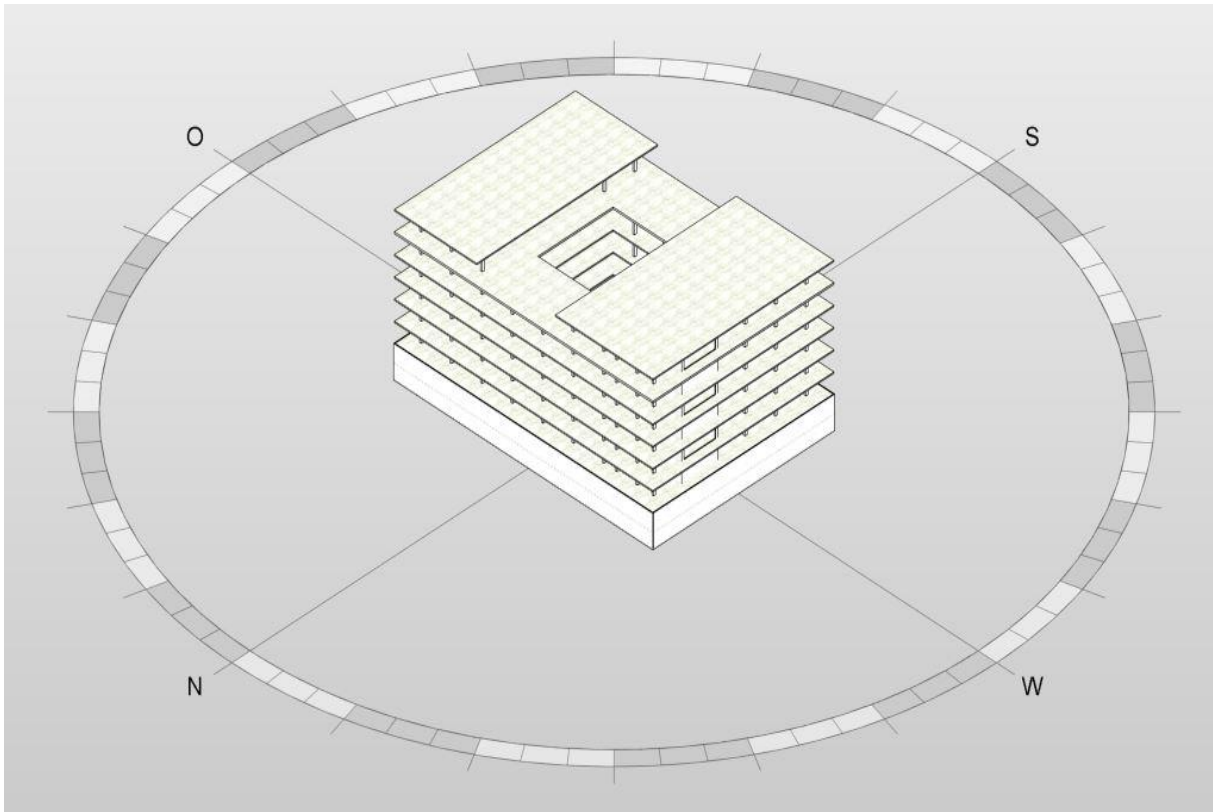
**A.2 Revit 3D-Modell in Anlehnung an iCampus (Gebäude Alpha; eigener Entwurf;
Ansicht von Oben - Ostseite - schräg)**



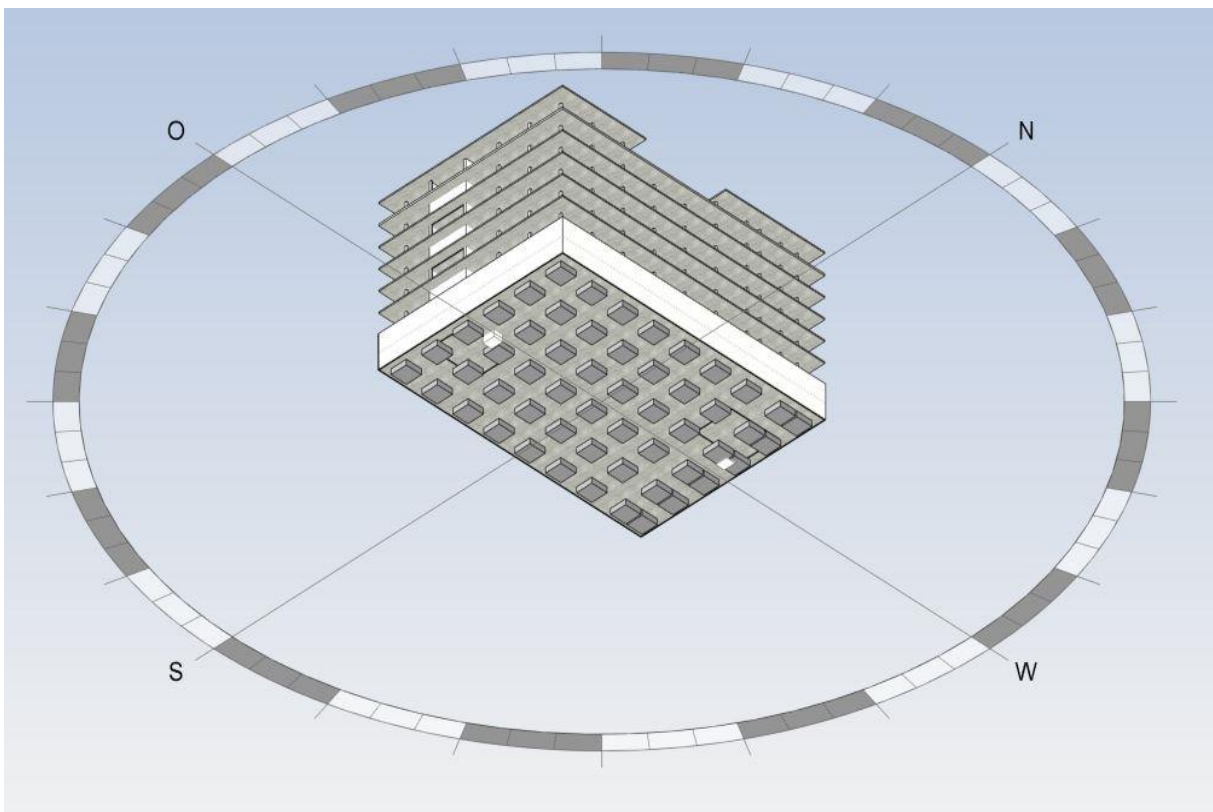
**A.3 Revit 3D-Modell in Anlehnung an iCampus (Gebäude Alpha; eigener Entwurf;
Ansicht Nord-Ost von schräg oben)**



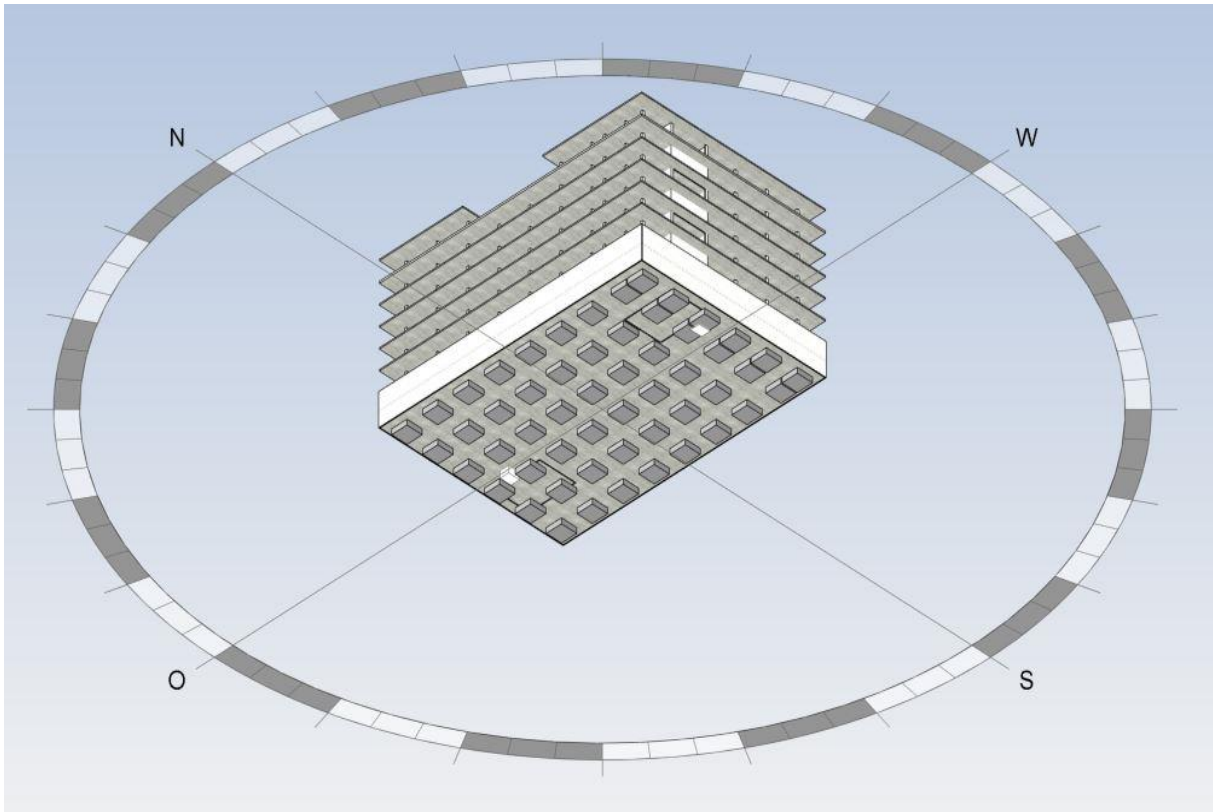
**A.4 Revit 3D-Modell in Anlehnung an iCampus (Gebäude Alpha; eigener Entwurf;
Ansicht Nord-West von schräg oben)**



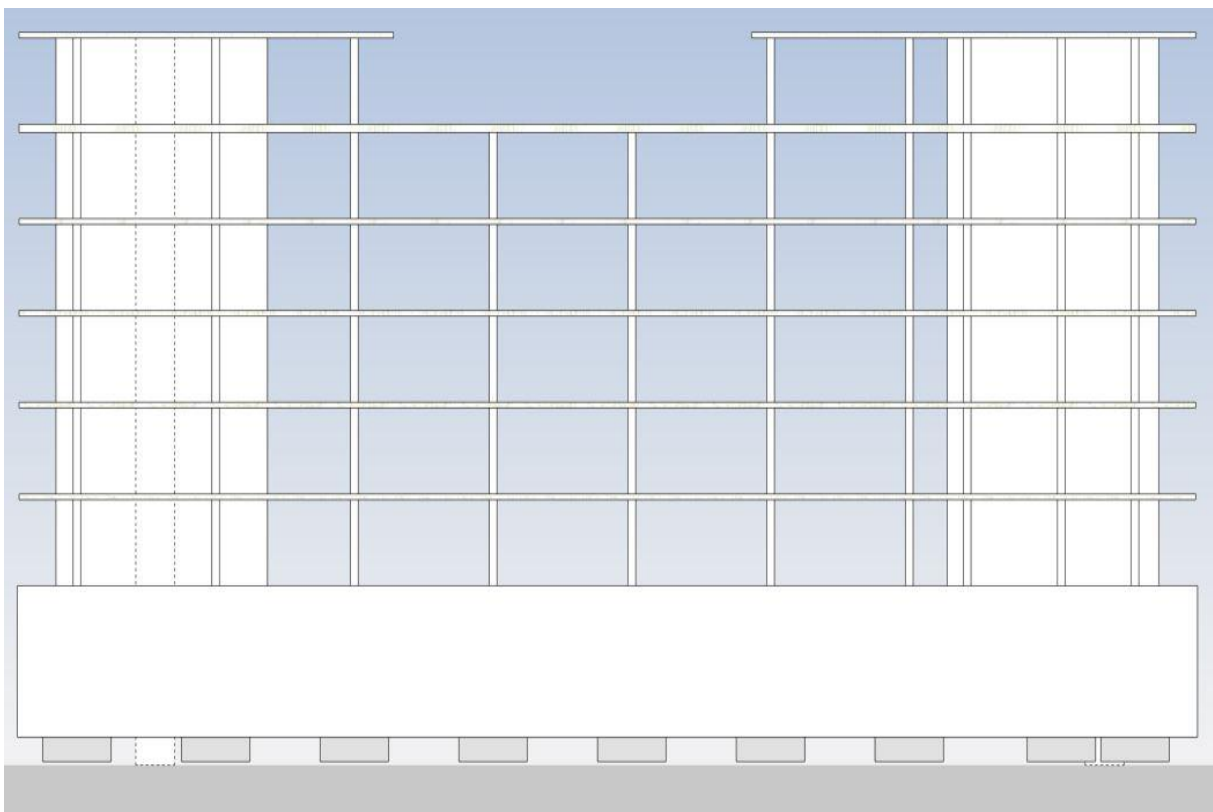
**A.5 Revit 3D-Modell in Anlehnung an iCampus (Gebäude Alpha; eigener Entwurf;
Ansicht Nord-Ost von schräg unten)**



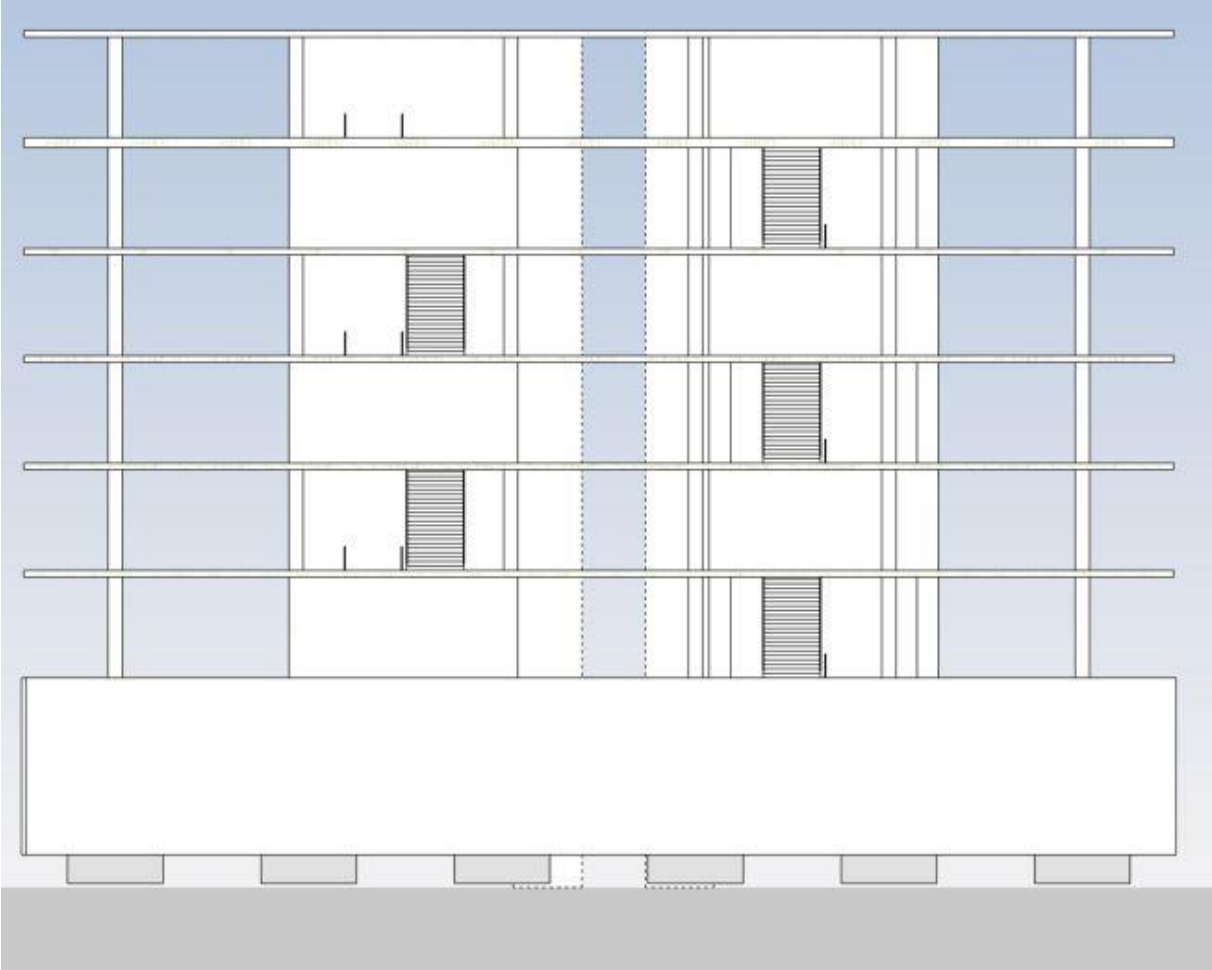
**A.6 Revit 3D-Modell in Anlehnung an iCampus (Gebäude Alpha; eigener Entwurf;
Ansicht Nord-West von schräg unten)**



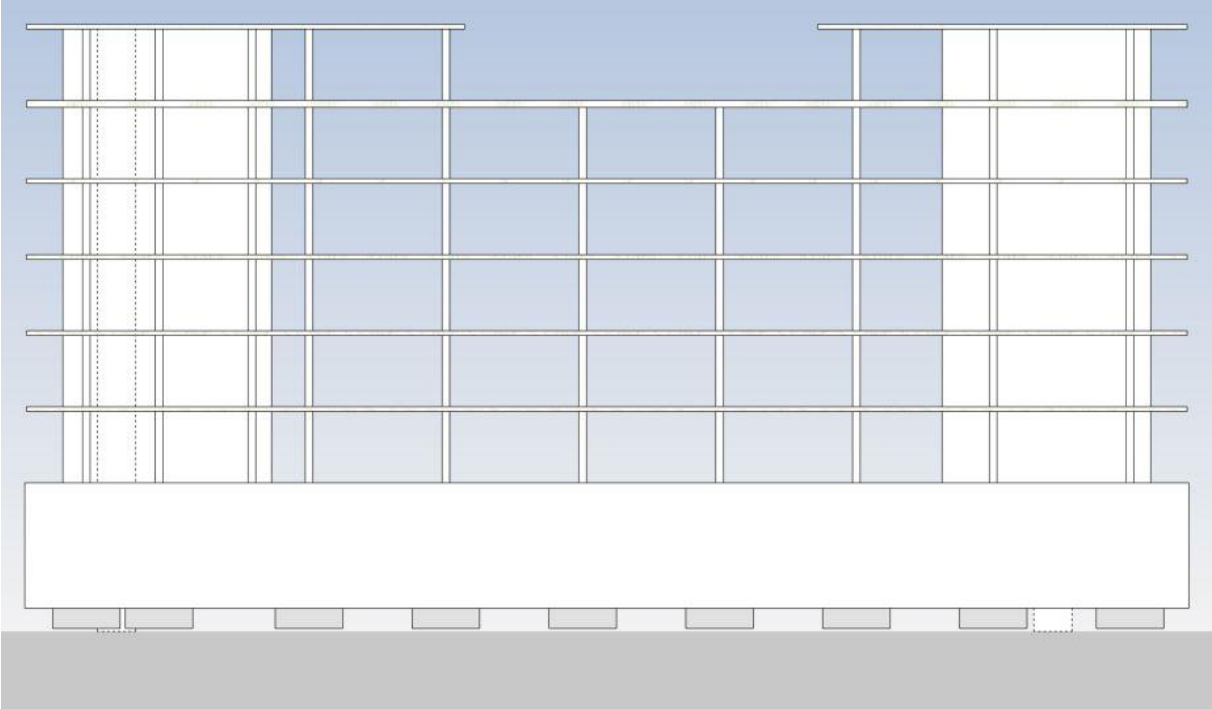
**A.7 Revit 3D-Modell in Anlehnung an iCampus (Gebäude Alpha; eigener Entwurf;
Ansicht Nord)**



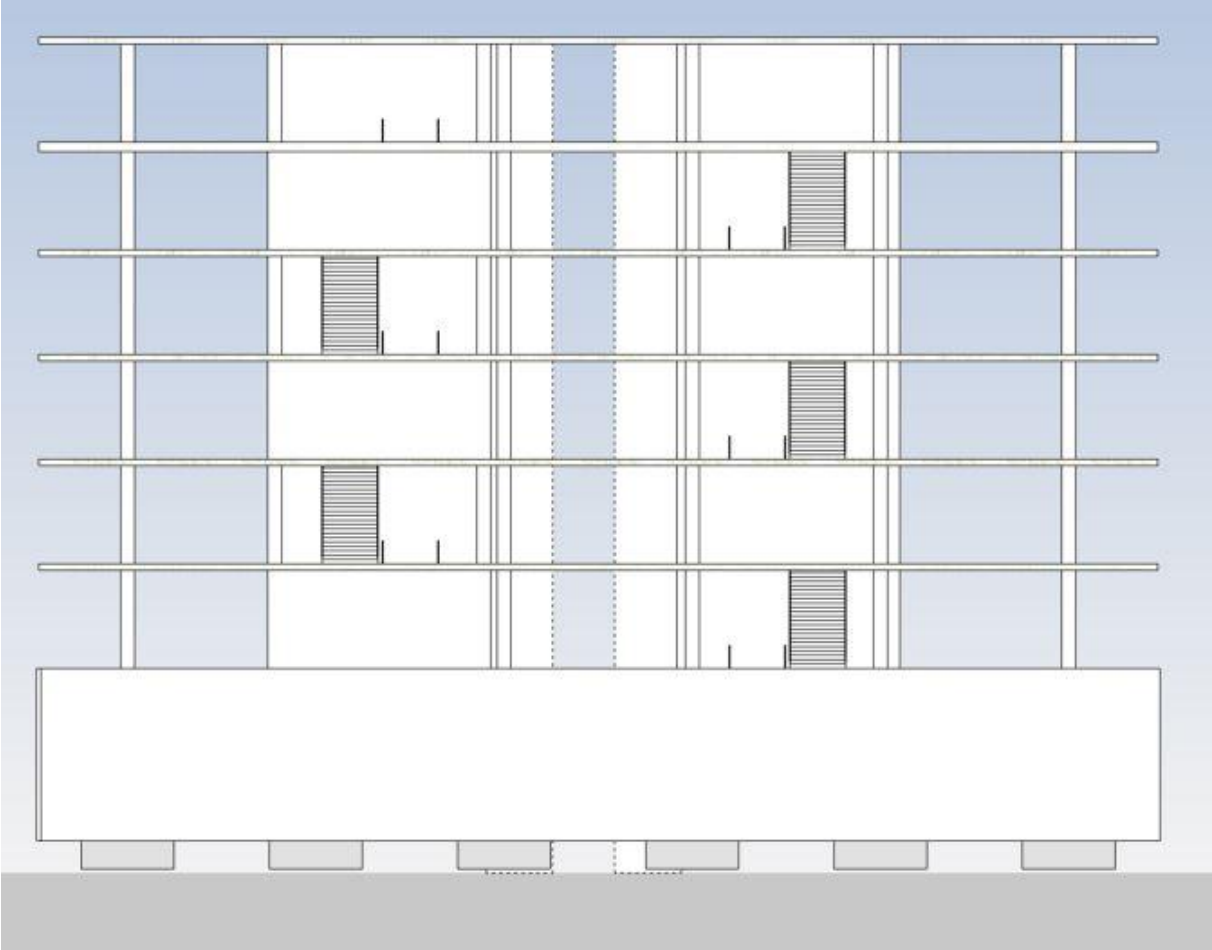
A.8 Revit 3D-Modell in Anlehnung an iCampus (Gebäude Alpha; eigener Entwurf; Ansicht Ost)



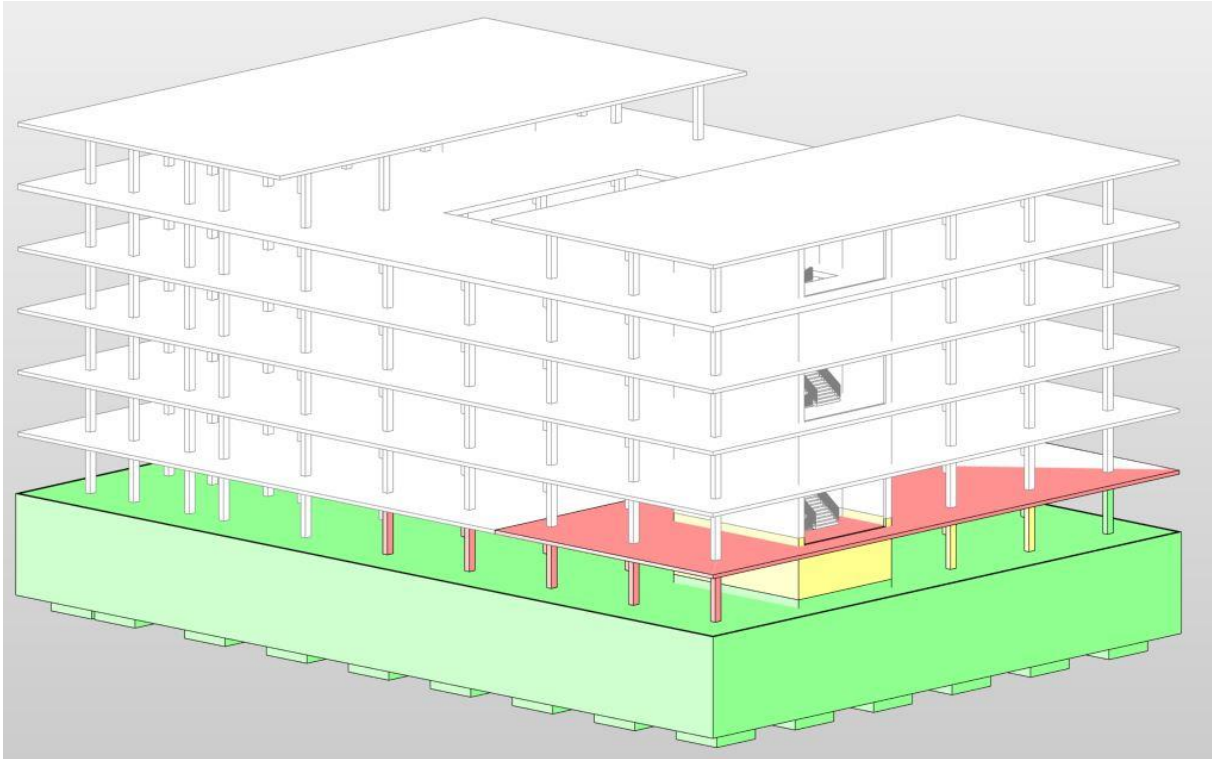
A.9 Revit 3D-Modell in Anlehnung an iCampus (Gebäude Alpha; eigener Entwurf; Ansicht Süd)



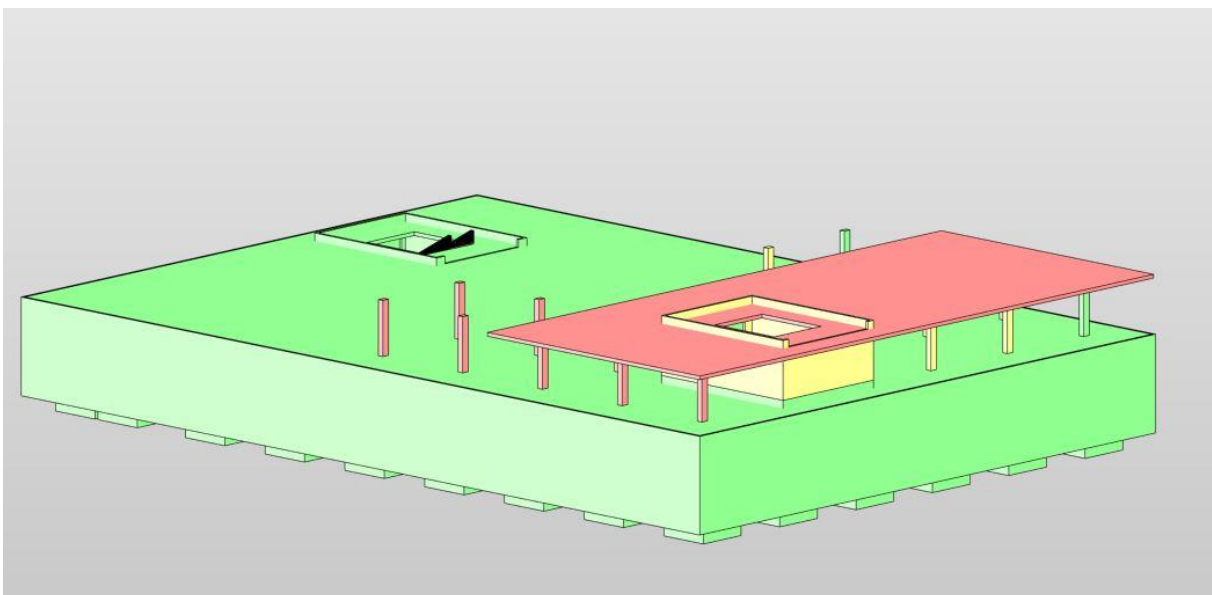
A.10 Revit 3D-Modell in Anlehnung an iCampus (Gebäude Alpha; eigener Entwurf; Ansicht West)



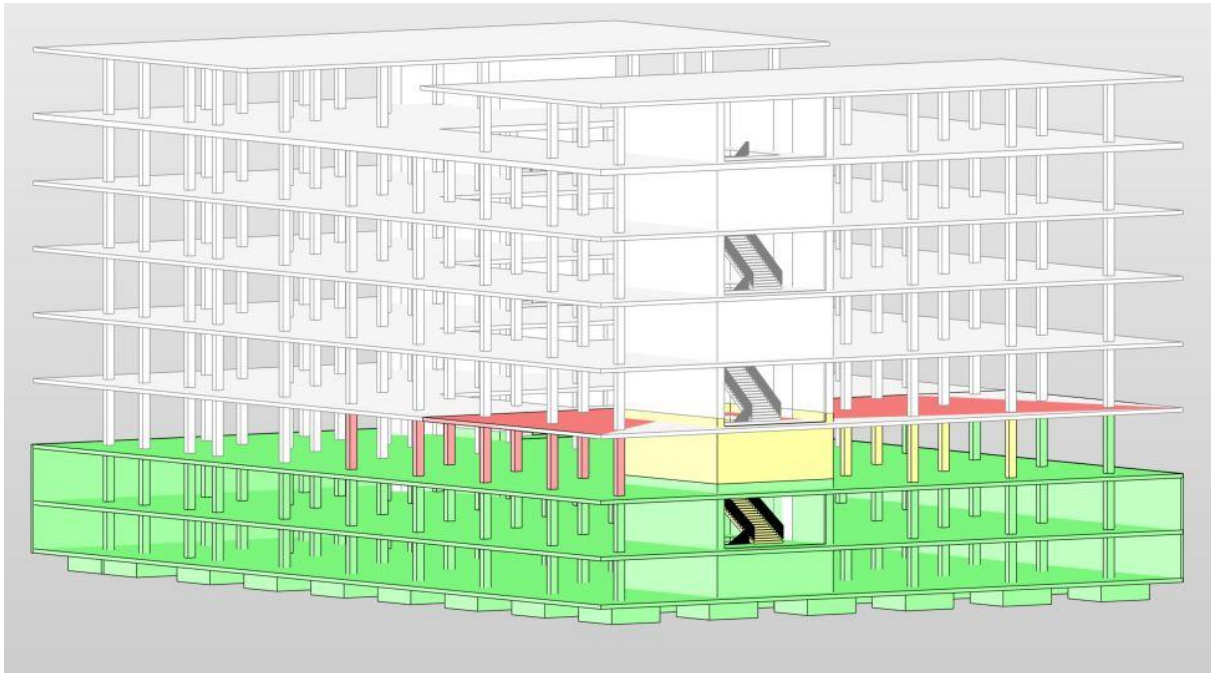
A.11 Revit 3D-Modell mit aktiven Phasenfilter (hier „1_Alle Phasen (Gelb+Grün+Rot) +“) in Anlehnung an iCampus (Gebäude Alpha; eigener Entwurf)



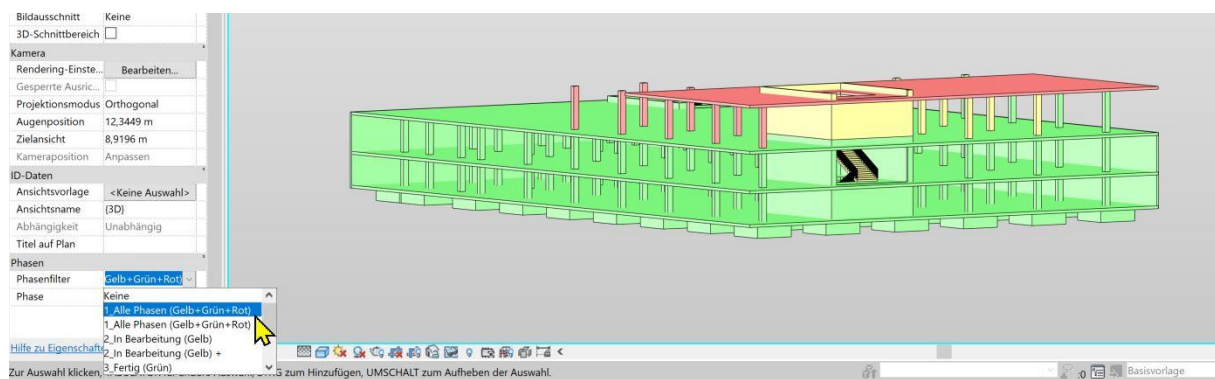
A.12 Revit 3D-Modell mit aktiven Phasenfilter (hier „1_Alle Phasen (Gelb+Grün+Rot)“) in Anlehnung an iCampus (Gebäude Alpha; eigener Entwurf)



A.13 Revit 3D-Modell mit aktiven Phasenfilter (hier „1_Alle Phasen (Gelb+Grün+Rot) +“) und ausgeblendeter Wand im 2. UG und 1. UG; in Anlehnung an iCampus (Gebäude Alpha; eigener Entwurf)



A.14 Revit 3D-Modell mit aktiven Phasenfilter (hier „1_Alle Phasen (Gelb+Grün+Rot)“) und ausgeblendeter Wand im 2. UG und 1. UG; in Anlehnung an iCampus (Gebäude Alpha, selbst erstellt)



A.15 Interaktionsmatrix von (Kröger 2018), welcher diese in Anlehnung, an die von Rafael Sacks, Bhargav A. Dave, Lauri Koskela und Robert Owen 2009 entworfene Abhandlung: „Analysis framework for the interaction between Lean Construction and building information modeling“ (Sacks, et al. 2009) entworfen hat.

Lean Construction	BIM							
	Kollaboration in der Planung und der Ausführung	Ableitung Pläne und Dokumente	Redundanzfreie und konsistente Datenbereitstellung	Wiederverwendung von Informationen und Daten	Erstellung von Entwurfsoptionen	Generierung und Auswertung von Ausführungsvarianten	Objektbasierte Kommunikation	Visualisierung
Reduktion Varianz	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Reduzierung Entwicklungszeiten	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
Verkleinerung der Losgrößen		✓					✓	
Erhöhung der Flexibilität	✓	✓				✓	✓	
Wahl der Produktionsprozesse	✓					✓	✓	
Standardisierung						✓	✓	
Kontinuierliche Verbesserung							✓	
Visuelles Management					✓	✓	✓	
Produktionsprozess nach Fluss und Wert	✓			✓	✓			✓
Kundenwünschmanagement	✓	✓		✓	✓			✓
Fokussierung auf die Konzeptauswahl				✓				
Konformität Anforderungen	✓		✓	✓			✓	
Verifizieren und Validieren	✓		✓	✓		✓	✓	
Baustellen-Kata							✓	
Entscheidungen durch Konsens	✓					✓		
Etablierung eines Netzwerkes	✓						✓	

Anhang B

Auf dem beigefügten USB-Stick befindet sich folgender Inhalt:

- Der schriftliche Teil der Arbeit als Worddokument
- Die Daten des in Revit erstellten Modells, samt eingestellten Phasen; als .ifc Datei und .rte Datei.

Erklärung

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Bachelor-Thesis selbstständig angefertigt habe. Es wurden nur die in der Arbeit ausdrücklich benannten Quellen und Hilfsmittel benutzt. Wörtlich oder sinngemäß übernommenes Gedankengut habe ich als solches kenntlich gemacht.

Ich versichere außerdem, dass die vorliegende Arbeit noch nicht einem anderen Prüfungsverfahren zugrunde gelegen hat.

München, 31. Mai 2020

Altmann Laurent

Laurent Altmann

Laurent Altmann

