Diploma Thesis

Combining conventional approaches and lean management approaches in the work preparation and execution phase – process analysis

Submitted in satisfaction of the requirements for the degree of
Diplom-Ingenieur
of the TU Wien, Faculty of Civil Engineering

DIPLOMARBEIT

Zusammenführung von konventionellen Ansätzen und Lean-Management-Ansätzen in der Arbeitsvorbereitung und Ausführungsphase – Prozessanalyse

ausgeführt zum Zwecke der Erlangung des akademischen Grades eines
Diplom-Ingenieurs
eingereicht an der Technischen Universität Wien, Fakultät für Bauingenieurwesen

von

David Pippert
Matr.Nr.: 01649636

Sebastian Steinhofer
Matr.Nr.: 11771031

unter der Anleitung von

Assistant Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. **Christian Schranz**, M.Sc.
Univ.Ass. Dipl.-Ing. **Harald Urban**

Institut für Interdisziplinäres Bauprozessmanagement
Forschungsbereich Baubetrieb und Bauverfahrenstechnik
Technische Universität Wien,
Karlsplatz 13/234-1, 1040 Wien, Österreich

Wien, im März 2020

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

DANKSAGUNG

An dieser Stelle möchten wir uns bei all jenen Personen bedanken, die uns beim Schreiben unserer Diplomarbeit und während unseres gesamten Studiums unterstützt und begleitet haben.

Unser Dank gilt Assistant Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Christian Schranz, M.Sc., der uns das Verfassen unserer Diplomarbeit im Forschungsbereich Baubetrieb und Bauverfahrenstechnik am Institut für Interdisziplinäres Bauprozessmanagement ermöglicht hat.

Ein weiteres Dankeschön gilt Univ.Ass. Dipl.-Ing. Harald Urban, der uns bei der Erstellung unserer Diplomarbeit unterstützte und bei auftretenden Fragestellungen weiterhelfen konnte. Bedanken möchten wir uns darüber hinaus bei den Mitarbeitern[1] der PORR Design & Engineering GmbH, die uns bei der Beantwortung fachlicher Fragen zur Seite standen. Ein besonderer Dank gebührt Dipl.-Ing. Herbert Meister, Ing. Thomas Baierl, Ing. Rupert Hofbauer und Dipl.-Ing. Stephan Steinberger, die es ermöglicht haben, dieses spannende Thema zu erarbeiten und uns mit ihrem fachlichen Wissen unterstützt haben.

Der größte Dank meinerseits – David Pippert – gilt meiner Freundin Pia, die mich während meiner gesamten Studienzeit und bei der Erstellung unserer Abschlussarbeit besonders unterstützt hat. Außerdem möchte ich mich für die kontinuierliche Unterstützung meiner Eltern Bärbel und Joachim sowie bei meinen Geschwistern, Freunden und Kommilitonen für ihren Beistand bedanken.

Abschließend möchte ich – Sebastian Steinhofer – mich bei meinen Eltern Heinz und Rosemarie sowie Freunden und Kommilitonen bedanken, welche mich während meines Studiums unterstützt und mir Beistand geleistet haben. Überdies möchte ich mich bei meiner Freundin Johanna bedanken, sie hat mich bei der Erstellung dieser Arbeit unterstützt und hat mir während meiner Ausbildung auch in schwierigen Zeiten beigestanden.

[1] Genderhinweis:
Die Autoren legen großen Wert auf Diversität und Gleichbehandlung. Im Sinne einer besseren Lesbarkeit wurde jedoch oftmals entweder die maskuline oder feminine Form gewählt. Dies impliziert keinesfalls eine Benachteiligung des jeweils anderen Geschlechts.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek WIEN Your knowledge hub

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

KURZFASSUNG

Schlagwörter: Lean Management; Lean Construction; Last Planner; Konventionelle Bauabwicklung; Terminplanung; Ressourcenplanung; Wochenplanung; Bauablaufstörungen

Als eine der ältesten Wirtschaftszweige der Welt blickt die Baubranche auf enorme Erfahrung und fundierte Arbeitsprozesse zurück. Gegenwärtig befindet sich die Baubranche aufgrund steigender Anforderungen an Bauprojekte und deren Abwicklung in einer Umbruchphase. Kontinuierlich werden neue Ansätze, Methoden, Verfahren und Programme entwickelt. Diese zielen auf eine agilere, effizientere und transparentere Produktivität ab. Lean Management im Bauwesen (Lean Construction) stellt eine neue Managementmethode dar. Die Analyse und Transparenz von aufeinander abgestimmten Prozessabläufen sowie eine partnerschaftliche Projektabwicklung stehen im Fokus.

Diese Arbeit beschäftigt sich mit der Vorbereitung und Abwicklung von Bauprojekten hinsichtlich Zeit- und Ressourcenplanung, Wochenplanung sowie dem Umgang mit gestörten Bauabläufen. Hierbei werden konventionelle Ansätze und Lean-Management-Ansätze differenziert. Zu Beginn dieser Arbeit werden die Grundlagen beider Methoden mit Fokussierung auf zuvor genannte Punkte beschrieben. Es werden Vorgehensweisen und Werkzeuge beider Methoden aufgezeigt.

In weiterer Folge bildet die Beschreibung einer praktischen Vorgehensweise beider Ansätze den Schwerpunkt dieser Arbeit. Hierzu wurden Prozessabläufe auf Grundlage von Gesprächen mit Experten der PORR Design & Engineering GmbH analysiert und mithilfe der grafischen Spezifikationssprache *Business Process Model and Notation* visualisiert. Es werden Schnittstellen aufgezeigt und Arbeitsschritte chronologisch beschrieben. Eine kontinuierliche Weiterentwicklung von bewährten Arbeitsprozessen soll eine zukünftige Wettbewerbsfähigkeit von Unternehmen gewährleisten. Dieser Leitgedanke wird in dieser Arbeit aufgegriffen und umgesetzt. Abschließend wird aufgezeigt, wie konventionelle und Lean-Management-Ansätze in einem gemeinsamen Abwicklungsprozess kombiniert werden können. Die Entwicklung dieses gemeinsamen Abwicklungsprozesses basiert ebenfalls auf Fachgesprächen und Workshops mit den Experten der PORR Design & Engineering GmbH. Durch die Integration der Stärken von konventionellen und Lean-Management-Ansätzen wird ein Mehrwert bei der Abwicklung von Bauprojekten im zuvor genannten Bauunternehmen erwartet. Ein wesentlicher Punkt bei dieser Zusammenführung ist die Vermeidung einer Verschwendung von geleisteter Vorarbeit.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU WIEN Bibliothek Your knowledge hub

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

ABSTRACT

Keywords: Lean Management; Lean Construction; Last Planner; Conventional construction; Schedule planning; Resource planning; Week planning; Construction process disorder

As one of the world's oldest economic branches, the building industry looks back on enormous experience and well-founded work processes. Currently, the building industry finds itself in a transition phase due to increasing demands on construction projects and their execution. Continuously new approaches, methods, processes, and programmes are developed. These aim at a more agile, efficient, and transparent productivity. Lean Management in the building industry, also called Lean Construction, constitutes a new and partly used management method. The analysis and transparency of coordinated process flow as well as a collaborative project execution are in focus.

This thesis is concerned with the preparation and implementation of construction projects regarding scheduling and resource planning, weekly scheduling as well as handling faulty construction procedures. In this respect, conventional approaches and Lean Management approaches are differentiated. At the beginning of this thesis the basics of these two methods are described while focusing on the aforementioned points. Procedures and tools of both methods are shown.

Subsequently, the description of a practical procedure of both approaches form the core of this thesis. Therefore, the process flows were analyzed on the basis of interviews with experts of PORR Design & Engineering GmbH and visualized with the help of the graphic specification language Business Process Model and Notation. Interfaces are revealed and working steps will be described chronologically. A continuous development of established work processes should ensure future competitiveness of companies. This principle is seized on and implemented in this thesis. Concludingly it is shown how conventional and Lean Management approaches can be combined in a joint process. This development of a joint processing is also based on expert discussions and workshops with experts of PORR Design & Engineering GmbH. Through the integration of the strengths of both conventional and Lean approaches, additional benefit in the execution of construction projects is anticipated. An essential aspect in regard of this merger is the avoidance a waste of preparatory work.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU WIEN Bibliothek Your knowledge hub

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

„Kreativität entsteht durch Bewegung, Zerlegung alter Regeln, durch neue Überlegung.“[2]

[2] Fettes Brot

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU WIEN Bibliothek Your knowledge hub

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

Inhaltsverzeichnis

DANKSAGUNG III

KURZFASSUNG V

ABSTRACT VII

Inhaltsverzeichnis XI

Abkürzungsverzeichnis XV

1 Einleitung 1

1.1 Motivation 1
1.2 Organisationsstruktur des Bauunternehmens 1
1.3 Forschungsmethodik und Forschungsfragen 4
1.3.1 Forschungsmethode 4
1.3.2 Forschungsfragen 4
1.3.3 Forschungsabgrenzung 4
1.4 Aufbau der Arbeit 5

2 Konventionelle Zeit- und Ressourcenplanung 7

2.1 Termin- und Ablaufplanung 7
2.1.1 Elemente der Terminplanung 8
2.1.2 Vorgangsdauer 9
2.1.3 Abhängigkeiten 10
2.1.4 Terminplanarten 12
2.1.5 Darstellungsarten 14
2.1.6 Zusammenfassung 17
2.2 Phasen der Ablaufplanung 17
2.2.1 Grobplanung 19
2.2.2 Feinplanung 22
2.2.3 Zusammenfassung 27
2.3 Ressourcenplanung 29
2.3.1 Arbeitskräfte 29
2.3.2 Geräteeinsatz 31
2.3.3 Baustoffe 32
2.3.4 Fremdleistungen 32
2.3.5 Zusammenfassung 32
2.4 Wochenplanung 33
2.4.1 Vorgehensweise 33

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

2.4.2 Leistungskontrolle ... 35
2.4.3 Zusammenfassung ... 35
2.5 Bauablaufstörungen ... 35
2.5.1 Ursachen in der Zeit- und Ressourcenplanung ... 37
2.5.2 Gegensteuerungsmaßnahmen ... 38
2.5.3 Zusammenfassung ... 40

3 Konventionelle Zeit- und Ressourcenplanung in einem Bauunternehmen – Prozessermittlung und -darstellung ... 41

3.1 Prozessmodellierung mit BPMN 2.0 ... 41
3.2 Bisherige Vorgehensweise bei der Zeit- und Ressourcenplanung ... 47
3.2.1 Zeit- und Ressourcenplanung in der Angebotsphase ... 47
3.2.2 Zeit- und Ressourcenplanung in der Ausführungsphase ... 56
3.3 Zukünftige Vorgehensweise bei der Zeit- und Ressourcenplanung ... 65
3.3.1 Zukünftige Zeit- und Ressourcenplanung ... 65
3.3.2 Zusammenfassung – Wesentliche Unterschiede zwischen bisheriger und zukünftiger Vorgehensweise ... 77
3.4 Ressourcenplanung ... 78
3.5 Wochenplanung ... 81
3.6 Bauablaufstörungen ... 82

4 Lean Management ... 85

4.1 Die Entwicklung des Lean Grundgedanken ... 85
4.1.1 Toyota-Production-System TPS ... 86
4.1.2 Lean Thinking ... 91
4.2 Lean Management in der Bauproduktion ... 93
4.2.1 Lean Design ... 94
4.2.2 Lean Construction ... 96
4.2.3 Lean Construction Werkzeuge ... 96
4.2.4 Lean Project Delivery System ... 97
4.2.5 Last-Planner-System ... 100
4.2.6 Taktplanung ... 100
4.2.7 Taktsteuerung ... 102
4.3 Literarische Vorgehensweise in den Punkten Zeit- und Ressourcenplanung, Bauablaufstörung und Wochenprogramm ... 103
4.3.1 Ressourcenplanung im Lean-Construction-Management ... 103
4.3.2 Zeitplanung, der Umgang mit baubetrieblichen Störungen und die Wochenplanung im Lean-Construction-Management ... 110

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU WIEN Bibliothek Your knowledge hub

5 Lean Management in einem Bauunternehmen – Prozessermittlung und -darstellung 113

5.1 Zeit- und Ressourcenplanung und Umgang mit Leistungsstörungen im Team Lean Management 113

5.1.1 Anwendung und Umsetzung des Last-Planner-Systems in der PORR Design & Engineering GmbH 113

5.1.2 Das Wochenprogramms im Team Lean Management 131

5.2 Zukunftsausblick der Vorgehensweise im Team Lean Management in den Punkten Ressourcenplanung, Bauablaufstörungen und dem Wochenprogramm 133

5.2.1 Ganzheitliche Betrachtung von Ressourcen 133

5.2.2 Digitalisierung des Last-Planner-Systems und der Wochenplanung 133

6 Vergleich und Zusammenführung konventioneller Ansätze und Lean-Management-Ansätze in einem Bauunternehmen 135

6.1 Unterschiede zwischen Team ZRP und Team LM 135

6.1.1 Termin- und Ablaufplanung 136

6.1.2 Ressourcenplanung 138

6.1.3 Wochenplanung 139

6.1.4 Bauablaufstörungen 140

6.1.5 Zusammenfassung 142

6.2 Zusammenführung 144

7 Forschungsergebnisse und Ausblick 151

7.1 Beantwortung der Forschungsfragen 151

7.2 Ausblick 161

8 Literaturverzeichnis 163

8.1 Bücher 163

8.2 Zeitschriftenartikel 165

8.3 Online-Quellen 165

8.4 Unveröffentlichte Quellen 166

9 Eidesstattliche Erklärung 167

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU WIEN Bibliothek Your knowledge hub

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

Abkürzungsverzeichnis

3D	dreidimensional
AG	Auftraggeber
AK	Arbeitskraft
AN	Auftragnehmer
AT	Arbeitstag
BGF	Bruttogeschossfläche
BIM	Building Information Modeling
BPMI	Business Process Management Initiative
BPMN	Business Process Model and Notation
bzw.	beziehungsweise
CAD	Computer-Aided Design
etc.	et cetera
h	Stunde
i. d. R.	in der Regel
LBMS	Location Based Management System
LPDS	Lean Production Delivery System
LPS	Last-Planner-System
LV	Leistungsverzeichnis
MIT	Massachusetts Institute of Technology
OMG	Object Management Group
PDCA	Plan Do Check Act
PES	PORR Equipment Services GmbH
PMS	Produktionsmanagementsystem
SRE	Standardraumeinheit
Team BKP	Team Baustelleneinrichtungs- und Kranplanung
Team LLC	Team Lean Logistic Construction
Team LM	Team Lean Management
Team ZRP	Team Zeit- und Ressourcenplanung
TGA	Technische Gebäudeausrüstung
u. a.	unter anderem
z. B.	zum Beispiel

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU WIEN Bibliothek Your knowledge hub

1 Einleitung

Das erste Kapitel führt an das Thema dieser Arbeit heran. Im Folgenden werden Motivation und verwendete Forschungsmethoden beschrieben. Zudem werden die Forschungsfragen, -abgrenzung und Organisationsstruktur der PORR Design & Engineering GmbH und deren Aufgabenbereiche konkretisiert.

1.1 Motivation

Die Produktion der Bauindustrie galt nach der Beschreibung von Baierl, Gitschel, Lipp und Steinberger[3] aufgrund der Erschaffung von Unikaten für lange Zeit als unvergleichbar mit der Produktion einer klassischen Industrie. Um sich gegenüber Mitbewerbern in der Baubranche einen Vorteil zu verschaffen, ist eine ökonomische und stringente Abwicklung von Bauprojekten in Zeiten stetiger Optimierung unabdingbar. Bei dem Begriff Lean Management im Bauwesen oder auch Lean Construction handelt es sich um einen integralen Ansatz, bei dem die aus dem Toyota Produktionssystem stammenden Prinzipien auf den Baubereich übertragen werden. Durch eine objekt- und prozessorientierte Denkweise soll eine verschwendungsfreie und ressourcenschonende Produktion mit Fokussierungen auf den Kunden erreicht werden.

Lean Construction ist seit einiger Zeit in der Baubranche sehr präsent. Daher ist die Bearbeitung dieses Themas auch für das Unternehmen PORR Design & Engineering GmbH von besonderer Bedeutung. Aufgrund des derzeitig geringen Wissenstands zur praktischen Anwendung von Lean Construction soll diese Arbeit der Wissenschaft und Baubranche als Information zur Verfügung stehen. Außerdem besteht für einen der Autoren als Mitarbeiter der PORR Group persönliches Interesse an der Erstellung dieser Arbeit.

Ziel dieser Arbeit ist die Untersuchung der praktischen Anwendung konventioneller und Lean gestützter Ansätze bei der Abwicklung von Bauprojekten. Hierbei werden derzeitige Prozessabläufe in der PORR Design & Engineering GmbH erhoben, optimiert und hinsichtlich der Vorgehensweisen miteinander verglichen. Neben den unterschiedlichen Vorgehensweisen wird ein gemeinsamer Abwicklungsprozess entwickelt, in dem konventionelle und Lean-Management-Ansätze zusammengeführt werden.

1.2 Organisationsstruktur des Bauunternehmens

Die Organisationsstruktur des österreichischen Baukonzerns PORR AG sowie dessen Tochtergesellschaften und Business Units (Geschäftsbereiche) sind in Abbildung 1.1 dargestellt.

Die Tochtergesellschaft PORR Design & Engineering GmbH bietet u. a. in folgenden Bereichen Leistungen an:

- Generalplanung (interdisziplinäres Zusammenspiel rund um Architektur, Technische Gebäudeausrüstungs- und Tragwerksplanung)

[3] vgl. T. Baierl; S. Gitschel; M. Lipp; S. Steinberger: *LEAN Construction – kundenorientierte, effiziente, und bedarfsgerechte Bauproduktion*, S. 20.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

- Architektur (Erstellung Entwurfs- bis Ausführungsplanung)
- Planung Technische Gebäudeausrüstung (TGA)
- Tragwerksplanung (Planung der Tragstruktur von Bauwerken)
- Baukoordination (Bauvorbereitung, Bauüberwachung, TGA Überwachung)
- Bauphysik (Beratung der Planung hinsichtlich Funktionalität und Behaglichkeit von Gebäuden)
- Nachhaltigkeit (Beratung der Planung hinsichtlich ökonomischer und ökologischer Aspekte – Gebäudezertifizierungen)
- Lean Management (Beratung, Begleitung und Verbesserung von Planungsprozess und Bauphase)
- Brandschutz (Erstellung von Brandschutzkonzepten)
- Angebotsmanagement (Erstellung von Kalkulationen für Bauprojekte)

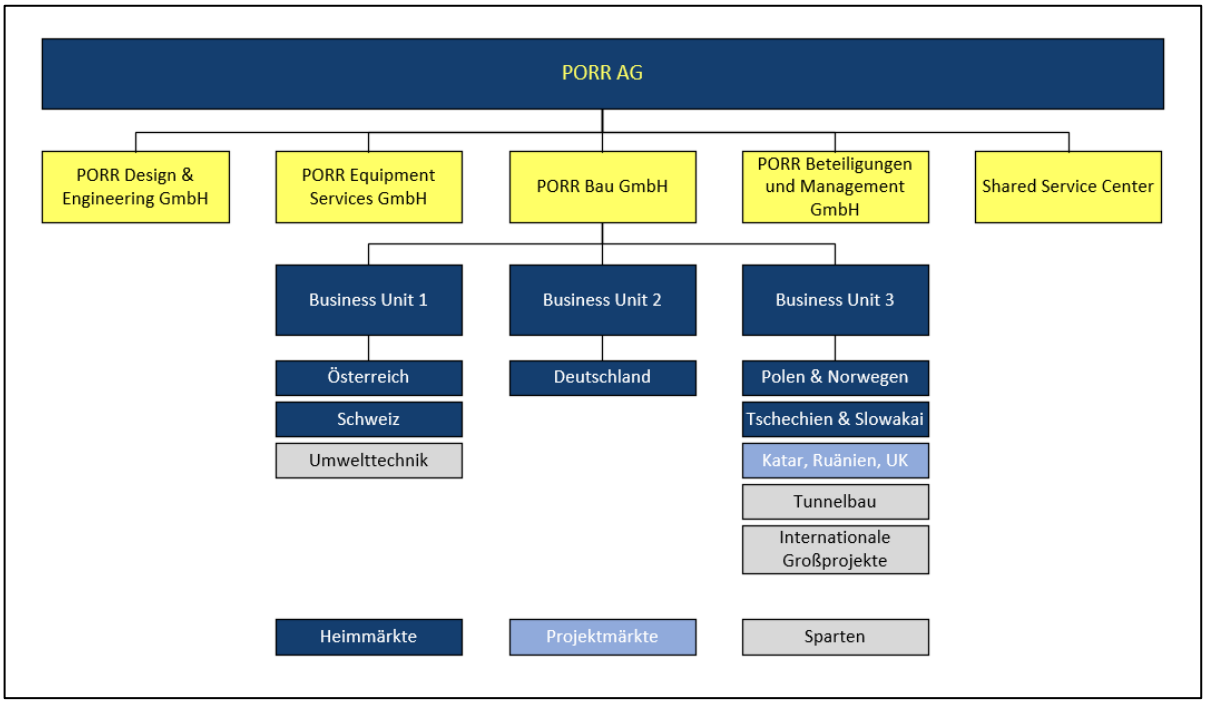


Abbildung 1.1: Organisationsstruktur der PORR AG[4]

Zur PORR Design & Engineering GmbH zählt u. a. die Abteilung Baumanagement. Diese setzt sich, wie in Abbildung 1.2 dargestellt, aus den Teams Lean Management (Team LM), Zeit- und Ressourcenplanung (Team ZRP), Baustelleneinrichtungs- und Kranplanung (Team BKP) sowie Schalungs- und Rüstungsplanung zusammen. In dieser Arbeit werden vorwiegend die Vorgehensweisen der Teams LM und ZRP untersucht. Das Team LM bietet vorwiegend Leistungen aus den Bereichen Lean Design und Lean Construction an. Diese Leistungen werden in Tabelle 1.1 differenziert nach den Bereichen Lean Design und Lean Construction aufgezeigt.

[4] in Anlehnung an PORR AG: *Organisationsstruktur PORR Design Engineering* (12.09.2019).

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

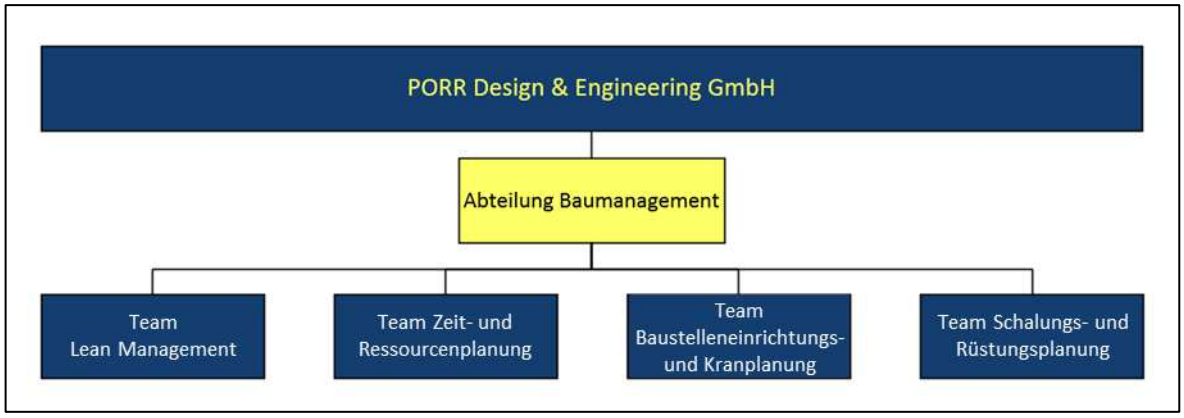


Abbildung 1.2: Organisationsstruktur der Abteilung Baumanagement[5]

Tabelle 1.1: Leistungen des Teams LM differenziert nach Lean Design und Lean Construction

Lean Design	Lean Construction
Individuelle und änderungsflexible Planung	Mitarbeiterschulungen für Methodik und Didaktik in der Umsetzungsphase
Laufende Erfolgsauswertung und Nachjustierung	Projektbegleitungen und wöchentliche Evaluierungen
Zielkosten-Planung (Target Value Design)	Durchführen von Workshops, Konflikt- und Problemlösungscoachings
Stetiger Austausch und Transparenz	

Die Aufgaben des Teams ZRP umfassen u. a. folgende Tätigkeiten:

- Terminplanerstellung für Angebots- und Ausführungsphase
- Ressourcenplanung
- Einsatz von Lean-Management-Methoden (Taktplanung bei Beton- und Stahlbetonarbeiten)
- Konzeption und Optimierung von Bauabläufen
- Teilnahme an Besprechungen und Verhandlungen mit Auftraggeber
- Erstellung Vergabeterminplänen
- Erstellung Zahlungsterminplänen
- Erstellung Plananforderungsterminpläne
- Erstellung Chancen-/Risikoberichte

Neben der PORR Design & Engineering GmbH zählt auch die PORR Bau GmbH zu den Tochtergesellschaften. Die PORR Bau GmbH ist für die Projektierung und Umsetzung von Bauleistungen aller Art zuständig. Demnach gehören die für die Ausführung verantwortlichen Personen (Gruppen-, Projekt- und Bauleitung) zur Tochtergesellschaft PORR Bau GmbH.

[5] in Anlehnung an PORR AG: *Organisationsstruktur PORR Design Engineering* (12.09.2019).

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

1.3 Forschungsmethodik und Forschungsfragen

1.3.1 Forschungsmethode

Zu Beginn wurde für die Beschreibung der Grundlagen der konventionellen Herangehensweise sowie der Herangehensweise, bei der Lean-Management-Ansätze verwendet werden, facheinschlägige Literatur recherchiert und verwendet. Mithilfe von Fachgesprächen und Workshops mit Experten konnten die Fragestellungen dieser Arbeit beantwortet werden. Bei den Experten handelt es sich um Teamleiter und Mitarbeiter des betrachteten Bauunternehmens, die mit den untersuchten Prozessabläufen vertraut sind.

1.3.2 Forschungsfragen

1. Wie ist die Vorgehensweise bei der Zeit- und Ressourcenplanung, der Wochenplanung und dem Umgang mit Bauablaufstörungen?
2. Wie ist die Vorgehensweise bei der Anwendung von Lean-Management-Ansätzen hinsichtlich Zeit- und Ressourcenplanung, Wochenplanung und dem Umgang mit Bauablaufstörungen?
3. Wie ist die derzeitige Vorgehensweise bei der Zeit- und Ressourcenplanung, der Wochenplanung und dem Umgang mit Bauablaufstörungen in einem Bauunternehmen und welche Optimierungspotentiale bestehen?
4. Wie ist die derzeitige Vorgehensweise mittels Lean-Management-Ansätzen hinsichtlich Zeit- und Ressourcenplanung, Wochenplanung und Bauablaufstörungen in einem Bauunternehmen und welche Optimierungspotentiale bestehen?
5. Was sind die wesentlichen Unterschiede der jeweiligen Vorgehensweisen in einem Bauunternehmen?
6. Wie kann ein gemeinsamer Abwicklungsprozess gestaltet werden, in dem konventionelle Ansätze und Lean-Management-Ansätze zusammengeführt werden?

1.3.3 Forschungsabgrenzung

Diese Arbeit soll die Vorgehensweise bei der Vorbereitung und Abwicklung von Bauprojekten aufzeigen. Diese Vorgehensweise wird hinsichtlich konventioneller und Lean-Management-Ansätze differenziert. Dabei werden vorwiegend die Bereiche Zeit- und Ressourcenplanung sowie Wochenplanung untersucht. Zudem werden die Identifizierung von und der Umgang mit gestörten Bauabläufen untersucht. Eine rechtliche und wirtschaftliche Betrachtung von Bauablaufstörungen wird in dieser Arbeit nicht verfolgt, da dies den Umfang dieser Arbeit übersteigen würde.

In weiterer Folge werden die Prozessabläufe zur jeweiligen Vorgehensweise in Teams Zeit- und Ressourcenplanung sowie Lean Management der PORR Design & Engineering GmbH erhoben, optimiert und visualisiert. Allgemein variiert die Abwicklung von Bauprojekten infolge wechselnder

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU WIEN Bibliothek Your knowledge hub

Randbedingung im Einzelnen. Daher werden die Prozessabläufe aufgrund ihrer Komplexität allgemein gehalten und auf relevante Prozessschritte und Schnittstellen beschränkt. Eine detaillierte Beschreibung einzelner Prozessschritte (Schritt für Schritt Anleitung) wird in dieser Arbeit nicht verfolgt. Der Fokus dieser Arbeit liegt auf der Abwicklung von Hochbauprojekten (z. B. Wohn- und Bürogebäude). Diese Bauwerke werden vorwiegend aus Stahlbeton hergestellt. Die Beauftragung von Leistungen (intern) und deren Verrechnung wird in dieser Arbeit nicht berücksichtigt.

Abschließend wird für die PORR Design & Engineering GmbH ein Abwicklungsprozess entwickelt, der sowohl konventionelle als auch Lean-Management-Ansätze integriert. Hierbei werden primär die Vorgehensweisen der Teams Zeit- und Ressourcenplanung sowie Lean Management integriert und deren Schnittstellen definiert.

1.4 Aufbau der Arbeit

Diese Arbeit widmet sich in Kapitel 2 der konventionellen Zeit- und Ressourcenplanung. Hierbei werden, basierend auf einer umfangreichen Literaturrecherche, Grundlagen und Vorgehensweisen zu Termin- und Ablaufplanung sowie Ressourcen- und Wochenplanung vorgestellt. Weiterhin werden Bauablaufstörungen, deren Ursachen in der Zeit- und Ressourcenplanung liegen, sowie geeignete Gegensteuerungsmaßnahmen beschrieben.

In Kapitel 3 werden auf Grundlage von Fachgesprächen aktuelle und optimierte Prozessabläufe in einem Bauunternehmen zu Termin-, Ablauf- und Ressourcenplanung erhoben und mit BPMN 2.0 visualisiert. Für ein besseres Verständnis der Prozessdarstellung wird vorab die Notation BPMN 2.0 beschrieben. Des Weiteren werden zur Wochenplanung und dem Umgang von Bauablaufstörungen Ist-Zustände und mögliche Optimierungspotentiale aufgezeigt.

Anschließend wird im Kapitel 4 auf die historische Entwicklung des Lean Managements eingegangen. Speziell wird auf die Adaption, die in der stationären Industrie entstandenen Lean-Management-Ansätze sowie deren Werkzeuge und Methoden auf den Baubereich, eingegangen. Weiterhin wird die Vorgehensweise der aktuellen Literatur in den Punkten Ressourcenplanung, Wochenplanung und Bauablaufstörungen beschrieben.

Kapitel 5 behandelt die aktuellen Prozessabläufe in einem Bauunternehmen hinsichtlich Termin-, Ablauf-, Ressourcen- und Wochenplanung mittels Lean-Management-Ansätzen. Diese Beschreibungen basieren auf Fachgesprächen. Außerdem werden mögliche Optimierungspotentiale der Prozesse beschrieben, welche diese Prozesse gegenwärtig aufweisen.

In Kapitel 6 werden wesentliche Unterschiede zwischen konventioneller Vorgehensweise und der Vorgehensweise, bei der Lean-Management-Ansätze verwendet werden, aufgezeigt. Die in Kapitel 3 und 5 erhobenen Prozessabläufe dienen hierzu als Grundlage. Hierbei werden die Bereiche Termin- und Ablaufplanung, Ressourcenplanung, Wochenplanung und Bauablaufstörungen betrachtet. Des Weiteren wird auf Grundlage eines Workshops mit Experten ein gemeinsamer Prozessablauf für die Herstellung eines Bauwerks, in dem die Stärken beider Vorgehensweisen gebündelt sind, beschrieben und visualisiert. Im letzten Kapitel werden die Erkenntnisse dieser Arbeit zusammengefasst und die gestellten Forschungsfragen beantwortet. Abschließend werden in einem Ausblick mögliche Forschungsbereiche zukünftiger wissenschaftlicher Arbeiten aufgezeigt.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek WIEN Your knowledge hub

Diese Arbeit wurde von zwei Autoren erstellt. Kapitel 1 und 6 wurden von beiden Autoren gemeinsam erarbeitet. Kapitel 2 und 3 wurden von David Pippert und die Kapitel 4 und 5 von Sebastian Steinhofer verfasst. Die Bearbeitung von Kapitel 7 erfolgte ebenfalls durch beide Autoren. Die Beantwortung der Forschungsfragen 1, 3, 6 sowie das Fazit wurden von David Pippert und die Beantwortung der Fragen 2, 4 und 5 von Sebastian Steinhofer verfasst.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU WIEN Bibliothek Your knowledge hub

2 Konventionelle Zeit- und Ressourcenplanung

Im folgenden Kapitel wird eine Einführung in die Grundlagen der konventionellen Zeit- und Ressourcenplanung gegeben. Unter Zeitplanung ist dabei allgemein die Termin- und Ablaufplanung zu verstehen. Im Folgenden werden neben den Inhalten und Vorgehensweisen der Termin- und Ablaufplanung sowie der Ressourcenplanung auch deren Herausforderungen aufgezeigt. Weiterhin werden Nutzen und Vorgehensweise von Wochenprogrammen erläutert. Abschließend werden die Ursachen von Bauablaufstörungen im Zusammenhang mit einer unzureichenden Zeit- und Ressourcenplanung sowie mögliche Gegensteuerungsmaßnahmen beschrieben.

2.1 Termin- und Ablaufplanung

Um ein Bauwerk errichten zu können, ist nach der Definition von Hofstadler[6] die Kombination vieler komplexer Maßnahmen unabdingbar. Diese setzen sich zusammen aus verschiedenartigen und untereinander vernetzten Arbeitsschritten, welche durch unterschiedliche Beteiligte ausgeführt werden. Auch die Eigenschaften der verwendeten Materialien und Stoffe, wie z. B. die Verarbeitbarkeit von Beton, tragen einen wesentlichen Anteil zur Komplexität eines Bauprojekts bei. Weiterhin wird aufgezeigt, dass eine genaue Planung des Bauablaufs und dessen Terminisierung Grundvoraussetzungen für eine wirtschaftliche Errichtung eines Bauwerks sind. Um Wettbewerbsvorteile am Markt erzielen zu können, wird eine maximal mögliche Wirtschaftlichkeit der Projektabwicklung angestrebt. Die Planung des Bauablaufs und dessen Terminisierung sind dabei wesentliche Bestandteile der Arbeitsvorbereitung. Durch eine gelungene Arbeitsvorbereitung wird nach der Beschreibung von Rathswohl[7] ein reibungsloser Bauablauf erzielt. Außerdem sollen im Rahmen der Arbeitsvorbereitung Steuerungsinstrumente (z. B. Terminpläne) bereitgestellt sowie der Ressourceneinsatz so optimiert werden, dass vorgegebene Ziele (z. B. kalkulierte Kosten und Termine) eingehalten werden. Würfele, Bielefeld und Gralla[8] empfehlen, dass im Zuge der Termin- und Ablaufplanung der Prozess für die Erstellung eines Bauwerks unter Berücksichtigung gewisser Randbedingungen (z. B. örtliche Gegebenheiten) und Abhängigkeiten in einzelne Teilschritte gegliedert wird. Diese Teilschritte werden auch als Vorgänge bezeichnet. Die Termin- und Ablaufplanung umfasst u. a. Reihenfolge und Zeitbedarf einzelner Vorgänge. Darauf basierend werden die Vorgänge zur Erstellung eines Terminplans mit Kalenderdaten ergänzt. Derzeit erfolgt die Ausarbeitung von Terminplänen für die Abwicklung von Bauprojekten mittels gängiger Softwareprogramme, wie z. B. MS Project oder Primavera.[9]

Angelehnt an Berner, Kochendörfer und Schach[10] soll die Relevanz der Termin- und Ablaufplanung dargelegt werden. Eine präzise Terminplanung ermöglicht, dass während der Abwicklung eines Bauvorhabens Personal, Geräte, Baustoffe und Nachunternehmer jeweils zur richtigen Zeit, in erforderlicher Menge und am richtigen Ort zur Verfügung stehen. Außerdem ist die Termin-

[6] vgl. C. Hofstadler: *Bauablaufplanung und Logistik im Baubetrieb*, Vorwort, S. 39.

[7] vgl. S. Rathswohl: *CAD-basiertes Expertensystem für die Arbeitsvorbereitung im Bauunternehmen aufbauend auf einem Wissensmanagementsystem*, S. 13 - 18.

[8] vgl. F. Würfele; B. Bielefeld; M. Gralla: *Bauobjektüberwachung – Kosten – Qualitäten – Termine – Organisation – Leistungsinhalt – Rechtsgrundlagen – Haftung – Vergütung*, S. 31.

[9] vgl. F. Berner; B. Kochendörfer; R. Schach: *Grundlagen der Baubetriebslehre 2: Baubetriebsplanung,* S. 27.

[10] vgl. F. Berner.; B. Kochendörfer; R. Schach: *Grundlagen der Baubetriebslehre 2: Baubetriebsplanung*, S. 24 f.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek WIEN Your knowledge hub

und Ablaufplanung aufgrund der gegenseitigen Beeinflussung immer im Zusammenhang mit Kosten und Kapazitäten zu betrachten. Während der Abwicklung eines Bauvorhabens können unvorhergesehene Störungen (z. B. Planlieferungsverzug) auftreten, die eine wirtschaftliche Ausführung ggf. stark beeinflussen. Bei einem vorab geplanten Bauablauf lassen sich die Folgen und die Auswirkungen einer Störung deutlich schneller erkennen. Folglich können diese effizienter beurteilt und frühzeitig Gegenmaßnahmen getroffen und eingeleitet werden. Ergänzend verdeutlicht Girmscheid[11], dass Bauwerke aufgrund ihrer individuellen Konstruktion und Lage vorwiegend Unikatcharakter besitzen. Diese Unikatcharakteristik beeinflusst den Bauproduktionsprozess entscheidend und erfordert für fast jedes Bauvorhaben eine individuelle Termin- und Ablaufplanung. Die Durchführung der Termin- und Ablaufplanung im Rahmen der Arbeitsvorbereitung wird nach der Beschreibung von Hofstadler[12] durch eine geringe Bearbeitungszeit im Verhältnis zur deutlich längeren Planungs- und Ausführungsdauer erschwert. Dies basiert u. a. darauf, dass in der Praxis zunehmend weniger Personal für die Arbeitsvorbereitung zur Verfügung steht, obwohl die Arbeitsvorbereitung die Grundlage für eine erfolgreiche Abwicklung eines Bauvorhabens bildet. Eine geringe Bearbeitungszeit reduziert die Möglichkeit unterschiedliche Varianten (Bauverfahren, Bauabläufe, Ressourceneinsatz, Baustelleneinrichtung etc.) zu planen und miteinander hinsichtlich Zeitbedarf und Wirtschaftlichkeit zu vergleichen. Dies kann sich negativ auf Qualität, Zeitbedarf und Kosten auswirken und kann bei einer Anhäufung von Diskrepanzen sogar den Fortbestand von Baufirmen gefährden. Um dieser Problematik entgegenzuwirken, müsste nach der Auffassung von Hofstadler[13] der Arbeitsvorbereitung zukünftig mehr Zeit gewidmet werden. Davon abgesehen ist es notwendig, Instrumente zur Effektivitätssteigerung der Arbeitsvorbereitung zu schaffen. Solche Instrumente können beispielsweise Computerprogramme sein, in denen Schalungs-, Bewehrungs- und Betonierarbeiten miteinander verknüpft und mit einem Bauzeitplanungsprogramm vernetzt werden können. Außerdem ist die frühzeitige Einbindung von Personen, die für die Ausführung verantwortlich sind (z. B. Bauleitung, Poliere etc.) und über ein gewisses Know-how verfügen, hinsichtlich der Bauablaufplanung essenziell.

2.1.1 Elemente der Terminplanung

Eine präzise Terminplanung stellt, wie oben beschrieben, einen wesentlichen Faktor für das Gelingen eines Bauprojekt dar. Ein regulärer Terminplan setzt sich aus den wesentlichen Elementen Vorgang, Sammelvorgang und Meilenstein zusammen.

Vorgang

Bei einem Vorgang handelt es sich nach der Definition von Würfele et al.[14] um ein Ablaufelement, welches eine bestimmte Maßnahme (z. B. Betonieren) beschreibt. Weiterhin definieren Bielefeld

[11] vgl. G. Girmscheid: *Strategisches Bauunternehmensmanagement: Prozessorientiertes integriertes Management für Unternehmen in der Bauwirtschaft*, S. 581.

[12] vgl. C. Hofstadler: *Bauablaufplanung und Logistik im Baubetrieb*, S. 32 ff.

[13] vgl. C. Hofstadler: *Bauablaufplanung und Logistik im Baubetrieb*, S. 37 f.

[14] vgl. F. Würfele; B. Bielefeld; M. Gralla: *Bauobjektüberwachung – Kosten – Qualitäten – Termine – Organisation – Leistungsinhalt – Rechtsgrundlagen – Haftung – Vergütung*, S. 31

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

und Wirths[15], dass solch ein Ablaufelement aus einer Vielzahl von Arbeitsschritten (z. B. Beton mischen, transportieren, verdichten etc.) besteht, die in Ihrer Gesamtheit als Vorgang anzusehen sind.

Sammelvorgang

Um vor allem bei größeren Bauprojekten die Darstellung von Abläufen in einem Terminplan übersichtlich darzustellen, empfehlen Würfele et al.[16], einzelne Vorgänge zu übergeordneten Sammel- bzw. Gruppenvorgängen zusammenzufassen.

Beispielsweise können für eine bessere Übersicht die Einzelvorgänge *Bewehren, Schalen* und *Betonieren* zu einem Sammelvorgang *Stütze betonieren* zusammengefasst werden. Durch das Ein- und Ausblenden der Einzelvorgänge besteht die Möglichkeit, unterschiedliche Detailstufen darzustellen. In Abbildung 2.1 sind die Einzelvorgänge *Schalen, Bewehren* und *Betonieren* und der Sammelvorgang *Stütze betonieren* dargestellt.

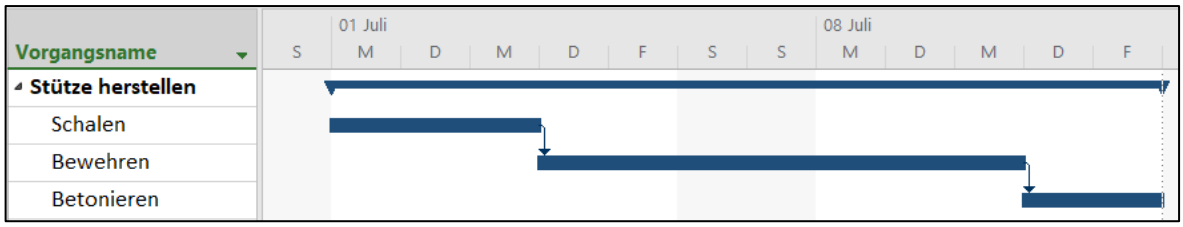


Abbildung 2.1: Darstellung Sammelvorgang

Meilenstein

Felkai und Beiderwieden[17] definieren, dass es sich bei Meilensteinen um Ereignisse handelt, die für den Bauablauf von besonderer Bedeutung sind. Weiters definiert die DIN 69900[18] einen Meilenstein als Schlüsselereignis. Meilensteine stellen hiernach bestimmte Phasenergebnisse dar. Es können jedoch auch Meilensteine innerhalb einer Phase gesetzt werden. Im Terminplan stellen Meilensteine z. B. Termine für Baubeginn, Fertigstellung der Baugrube oder Übergabe an den Auftraggeber dar und werden in Form einer Raute symbolisiert. Sie werden u. a. im Zuge der Projektplanung ermittelt oder vom Auftraggeber vorgegeben (Vertragstermine).

2.1.2 Vorgangsdauer

Die nachfolgende Beschreibung des Begriffs Vorgangsdauer ist angelehnt an die Definition von Drees und Spranz[19]. Allgemein wird die Dauer eines Vorgangs durch die Fertigungsmenge und die

[15] vgl. B. Bielefeld; M. Wirths: *Entwicklung und Durchführung von Bauprojekten im Bestand: Analyse – Planung – Ausführung,* S. 261.
[16] vgl. F. Würfele; B. Bielefeld; M. Gralla: *Bauobjektüberwachung – Kosten – Qualitäten – Termine – Organisation – Leistungsinhalt – Rechtsgrundlagen – Haftung – Vergütung*, S. 32.
[17] vgl. R. Felkai; A. Beiderwieden: *Analysieren und Formulieren von Projektzielen*, S. 15.
[18] vgl. Deutsches Institut für Normung: *Projektmanagement Netzplantechnik und Projektmanagementsysteme*, Abschnitt Netzplantechnik.
[19] vgl. G. Drees; D. Spranz: *Handbuch der Arbeitsvorbereitung im Bauunternehmen*, 68 ff.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek WIEN Your knowledge hub

verfügbaren Kapazitäten bestimmt. Mittels Aufwandswerten (Zeitaufwand pro Einheit) werden lohnintensive Arbeiten, wie z. B. das Schalen und Bewehren, ermittelt.

$$\text{Gesamtstunden einer Arbeit} = \text{Fertigungsmenge x Aufwandswert} \tag{1}$$

Anschließend ist die Dauer eines Arbeitsablaufes durch Division der verfügbaren Kapazitäten an Arbeitskräften zu bestimmen.

$$\text{Dauer} = \frac{\text{Gesamtstunden einer Arbeit}}{\text{Anzahl der Arbeitskräfte}} \tag{2}$$

Bei der Ermittlung von lohnintensiven Arbeiten ist die Leistungsfähigkeit notwendiger Geräte (z. B. Leistung einer Betonpumpe) zu berücksichtigen. Hingegen wird für geräteintensive Arbeiten, wie z. B. den Erdaushub mit einem Bagger, die Dauer mittels Leistungswerten (Einheit pro Zeit) bestimmt.

$$\text{Dauer} = \frac{\text{Fertigungsmenge}}{\text{Leistungswert}} \tag{3}$$

Durchschnittliche Angaben für Aufwands- und Leistungswerte sind einschlägiger Literatur zu entnehmen (z. B. Hoffmann[20] oder Kattenbusch, Kuhne und Noosten[21]). Ebenso können diese Werte aus vergangenen, vergleichbaren Projekten entnommen bzw. abgeleitet werden. Auch Angaben zu Erfahrungswerten von langjährigen qualifizierten Mitarbeitern dienen der Ermittlung von Dauern. Bei der Ermittlung der Dauern für einen Arbeitsablauf sind die Kapazitäten von Arbeitskräften und Geräten zu berücksichtigen. Aufgrund der gegenseitigen Behinderung nimmt die Produktivität bei einer überbesetzen Arbeitskolonne ab. Hingegen wird bei einer unterbesetzen Kolonne die Durchführung der Arbeit erheblich erschwert, wodurch sich folglich die Dauer erhöht. Wird die Ausführungszeit von bestimmten Vorgängen (z. B. der Zeitraum für die Herstellung einer Baugrube) vom Auftraggeber vorgegebenen, so sind die Kapazitäten von Arbeitskräften und Geräten unter Berücksichtigung der Produktivität dementsprechend anzupassen.

2.1.3 Abhängigkeiten

Im Zuge der Termin- und Ablaufplanung sind die Vorgänge in einer Reihenfolge zu strukturieren. Grundsätzlich können Vorgänge nacheinander oder parallel ausgeführt werden. Dabei ist es äußerst wichtig die Abhängigkeiten der Vorgänge zu berücksichtigen. Berner et al.[22] zeigen auf, dass die Abhängigkeiten aus technischer, fertigungstechnischer und organisatorischer Sicht zu be-

[20] M. Hoffmann: *Zahlentafeln für den Baubetrieb.*
[21] M. Kattenbusch; V. Kuhne; D. Noosten: *Plümecke – Preisermittlung für Bauarbeiten.*
[22] vgl. F. Berner; B. Kochdörfer; R. Schach: *Grundlagen der Baubetriebslehre 2: Baubetriebsplanung*, S. 47 f.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek WIEN Your knowledge hub

trachten sind. Eine technische Abhängigkeit besteht beispielsweise bei der Herstellung eines Ortbetonteils darin, dass das Betonieren erst nach dem Bewehren und Schalen erfolgen kann. Aus fertigungstechnischer Sicht kann beispielsweise erst nach Ausschalen des vorherigen Deckenabschnitts der nachfolgende Deckenabschnitt eingeschalt werden, wenn nur ein Schalsatz vor Ort zur Verfügung steht. Aus organisatorischer Sicht erfolgt beispielsweise das Herstellen von Brückenpfeilern von einem Ponton (Schwimmkörper) aus, welcher vor Einsatz vorhanden und vorbereitet sein muss.

Zudem ist Drees und Spranz[23] zufolge noch zu differenzieren, bei welchen Vorgängen es sich um Leitvorgänge handelt. Bezugnehmend auf Hofstadler[24] werden solche Vorgänge als Leitvorgänge bezeichnet, die einen wesentlichen Einfluss auf die Gesamtbauzeit haben. Diese Vorgänge liegen am kritischen Weg (siehe Abschnitt 2.1.5) und verlängern die Gesamtbauzeit bei Verzögerungen. Vorgänge, die hinsichtlich ihrer Ausführungszeit keinen Einfluss auf die Gesamtbauzeit haben, werden hingegen als nicht terminbestimmende oder unabhängige Vorgänge bezeichnet. Außerdem empfehlen Berner et al.[25] grundsätzlich eine Berücksichtigung von Pufferzeiten im Terminplan, um beispielsweise Schlechtwetterzeiten sowie unvorhersehbare Ereignisse und Risiken abzudecken.

Anordnungsbeziehungen

Zur Berücksichtigung von Abhängigkeiten werden Anordnungsbeziehungen im Terminplan verwendet. Anordnungsbeziehungen bezeichnen dabei die Abfolge voneinander abhängiger Vorgänge. Die nachfolgende Beschreibung der einzelnen Typen der Anordnungsbeziehungen richtet sich nach der Definition von LINH[26]:

- **Ende-Anfang-Beziehung (Normalfolge):** Erst nach Beendigung eines vorherigen Vorgangs (Vorgänger) kann der nachfolgende Vorgang (Nachfolger) beginnen.
- **Anfang-Anfang-Beziehung (Anfangsfolge):** Der Vorgänger muss gestartet sein, damit der Nachfolger zu jeder Zeit beginnen kann. Die Vorgänge müssen dabei nicht zwingend parallel laufen.
- **Ende-Ende-Beziehung (Endfolge):** Der Nachfolger kann erst abgeschlossen werden, wenn der Vorgänger beendet wurde. Vorgänger und Nachfolger müssen dabei nicht zwingend parallel enden.
- **Anfangs-Ende-Beziehung (Sprungfolge):** Der Nachfolger kann erst abgeschlossen werden, wenn der Vorgänger beginnt.

Die beschriebenen Anordnungsbeziehungen sind in Abbildung 2.2 dargestellt.

[23] vgl. G. Drees; D. Spranz: *Handbuch der Arbeitsvorbereitung im Bauunternehmen*, S. 70 f.
[24] vgl. C. Hofstadler: *Bauablaufplanung und Logistik im Baubetrieb*, S. 278.
[25] vgl. F. Berner; B. Kochdörfer; R. Schach: *Grundlagen der Baubetriebslehre 2: Baubetriebsplanung*, S. 14.
[26] vgl. LINH: *http://www.projektmanagement-definitionen.de/projektmanagement-anordnungsbeziehungen-randbedingungen-und-annahmen-teil-1*, Zugriff am 04.05.2019.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek WIEN Your knowledge hub

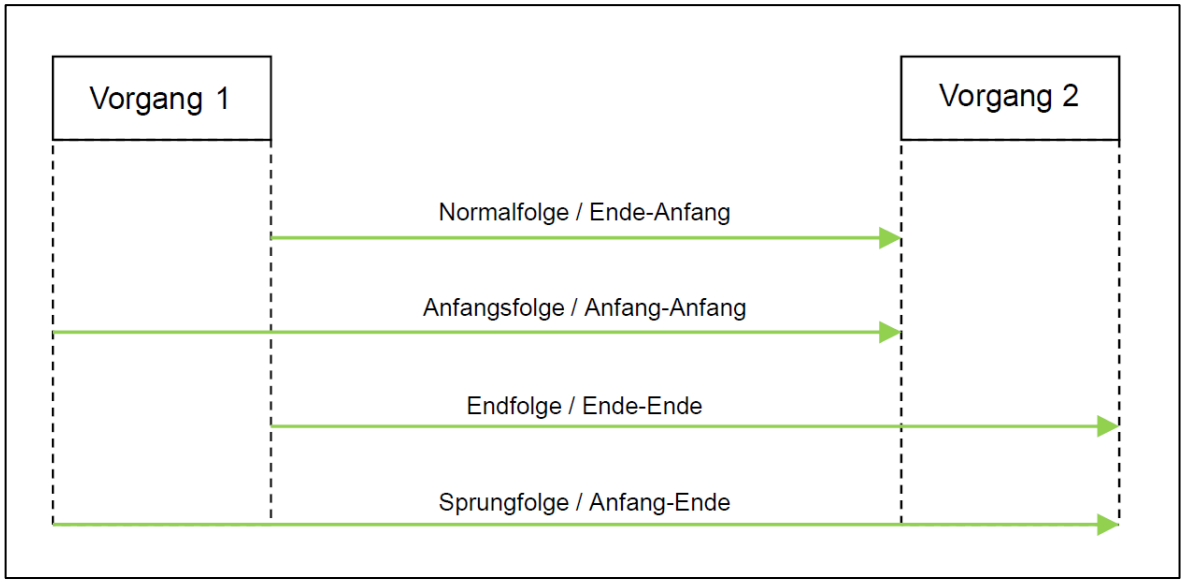


Abbildung 2.2: Schematische Darstellung von Anordnungsbeziehungen[27]

2.1.4 Terminplanarten

Terminpläne beinhalten die zur Fertigstellung eines Bauprojekts notwendigen Ereignisse und Vorgänge. Wie Tabelle 2.1 zu entnehmen, variiert die Darstellung der Ereignisse und Vorgänge je nach Terminplanart hinsichtlich der Detailtiefe. Die nachfolgend beschriebenen Terminplanarten sind zur Übersicht in Abbildung 2.3 dargestellt.

Tabelle 2.1: Detailtiefe von Terminplanarten[28]

	Rahmenterminplan, Grobterminplan	Koordinationstermin-plan	Feinterminplan
Anzahl der Vorgänge	20 bis 100	100 bis 5.000	max. 100
Zeitmaßstab	Quartal/Monat/Woche	Tage	Tage/Stunden

Rahmenterminplan / Meilensteinplan

Stempkowski, Jodl und Kovar[29] beschreiben, dass in einem Rahmentermin- bzw. Meilensteinplan die Meilensteine eines Bauvorhabens (z. B. Fertigstellungstermine) auf Grundlage des Projektziels zusammengefasst und chronologisch dargestellt werden. Hierbei wird das Bauvorhaben über die gesamte Projektdauer betrachtet. Rahmentermin- bzw. Meilensteinpläne werden im Zuge einer Ausschreibung vom Auftraggeber zur Verfügung gestellt und dienen dem Auftragnehmer u. a. als Grundlage für die Angebotsbearbeitung. Grundlagen für die Ermittlung der Dauern sind Greiner,

[27] in Anlehnung an R. Seeling: *Projektsteuerung im Bauwesen*, S. 56.
[28] in Anlehnung an F. Berner; B. Kochendörfer; R. Schach: *Grundlagen der Baubetriebslehre 2: Baubetriebsplanung*, S. 26.
[29] vgl. R. Stempkowski; H. Jodl; A. Kovar: *Projektmarketing im Bauwesen*, S. 86.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

Mayer und Stark[30] zufolge grobe Bezugsgrößen wie u. a. Bruttorauminhalt, Brutto-Grundflächen oder Nutzungsflächen.

Grobterminplan

Ein Grobterminplan wird im Zuge der Angebotsbearbeitung vom Auftragnehmer erstellt. Nach der Definition von Würfele et al.[31] beinhaltet ein Grobterminplan neben den wichtigsten Meilensteinen üblicherweise nur Sammelvorgänge bzw. Gewerkegruppen (z. B. vorbereitende Maßnahmen, Rohbau, Gebäudehülle, Ausbau, Haustechnik und abschließende Maßnahmen) sowie deren Abhängigkeiten. Grundlage für die Dauerberechnung sind dabei u. a. Aufwandswerte aus geeigneten Vergleichsobjekten sowie Literatur.

Generalterminplan

Greiner et al.[32] zufolge gibt ein Generalterminplan einen Überblick über die zeitliche Zuordnung von Teilabschnitten, erforderliche Genehmigungen sowie Entscheidungen. Weiters zählen zum Inhalt u. a. Planungsphasen, Meilensteine, Ausführungsphasen (Bauabschnitte) und andere wesentliche Zeitpunkte (z. B. Inbetriebnahmen).

Steuerungs- und Koordinationsterminplan

Bei einem Steuerungsterminplan handelt es sich nach der Auffassung von Würfele et al.[33] um einen produktionsorientierten Terminplan, welcher vom Auftraggeber für die Ausführung erstellt wird. Entsprechend Berner et al.[34] ist im Bauwesen auch oft vom Vertragsterminplan die Rede, da dieser die Vertragstermine beinhaltet. Auf Auftragnehmerseite dienen sie im Allgemeinen der Koordination sowie Steuerung des Bauablaufs und werden i. d. R. als Koordinationspläne bezeichnet. Ziel eines Steuerungsterminplans ist es, allen Beteiligten eine vorausschauende Kapazitätsplanung zu ermöglichen.

Detail-/Feinterminplan

Angelehnt an Greiner et al.[35] basieren Detail- oder Feinterminpläne auf den oben beschriebenen Steuerungs- bzw. Koordinationsterminplänen. Außerdem definieren sie, dass es sich auch hier um produktionsorientierte Terminpläne handelt. Weiterhin wird mit Detail- bzw. Feinterminplänen das wöchentliche Ausführungsprogramm mit Terminvorgaben für die einzelnen Arbeitsvorgänge dargestellt. Darüber hinaus dienen sie allgemein als Grundlage für die Steuerung und Kontrolle

[30] vgl. P. Greiner; P. Mayer; K. Stark: *Baubetriebslehre – Projektmanagement*, S. 121.

[31] vgl. F. Würfele; B. Bielefeld; M. Gralla: *Bauobjektüberwachung – Kosten – Qualitäten – Termine – Organisation – Leistungsinhalt – Rechtsgrundlagen – Haftung – Vergütung*, S. 35.

[32] vgl. P. Greiner; P. Mayer; K. Stark: *Baubetriebslehre – Projektmanagement*, S. 122 f.

[33] vgl. F. Würfele; B. Bielefeld; M. Gralla: *Bauobjektüberwachung – Kosten – Qualitäten – Termine – Organisation – Leistungsinhalt – Rechtsgrundlagen – Haftung – Vergütung*, S. 34.

[34] vgl. F. Berner; B. Kochendörfer; R. Schach: *Grundlagen* der *Baubetriebslehre 2: Baubetriebsplanung*, S. 25.

[35] vgl. P. Greiner; P. Mayer; K. Stark: *Baubetriebslehre – Projektmanagement*, S. 126 f.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek WIEN Your knowledge hub

(z. B. Soll-Ist-Vergleich) des Bauablaufs. Die Dauerberechnung erfolgt unter Zuhilfenahme von Aufwands- und Leistungswerten (Literaturwerte, Erfahrungswerte, Schätzungen).

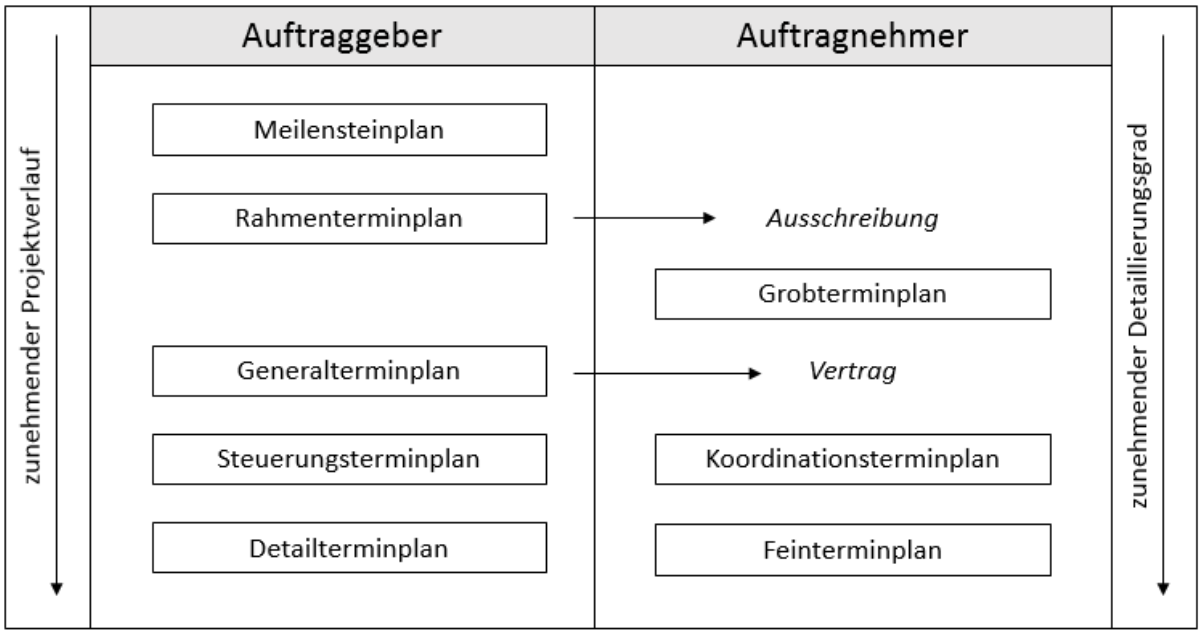


Abbildung 2.3: Zuordnung typischer Begrifflichkeiten zu Terminplanarten über den Projektverlauf[36]

2.1.5 Darstellungsarten

Die Ergebnisse der Termin- und Ablaufplanung können mit verschiedenen Darstellungsarten den zuständigen oder beauftragten Mitarbeitern veranschaulicht werden. Abhängig von Art, Umfang und Komplexität stehen unterschiedliche Methoden zur Verfügung. Im Rahmen dieser Arbeit werden nur die für Hochbauten gebräuchlichsten Methoden behandelt.

Terminliste

Eine Terminliste beinhaltet nach der Definition von Bauer[37] u. a. Dauer, Beginn und Ende von Vorgängen oder Vorgangsgruppen sowie relevante Ressourcen (z. B. Arbeitskräfte, Geräte). Dabei werden die Vorgänge in der Reihenfolge ihres Ablaufs aufgelistet. Allgemein kommen Terminlisten bei einfach und wenig strukturierten Bauvorhaben zum Einsatz, aber auch für das Festlegen von Lieferterminen und kurzfristigen Terminvorgaben der Feinplanung von Bauabläufen. Die Abhängigkeiten der einzelnen Vorgänge sind bei Terminlisten nicht erkennbar. In Tabelle 2.2 ist eine einfache Terminliste für Ausbauarbeiten dargestellt. Diese beinhaltet neben der Vorgangsnummer und -beschreibung die Dauer sowie Beginn und Ende. Optional können die Anzahl der Arbeitskräfte und Geräte aufgelistet werden.

[36] in Anlehnung an F. Berner; B. Kochendörfer; R. Schach: *Grundlagen der Baubetriebslehre 2: Baubetriebsplanung*, S. 26.
[37] vgl. H. Bauer: *Baubetrieb*, S. 616.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

Tabelle 2.2: Terminliste für Ausbauarbeiten[38]

Nr.	Beschreibung	Dauer [Wochen]	Beginn	Ende	Arbeits-kräfte	Geräte
1	Zimmerarbeiten	2	01.07.19	12.07.19		
2	Dachdecker	3	15.07.19	02.08.19		
3	Haustechnik – Grobmontage	5	22.07.19	22.08.19		
4	Fenster – Verglasung	3	12.08.19	30.08.19		
5	Stahlzargen montieren	2	02.09.19	13.09.19		
6	Putzarbeiten	3	16.09.19	04.10.19		
7	Fliesenarbeiten	2	14.10.19	25.10.19		
8	Estricharbeiten	2	28.10.10	08.11.19		
9	Kunststeinarbeiten	2	11.11.19	22.11.19		

Balkenplan

Vitale[39] zeigt auf, dass Balkenpläne aufgrund der grundsätzlich guten Übersichtlichkeit am häufigsten für die Darstellung von Bauabläufen verwendet werden. Die einzelnen Vorgänge und Ereignisse werden in beliebigem Feinheitsgrad senkrecht in ihrer Reihenfolge aufgelistet, wie in Abbildung 2.4 dargestellt. Die Vorgangsdauer wird monats-, wochen-, tage- oder stundengenau in Form eines horizontalen Balkens aufgetragen. In zusätzlichen Spalten können nach Bedarf errechnete oder vorgegebene Anfangs- und Endtermine sowie zugehörige Ressourcen (z. B. Arbeitskräfte oder Geräte) dargestellt werden. Bei Balkenplänen können logische Zusammenhänge und Verknüpfungen nur bedingt dargestellt werden. Jedoch können Balkenpläne bei zahlreichen Abhängigkeiten zunehmend unübersichtlich werden.

Netzplan

Bei einem Netzplan handelt es sich um eine grafische und tabellarische Darstellung eines Ablaufes. Dabei werden planbare Tätigkeiten als Knoten und deren Abhängigkeiten als Pfeile dargestellt, wie in Abbildung 2.5 ersichtlich. Vorweg werden die Vorgänge in einen plausiblen Zusammenhang und folglich in einen zeitlichen Bezug gesetzt. Hierbei wird die Vorwärts- und Rückwärtsrechnung angewandt. Bei der Vorwärtsrechnung wird mit dem frühesten Anfang und Ende gerechnet. Hingegen werden bei der Rückwärtsrechnung das späteste Ende und Anfang ermittelt. Somit können Pufferzeiten ermittelt werden. Hierbei ist zwischen dem totalen bzw. Gesamtpuffer und dem freien Puffer zu unterscheiden. Bauer[40] definiert den totalen Puffer als ein Maß für die Zeitreserve von Vorgängen bezogen auf die Gesamtausführungsdauer. Dieser beschreibt die Zeitdifferenz zwischen dem frühesten und spätesten Endzeitpunkt eines Vorgangs. Der freie Puffer

[38] in Anlehnung an H. Bauer: *Baubetrieb*, S. 606.
[39] vgl. S. Vitale: *Auswirkungen von Störungen im Bauablauf auf das Ergebnis der Baustelle*, S. 33.
[40] vgl. H. Bauer: Baubetrieb, S. 617 f.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

beschreibt hingegen die Zeitreserve, um die ein Vorgang verschoben werden kann, ohne den frühesten Anfangszeitpunkt des Nachfolgers zu beeinflussen. Ergänzend zeigt Zimmermann[41] auf, dass Vorgänge als kritisch bezeichnet werden, wenn ihre frühesten und spätesten Anfangs- und Endzeitpunkte identisch sind und somit kein Puffer vorhanden ist. Eine zeitliche Änderung solcher Vorgänge wirkt sich unmittelbar auf den Endtermin aus. Aneinandergereiht ergeben die kritischen Vorgänge den kritischen Weg. Nach der Beschreibung Vitales[42] können somit die Abhängigkeiten und die daraus resultierende Reihenfolge der Vorgänge eindeutig dargestellt werden. Dies ist besonders bei komplexen und störungsanfälligen Bauprojekten hilfreich.

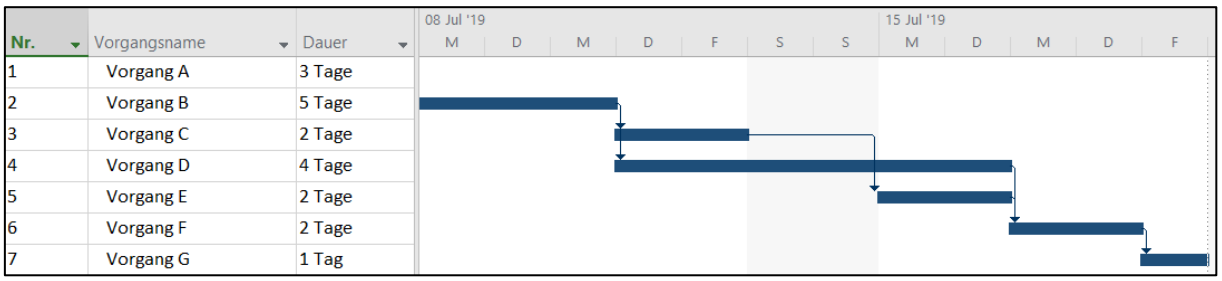


Abbildung 2.4: Darstellung als Balkenplan

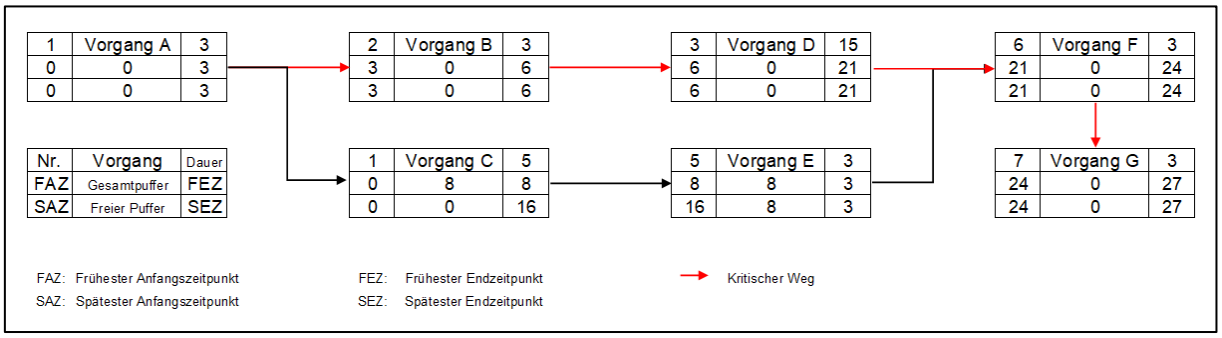


Abbildung 2.5: Darstellung des Ablaufs sowie des kritischen Weges in einem Netzplan[43]

Bauphasenplan

Nach der Definition von Bauer[44] werden bei schwierigen und komplizierten Bauabläufen Bauphasenpläne zur Darstellung einzelner Bauphasen eingesetzt. Bauphasenpläne ergänzen andere Bauzeitplandarstellungen und stellen nur wichtige Bauzustände zu bestimmten Ausführungsabschnitten (z. B. für Baugrubenarbeiten) dar. Dabei geht eine zeitliche Abfolge aus Bauphasenplänen nicht hervor. In Abbildung 2.6 sind einzelne Bauphasen einer Tiefbaumaßnahme dargestellt.

[41] vgl. J. Zimmermann: *Prozessorientierter Nachweis der Kausalität zwischen Ursache und Wirkung bei Bauablaufstörungen*, S. 53.
[42] vgl. S. Vitale: *Auswirkungen von Störungen im Bauablauf auf das Ergebnis der Baustelle*, S. 33.
[43] in Anlehnung an M. Elling: *https://projektmanagement24.de/kritischer-pfad-im-netzplan-wie-sie-den-kritischen-pfad-im-projektmanagement-ermitteln*, Zugriff am 04.05.2019.
[44] vgl. H. Bauer: *Baubetrieb*, S. 626.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek WIEN Your knowledge hub

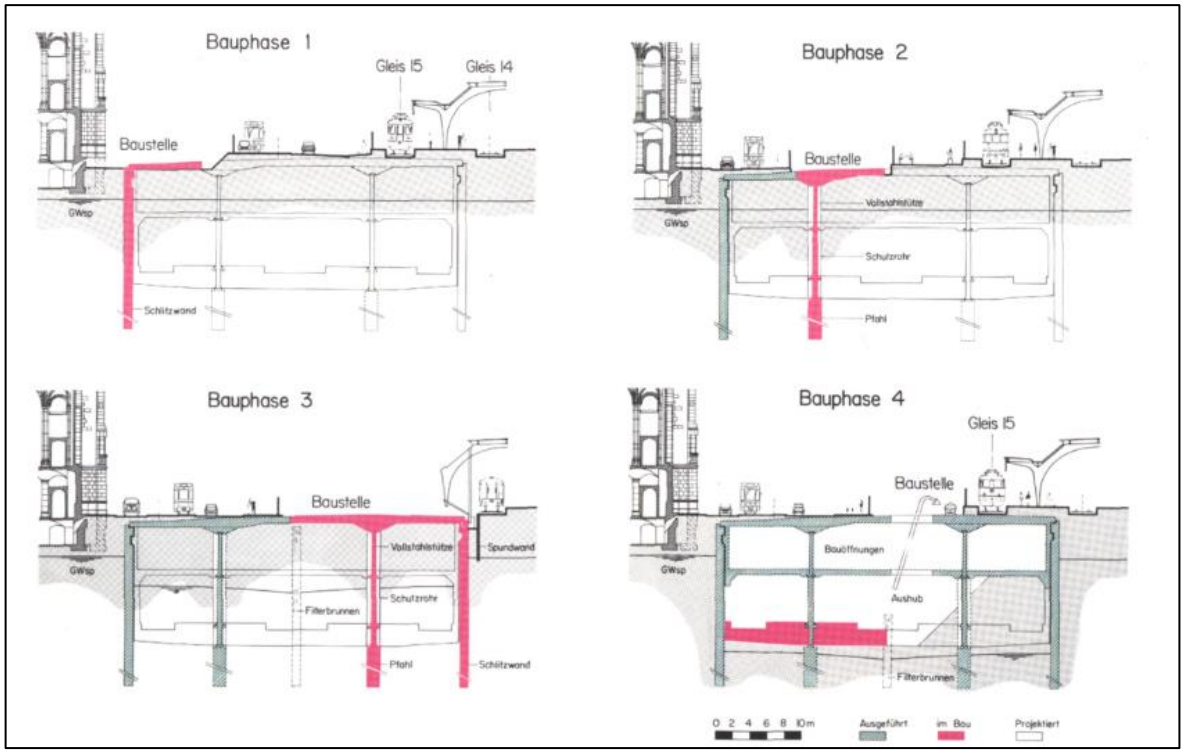


Abbildung 2.6: Bauphasenplan einer Tiefbaumaßnahme[45]

2.1.6 Zusammenfassung

Als wesentlicher Bestandteil der Arbeitsvorbereitung zielt die Termin- und Ablaufplanung auf einen reibungslosen Bauablauf ab. Dabei werden die einzelnen erforderlichen Arbeitsschritte für die Herstellung eines Bauwerks ermittelt und terminisiert. Die Zeitpunkte und Orte, an denen bestimmte Ressourcenanzahlen (Arbeitskräfte, Gerätschaften, Baustoffe etc.) zur Verfügung stehen müssen, sind hierbei von zentraler Bedeutung. Mittels der Termin- und Ablaufplanung soll die schnellste und wirtschaftlichste Herstellungsvariante ermittelt werden. Dafür sind Reihenfolge und Zeitbedarf einzelner erforderlicher Arbeitsschritte (Vorgänge) zu ermitteln. Anschließend kann unter Berücksichtigung derer Abhängigkeiten die Gesamtdauer bestimmt werden. Die Ergebnisse werden abhängig von Projektphase und Detaillierungsgrad in verschiedenen Terminplanarten dargestellt. Aufgrund der Unikatcharakteristik sind für Bauwerke individuelle Termin- und Ablaufplanungen erforderlich. Außerdem besteht die Problematik, dass in der Arbeitsvorbereitung allgemein zu wenig Bearbeitungszeit zur Verfügung steht, obwohl die Arbeitsvorbereitung einen entscheidenden Anteil zur erfolgreichen Herstellung von Bauwerken trägt.

2.2 Phasen der Ablaufplanung

Ziel der Bauablaufplanung ist Bauer[46] zufolge die Ermittlung und Darstellung des wirtschaftlichsten Weges zur Herstellung von Bauwerken unter gegebenen Bedingungen. Bei der Planung des

[45] R. Fechtig; M. Glättli: *Projektierung und Bau der S-Bahn*, S. 196.
[46] vgl. H. Bauer: *Baubetrieb*, S. 532.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

Bauablaufs ist grundsätzlich zu beachten, dass der Genauigkeitsgrad mit dem Abstand vom Planungszeitpunkt abnimmt.

Nach Drees und Spranz[47] sowie Hofstadler[48] bewährt es sich, die Vorgehensweise der Ablaufplanung in drei Abschnitte zu unterteilen:

„1. *Analyse des Bauablaufs und Aufstellen des Grobablaufplans, der sich auf die wichtigsten Bauabschnitte bezieht und hierfür Rahmentermine festlegt.*

2. *Aufstellen des Feinterminplans, der die einzelnen Arbeitsabschnitte näher detailliert.*

3. *Kontrolle des Bauablaufs und Anpassung der Änderungen an den Grobablaufplan*“[49]

Abbildung 2.7 verdeutlicht den zunehmenden Detaillierungsgrad von der Grob- zur Feinplanung am Beispiel von Rohbauarbeiten.

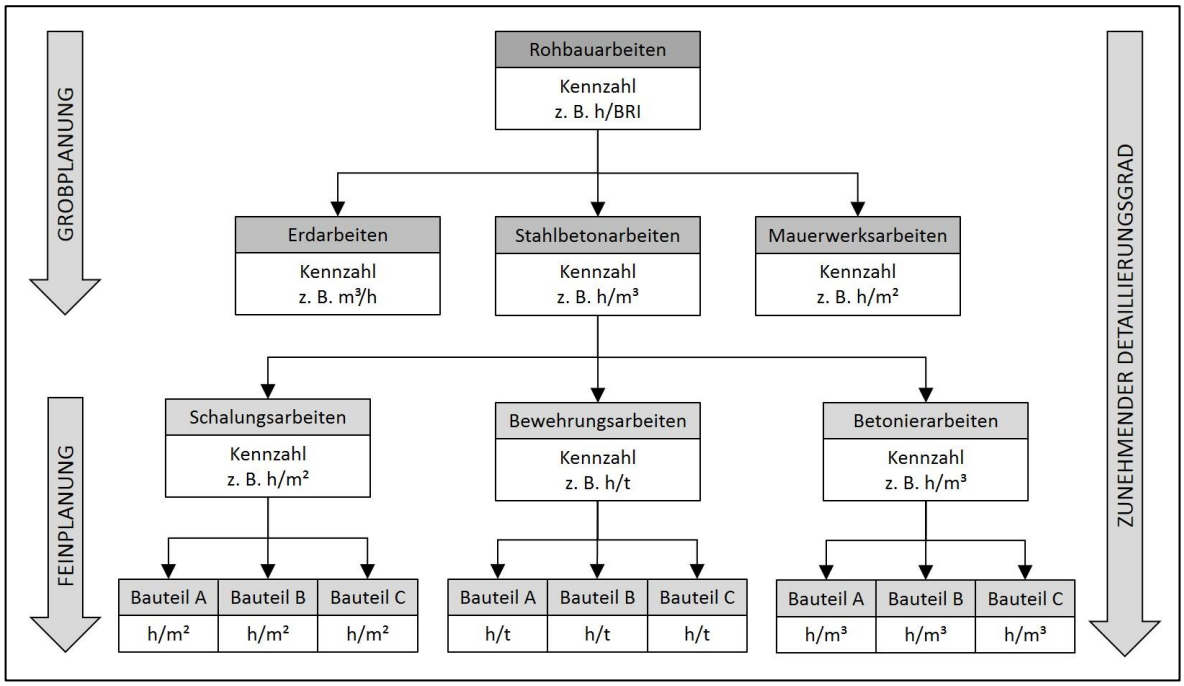


Abbildung 2.7: Detailtiefen in der Grob- und Feinplanung für Rohbauarbeiten[50]

Hofstadler[51] differenziert im Folgenden die Begriffe Grob- und Feinplanung. Eine Grobplanung wird primär in der Angebotsphase und zu Beginn der Arbeitsvorbereitung durchgeführt. Für den Auftraggeber dient die Grobplanung im Zuge der Ausschreibung u. a. als Grundlage für die Erstellung eines Rahmenterminplans bzw. einer Kostenschätzung. Dem Auftragnehmer hingegen dient die an den Ausschreibungsunterlagen orientierte Grobplanung als Grundlage für die Erstellung der Angebotskalkulation. Nach Erhalt eines Auftrags für die Projektumsetzung wird eine deutlich

[47] G. Drees; D. Spranz: *Handbuch der Arbeitsvorbereitung im Bauunternehmen.*
[48] C. Hofstadler: *Bauablaufplanung und Logistik im Baubetrieb.*
[49] G. Drees; D. Spranz: *Handbuch der Arbeitsvorbereitung im Bauunternehmen.* S.83.
[50] in Anlehnung an C. Hofstadler: *Bauablaufplanung und Logistik im Baubetrieb*, S. 8.
[51] vgl. C. Hofstadler: *Bauablaufplanung und Logistik im Baubetrieb*, S. 48

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

detaillierte Feinplanung vom Auftragnehmer in der Arbeitsvorbereitung für die Steuerung der Bauausführung durchgeführt.

2.2.1 Grobplanung

Ohne auf einzelne Arbeitsvorgänge einzugehen, zeigt die Grobplanung die wichtigsten Fertigungsabschnitte auf (z. B. Erdarbeiten, Stahlbetonarbeiten und Mauerwerksarbeiten). Die Grobplanung bezieht sich auf die gesamte Bauzeit und dient zusätzlich als langfristiges Steuerungsinstrument für den Bauablauf. Die nachfolgende Beschreibung einer allgemeinen Vorgehensweise erfolgt in Anlehnung an das Werk *Bauablaufplanung und Logistik im Baubetrieb* von Hofstadler[52]. Dabei wird die Vorgehensweise der Grobplanung sehr allgemein gehalten, da Abläufe, Rahmenbedingungen sowie Bearbeitungstiefen je nach Bauprojekt stark variieren können (Unikatcharakter). In Abbildung 2.8 ist ein möglicher Ablauf der Grobplanung schematisch dargestellt. Die einzelnen Ablaufschritte der Grobplanung werden im Folgenden näher beschrieben:

1) **Projektunterlagen**

   Zu Beginn werden die zur Verfügung stehenden Projektunterlagen (Ausschreibungsunterlagen) betrachtet. Auf Grundlage der Ausschreibungsunterlagen (z. B. Pläne, Leistungsverzeichnis, sonstige Vertragsbestimmungen) werden wesentliche Bauwerks- und Baustellenbedingungen sowie Bedingungen des Baugrundes hinsichtlich Kosten- und Zeitaufwandes analysiert.

2) **Projektstrukturierung**

   Im Zuge der Angebotsbearbeitung sowie der Arbeitsvorbereitung wird das Bauvorhaben im nächsten Schritt hinsichtlich vertraglich vorgegebener Anfangs-, Zwischen- und Endtermine (Meilensteine) in verschiedene Bauteile, Leistungsgruppen und Bauabschnitte untergliedert.

3) **Mengenermittlung**

   Nach Abschluss der Projektstrukturierung erfolgt die Mengenermittlung. Oft sind während der Grobplanung nur wenige Angaben bekannt, wie z. B. Bruttorauminhalt oder Bruttogeschossfläche (BGF). Für eine grobe Mengenermittlung der Hauptbaustoffe werden Baustoffkennzahlen verwendet (z. B. Schalungsgrad oder Bewehrungsgrad). Bei den Baustoffkennzahlen handelt es sich i. d. R. um Erfahrungswerte aus früheren oder fremden Projektaufzeichnungen. Mittels Schalungs- und Bewehrungsgraden können erste Aussagen über Ausführungszeit und Kapazitätsbedarf getroffen werden.

4) **Grobe Verfahrenswahl**

   Da während der Angebotsphase noch ungewiss ist, ob das Bauunternehmen den Auftrag erhält, werden Bauablauf und Bauverfahren i. d. R. nur unscharf geplant. Auf Basis der Analyse der zum Zeitpunkt verfügbaren Unterlagen sind jedoch ungeeignete Bauverfahren auszuschließen.

[52] vgl. C. Hofstadler: *Bauablaufplanung und Logistik im Baubetrieb*, S. 51-67.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

5) Gesamtdauer

Die Gesamtdauer wird unter Berücksichtigung von Mengen sowie Aufwands- und Leistungswerten ermittelt. Die Menge der zur Verfügung stehenden Ressourcen und die tägliche Arbeitszeit beeinflussen die Gesamtdauer. Mittels Kennzahlen und statistischer Verfahren werden hauptsächlich Menge, Dauer und Kosten bestimmt. Kennzahlen für die Ermittlung des erforderlichen Personals für Rohbauarbeiten können (*Arbeitsstunden/m³ BRI*), (*BRI/Zeiteinheit und Arbeitskraft*) oder (*Umsatz in €/Monat und Arbeitskraft*) sein. Statistische Verfahren sind aufgrund ihrer Komplexität nicht Teil dieser Arbeit.

Gesamt-Aufwands- und Leistungswerte

Der Gesamt-Aufwandswert beschreibt die Arbeitsintensität von bestimmten Arbeiten an einem Bauwerk oder dessen Bauteilen und bildet die Basis für die Leistungsberechnung. Beispielsweise gibt der Gesamt-Aufwandswert für Stahlbetonarbeiten den Aufwand an Lohnstunden je Kubikmeter Beton an. Die Berücksichtigung logistischer Randbedingungen und maximaler Personal- sowie Gerätekapazitäten bezogen auf den zur Verfügung stehenden Arbeitsraum ist für realisierbare Ergebnisse essenziell. Im Gegensatz zur Feinplanung unterliegen die Richtwerte für Aufwands- und Leistungswerte in der Grobplanung einer größeren Schwankungsbreite. Diese Schwankungsbreite entsteht aufgrund der unscharfen Kenntnisse der Bauwerks- und Baustellenbedingungen in der Angebotsphase sowie der beschränkten Übertragbarkeit von Erfahrungs- und Literaturwerten. Hofstadler[53] verweist für die Ermittlung von Gesamt-Aufwandswerten auf diverse Formeln und Interaktionsdiagramme.

Erforderliche Ressourcen

Aus vorgegebener Bauzeit und Produktionsmenge wird der Ressourcenbedarf an Personal, Geräten und Material abgeleitet. Durch ein Maximum an einsetzbaren Ressourcen kann die kürzest mögliche Ausführungszeit ermittelt werden. Im Rahmen der Grob- und Feinplanung können die Dauern in Abhängigkeit der Ressourcen über Interaktionsdiagramme bestimmt werden.

6) Logistik und Baustelleneinrichtung

Abschließend sind Überlegungen für Baustelleneinrichtung sowie Beschaffungs-, Produktions- und Entsorgungslogistik zu treffen. Hierbei sollen Grenzen und Möglichkeiten des Ressourceneinsatzes herausgearbeitet werden. Beispielsweise kann trotz beengter Platzverhältnisse die erforderliche Krananzahl erreicht werden, wenn Krane mit Wippauslegern statt Laufkatzauslegern eingesetzt werden. An dieser Stelle wird auf vertiefende Literatur verwiesen: Berner et al.[54], Bauer[55] sowie Schach und Otto[56]. Bei Widersprüchen oder Unstimmigkeiten in der Durchführbarkeit ist die Grobplanung in der jeweiligen Stufe hinsichtlich Leistung und Kapazität anzupassen.

---

[53] C. Hofstadler: *Bauablaufplanung und Logistik im Baubetrieb.*
[54] F. Berner; B. Kochdörfer; R. Schach: *Grundlagen der Baubetriebslehre 2: Baubetriebsplanung.*
[55] H. Bauer. *Baubetrieb.*
[56] R. Schach; J, Otto: *Baustelleneinrichtung.*

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

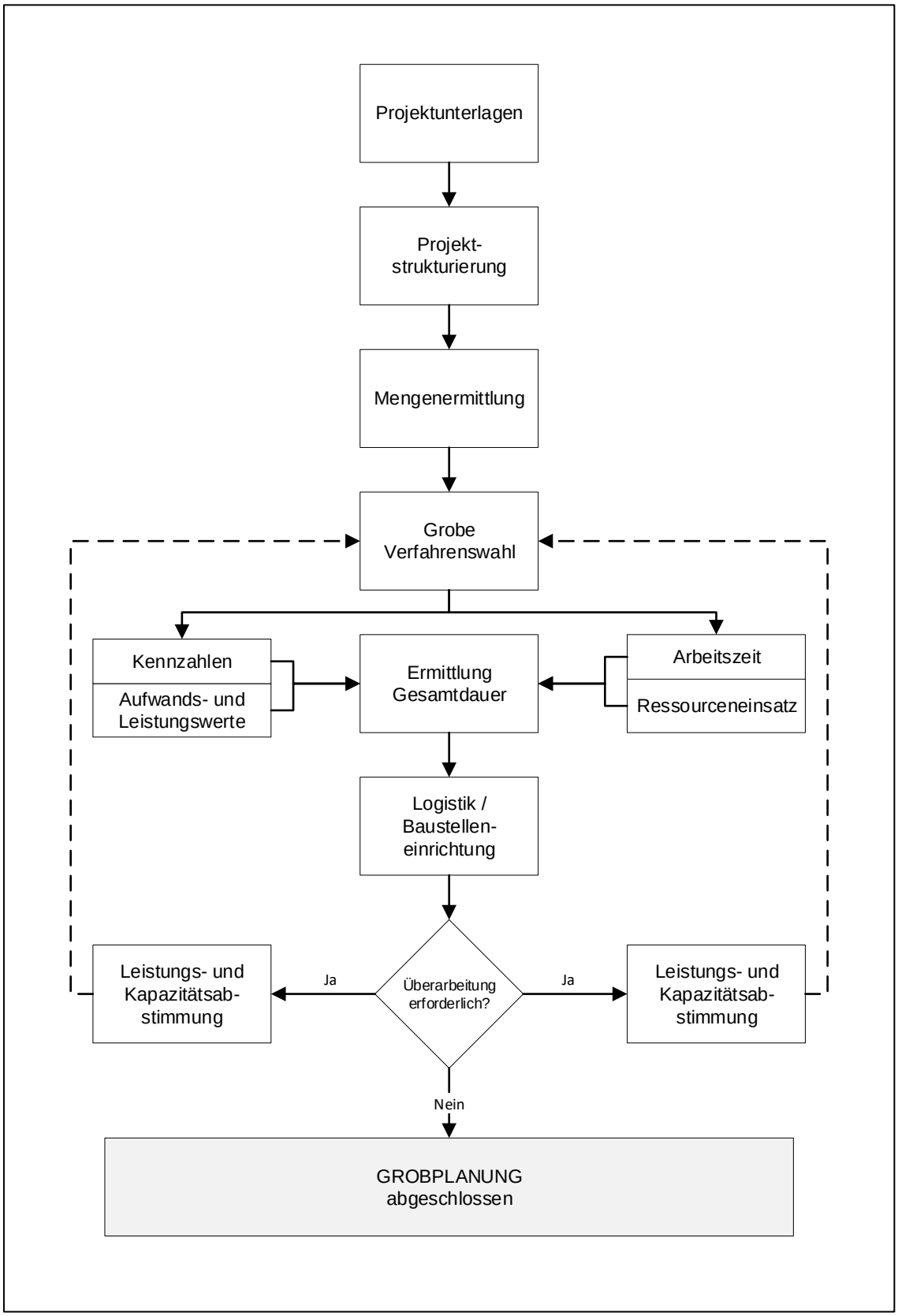


Abbildung 2.8: Ablaufschema der Grobplanung[57]

[57] in Anlehnung an C. Hofstadler: *Bauablaufplanung und Logistik im Baubetrieb*, S. 49.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek WIEN Your knowledge hub

2.2.2 Feinplanung

Nachdem ein Bauunternehmen einen Auftrag für die Umsetzung eines Bauprojekts erhalten hat, ist Hofstadler[58] zufolge im Zuge der Arbeitsvorbereitung eine detaillierte Feinplanung durchzuführen, wobei die Ergebnisse der Grobplanung als Grundlage herangezogen werden. Im Gegensatz zur Grobplanung werden bei der Feinplanung einzelne Ausführungsabschnitte bezüglich der Vorgehensweise und des Zeitbedarfs betrachtet.

Die nachfolgende Beschreibung einer allgemeinen Vorgehensweise erfolgt in Anlehnung an das Werk *Bauablaufplanung und Logistik im Baubetrieb* von Hofstadler[59]. Wie auch bei der Grobplanung ist in der Feinplanung die Vorgehensweise sehr allgemein gehalten, da der Ablauf, die Rahmenbedingungen sowie die Bearbeitungstiefen der Arbeitsvorbereitung je nach Bauprojekt erheblich variieren können.

In Abbildung 2.12 ist ein möglicher Ablauf der Feinplanung schematisch dargestellt. Die einzelnen Ablaufschritte der Feinplanung werden im Folgenden näher beschrieben:

1) **Projektunterlagen**

   Zu Beginn der Feinplanung ist die Analyse der Projekt- bzw. Vertragsunterlagen (z. B. Pläne, Leistungsverzeichnis, sonstige Vertragsbestimmungen) durchzuführen. Dabei sind die Erkenntnisse mit den Ergebnissen aus der vorherigen Grobplanung zu vergleichen. Auf Grundlage der Vertragsanalyse und unternehmensinternen Vorgaben (z. B. bevorzugte Bauverfahren oder Geräte- bzw. Personalverfügbarkeit) wird die Arbeitsvorbereitung durchgeführt. Vor allem im Hochbau ist dabei eine rechtzeitige Übergabe der Schalungs- und Bewehrungspläne für Betonarbeiten essenziell.

2) **Projektstrukturierung**

   Weiterhin ist die Projektstrukturierung aus der Grobplanung zu überprüfen, mit den Vertragsunterlagen abzugleichen und detaillierter aufzugliedern bzw. zu strukturieren. Rohbaubauarbeiten werden in der Grobplanung beispielsweise nur bis zur Detailtiefe einzelner Geschossebenen strukturiert. Bei der Feinplanung hingegen wird diese noch grobe Strukturierung in detailliertere Bauteile (z. B. Bodenplatte, Wände, Stützen, Decken) untergliedert.

3) **Einteilung in Ablaufabschnitte**

   Um den Bauablauf strukturiert planen und steuern zu können, ist nach Hofstadler[60] eine Zerlegung des Arbeitsablaufs in Ablaufabschnitte erforderlich. Hierbei ist die Gliederungstiefe bis zur Gliederungsstufe Vorgang und Teilvorgang i. d. R. ausreichend. Zur Verdeutlichung ist in Abbildung 2.9 die beispielhafte Unterteilung eines Bauwerks in Ablaufabschnitte dargestellt. Darin werden die Gliederungstiefen der Tätigkeiten für die Herstellung einer Decke aus Ortbeton differenziert.

[58] vgl. C. Hofstadler: *Bauablaufplanung und Logistik im Baubetrieb*, S. 67.
[59] vgl. C. Hofstadler: *Bauablaufplanung und Logistik im Baubetrieb*, S. 69-103.
[60] vgl. C. Hofstadler: *Bauablaufplanung und Logistik im Baubetrieb*, S. 70 ff.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

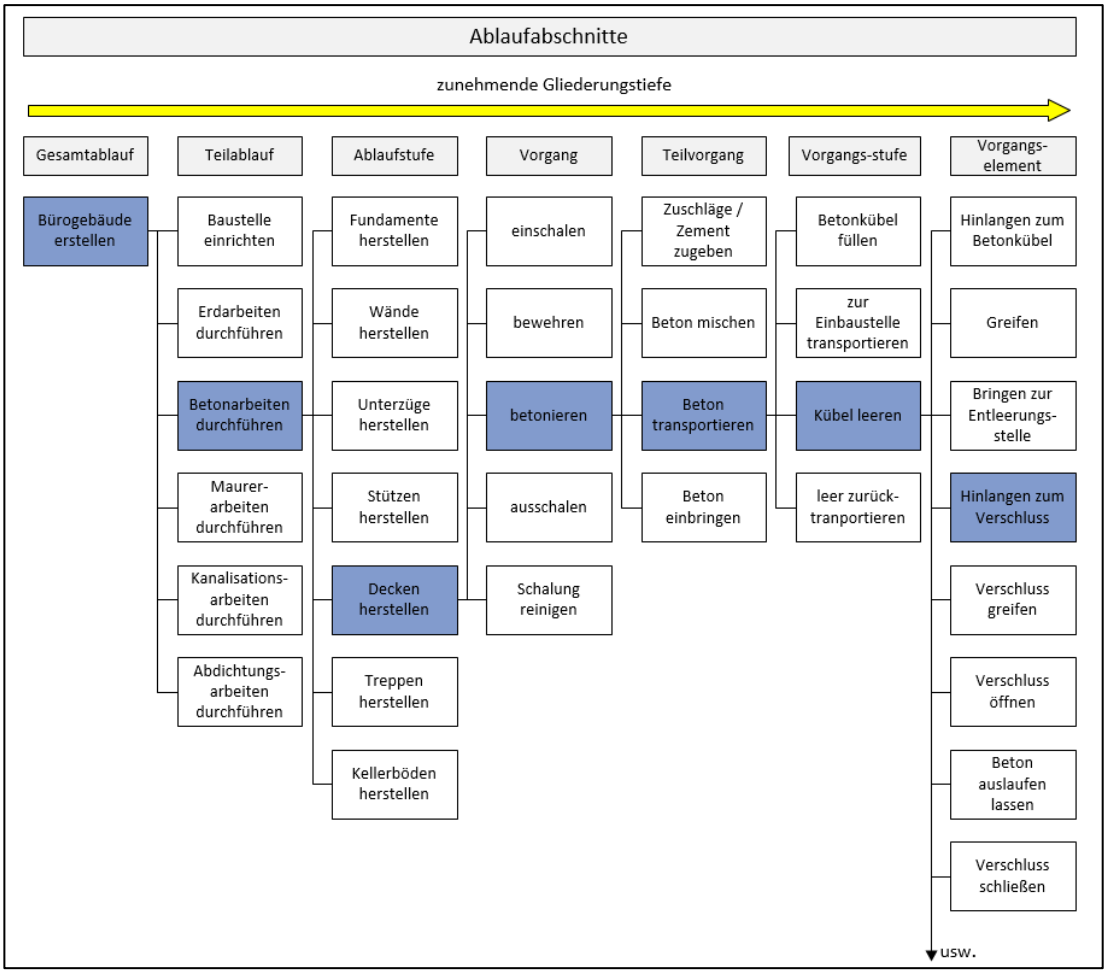


Abbildung 2.9: Unterteilung eines Bauwerks in Ablaufabschnitte[61]

Diese Form der Gliederung wird auch Arbeitsverzeichnis genannt. Um ein Arbeitsverzeichnis zu erstellen, werden nach der Beschreibung von f:data[62] die Inhalte eines Leistungsverzeichnisses mittels Bauarbeiterschlüssel oder Ortszuweisungen in eine Vorgangsliste umgewandelt. Ein Arbeitsverzeichnis soll die Planung und Steuerung hinsichtlich räumlicher und zeitlicher Abfolgen der Ablaufabschnitte ermöglichen.

4) Detail-Mengenermittlung

Im Gegensatz zur Grobplanung, bei der nur die Gesamtmenge der Hauptbaustoffe betrachtet wird, werden bei der Feinplanung die Mengen deutlich präziser und getrennt nach Baustoffen sowie Bauteilen ermittelt (z. B. Schalungsfläche, Bewehrungs- und Betonmenge für eine Stütze). Als Grundlage für die Mengenermittlung dienen Leistungsverzeichnis, Pläne und ggf. 3D-Modelle.

[61] in Anlehnung an C. Hofstadler: *Bauablaufplanung und Logistik im Baubetrieb*, S. 71.
[62] vgl. f:data GmbH: *https://www.bauprofessor.de/Arbeitsverzeichnis/fa8e033f-c248-49aa-b011-51f3f9ee655a*, Zugriff am 04.05.2019.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek WIEN Your knowledge hub

5) Verfahrenswahl

Zur Erfüllung des Bau-Solls stehen i. d. R. unterschiedliche Bauverfahren für die Ausführung zur Verfügung. Geeignete Verfahren sind im Anschluss an die Detail-Mengenermittlung zu ermitteln und festzulegen. Dabei sind diese hinsichtlich technischer, wirtschaftlicher und organisatorischer Aspekte zu vergleichen. Unter Berücksichtigung aller Einflussfaktoren (z. B. Platzverhältnisse) sollen mit dem gewählten Verfahren die technischen sowie ästhetischen Ansprüche erfüllt werden. Ein weiteres Ziel ist es, die Herstellung mit minimalen Kosten durchzuführen und potenzielle innerbetriebliche organisatorische Schwierigkeiten zu minimieren. Im Zuge der Verfahrenswahl wird ein kalkulatorischer oder differenzierter Verfahrensvergleich angewandt. Zusätzlich definiert Hoffmann[63], dass es sich bei einem kalkulatorischen Verfahrensvergleich um eine wirtschaftliche Ermittlung und Bewertung der Herstellkosten des jeweiligen Bauverfahrens handelt. Im Folgenden werden, angelehnt an Hofstadler[64], die Unterschiede zwischen kalkulatorischem und differenziertem Verfahrensvergleich beschrieben. Bei einem kalkulatorischen Verfahrensvergleich werden Kostenverläufe in Abhängigkeit von veränderlichen Einflussgrößen, wie Menge und Dauer, dargestellt. Bei einem differenzierten Verfahrensvergleich werden hingegen zusätzlich technische, organisatorische und sicherheitstechnische Kriterien formuliert und bewertet. Ein differenzierter Verfahrensvergleich mindert das Risiko in der Kalkulation und Bauausführung, da die zu differenzierenden Verfahren ganzheitlich betrachtet werden.

6) Dauer eines Vorgangs

Nach abgeschlossener Verfahrenswahl folgt eine Dauerermittlung für jeden Vorgang im Detail. Hierbei wird die Vorgangsdauer durch die Auswahl von Fertigungsabschnitten und -abläufen, Aufwands- und Leistungswerten, täglicher Arbeitszeit sowie Ressourcenkapazitäten bestimmt. In einem Fertigungsabschnitt verrichtet eine Arbeitspartie (Kolonne) ihre spezifische Tätigkeit. Dabei hat die Anzahl der Fertigungsabschnitte einen erheblichen Einfluss auf die Herstellkosten. Horizontale Bauteile wie z. B. Bodenplatten oder Geschossdecken werden abhängig von den jeweiligen Anforderungen monolithisch oder abschnittsweise hergestellt. Bei horizontalen Bauteilen, die abschnittsweise hergestellt werden, sind i. d. R. Arbeitsfugen zu berücksichtigen. Für die Herstellung von Arbeitsfugen sind gewisse Anforderungen zu berücksichtigen, die einen wesentlichen Einfluss auf die Herstellkosten haben. Hofstadler zeigt in *Bauablaufplanung und Logistik im Baubetrieb*[65] neben den verschiedenen Anordnungstypen von Arbeitsfugen für Bodenplatten und Geschossdecken auch Auswahldiagramme optimaler Anordnungstypen sowie Formeln für die Ermittlung der Gesamtlängen von Arbeitsfugen auf.

Für eine Anwendung von Fertigungsablaufmodellen ist die Differenzierung des Bauwerks bzw. der Bauteile (z. B. Wände, Bodenplatte, Geschossdecken) in Fertigungsabschnitte notwendig. Die zeitliche und räumliche Aufeinanderfolge der Ablaufabschnitte beschreibt

[63] vgl. M. Hoffmann: *Zahlentafeln für den Baubetrieb*, S. 481.
[64] vgl. C. Hofstadler: *Bauablaufplanung und Logistik im Baubetrieb*, S. 74.
[65] vgl. C. Hofstadler: *Bauablaufplanung und Logistik im Baubetrieb.*

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

der Fertigungsablauf. Stahlbetonarbeiten können beispielsweise mittels einer Fließ- oder Taktfertigung hergestellt werden.

Taktfertigung

Drees und Spranz[66] definieren, dass bei einer Taktfertigung gleiche Fertigungsabschnitte, auch Takte genannt, in gleichen Zeitabschnitten durch Fertigungsgruppen gleicher Zusammensetzung wiederholt werden. Dabei beschreibt die Taktzeit den zeitlichen Abstand zwischen der Ausführung an zwei aufeinanderfolgenden Fertigungsabschnitten. Die Taktfolge kann räumlich horizontal oder vertikal angeordnet sein. In der Abbildung 2.10 ist ein vereinfachter Takt, der aus den Vorgängen Einschalen, Bewehren und Betonieren besteht, dargestellt. Hierbei wandert eine Arbeitsgruppe nach Herstellung des aktuellen Taktes *i* in Geschoss *j* in den nächsten Takt *i,j +1*.

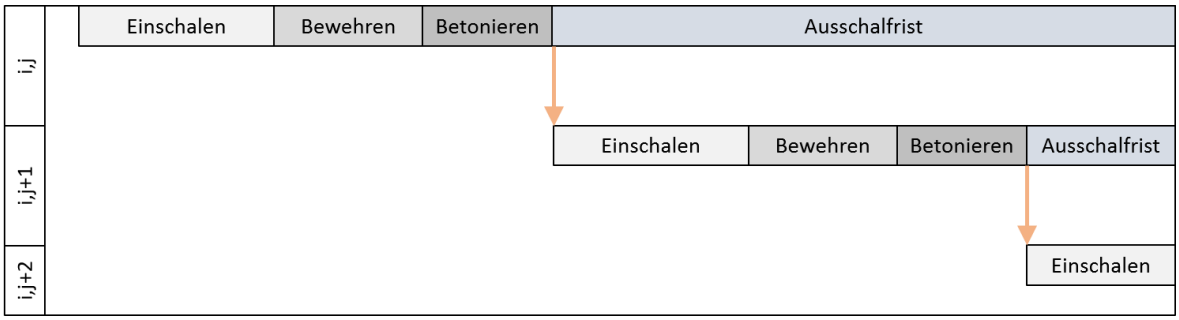


Abbildung 2.10: Taktfertigung bei Herstellung von Stahlbetondecken[67]

Durch eine Taktfertigung ergibt sich eine Ordnung und Übersichtlichkeit im Ablauf, wodurch u. a. die Überwachung erleichtert wird. Drees und Spranz[68] geben in ihrem *Handbuch der Arbeitsvorbereitung im Bauunternehmen* u. a. Formeln für die Ermittlung der Taktzeit bei Arbeitsvorgängen mit und ohne Überlappung vor.

Fließfertigung

Drees und Spranz[69] zufolge erfolgt die Fließfertigung im Gegensatz zu einer Taktfertigung ohne ausgeprägte Fertigungsabschnitte. Bei einer Fließfertigung sollen die Fertigungsgruppen im möglichen Minimalabstand aufeinander folgen. Dieser zeitliche oder räumliche Minimalabstand wird als kritischer Abstand bezeichnet. In Abbildung 2.11 bezieht sich die Fließfertigung auf die Schalarbeiten von Decken. Dabei ist die Geschossdecke in annähernd gleich große Fertigungsabschnitte unterteilt. Die Schalarbeiten liegen hierbei auf dem kritischen Weg. Eine Arbeitspartie wandert nach Herstellung des aktuellen Fertigungsabschnitts *i* im Geschoss *j* in den nächsten Fertigungsabschnitt *i,j+1*.

[66] vgl. G. Drees; D. Spranz: *Handbuch der Arbeitsvorbereitung im Bauunternehmen*, S. 79.
[67] in Anlehnung an C. Hofstadler: *Bauablaufplanung und Logistik im Baubetrieb*, S. 90.
[68] G. Drees; D. Spranz: *Handbuch der Arbeitsvorbereitung im Bauunternehmen.*
[69] vgl. G. Drees; D. Spranz: *Handbuch der Arbeitsvorbereitung im Bauunternehmen*, S. 82.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

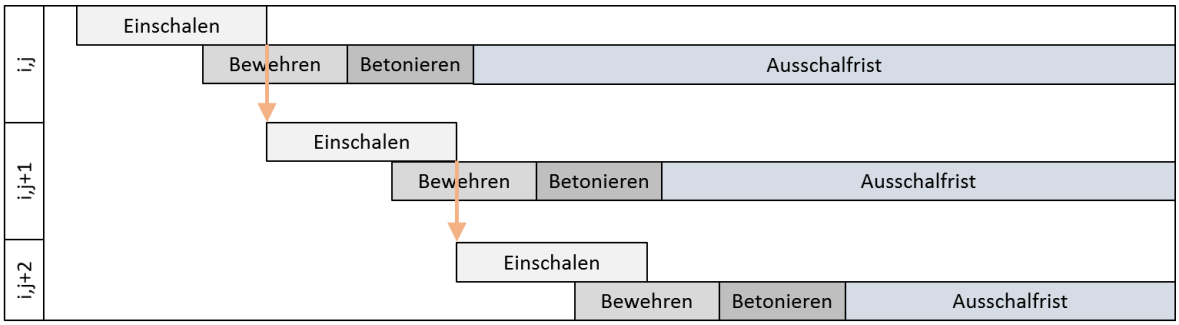


Abbildung 2.11: Fließfertigung bei Schalarbeiten[70]

7) Gesamtdauer

Nachdem die Dauer der Vorgänge ermittelt wurde, kann unter Berücksichtigung der spezifischen Anordnungsbeziehungen der jeweiligen Vorgänge die Gesamtdauer aus dem kritischen Weg abgeleitet werden. Im Zuge der Feinplanung sind die kritischen Vorgänge (siehe Abschnitt 2.1.5) zu ermitteln. Die Folge aller kritischer Vorgänge ergibt nach der Definition von Berner et al.[71] den kritischen Weg. Weiterhin weist Hofstadler[72] darauf hin, dass Wege, die zu kritischen Wegen werden könnten, anhand von Sensitivitätsanalysen zu untersuchen und ermitteln sind. Dabei ist zu analysieren, welche Kombinationen einzelner Eingangsgrößen sich ändern dürfen, ohne dass der Beginn nachfolgender Ablaufabschnitte abweicht.

8) Logistik

Im Zuge der Planung der Beschaffungs-, Produktions- und Entsorgungslogistik ist für die Ermittlung der Anzahl der Transporte je Zeiteinheit die tägliche Leistung für verschiedene Vorgänge entscheidend. Die Anforderungen an die Logistik steigen mit kürzer werdender Bauzeit oder Forcierung. Außerdem sollen durch die Feinplanung Leistungsgrenzen in der Logistik vor Bauausführung identifiziert und bei Bedarf angepasst werden (z. B. Transportmittelwahl).

9) Baustelleneinrichtung

Die Baustelleneinrichtungsplanung ist primär von Standortbedingungen, Bauverfahrenswahl, Logistikplanung sowie Ressourcenplanung abhängig. Folglich kann unter Berücksichtigung der vorab erwähnten Aspekte die Größe bzw. die Leistungsfähigkeit der Baustelleneinrichtungselemente (z. B. Containeranzahl, Verlauf und Dimensionierung von Baustraßen oder Be- und Entladeplätzen) ermittelt werden.

10) Ablaufkontrolle (Soll-Ist-Vergleich)

Während der Ausführung müssen besonders alle auf dem kritischen Weg liegenden Vorgänge bezüglich der tatsächlichen Bauzeit kontrolliert werden. Im Zuge der Ablaufkontrolle ist der Ist-Ablauf der einzelnen Teilvorgänge festzustellen. Dies impliziert nach der

[70] in Anlehnung an C. Hofstadler: *Bauablaufplanung und Logistik im Baubetrieb*, S. 89.
[71] vgl. F. Berner; B. Kochdörfer; R. Schach: *Grundlagen der Baubetriebslehre 2: Baubetriebsplanung*, S. 118 f.
[72] vgl. C. Hofstadler: *Bauablaufplanung und Logistik im Baubetrieb*, S. 100 f.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

Auffassung von Bauer[73] erreichte Baufortschritte sowie Mengenleistungen und Aufwendungen. Anschließend sind die Daten mit den Vorgaben zum Soll-Ablauf zu vergleichen. Dabei sind etwaige Abweichungen zu analysieren und bewerten. Schließlich können Maßnahmen getroffen und der weitere Ablauf prognostiziert werden.

Bei Widersprüchen oder Unstimmigkeiten in der Durchführbarkeit, die im Zuge der Feinplanung sowie während der Ausführung festgestellt werden, ist die Feinplanung in der jeweiligen Stufe zu überarbeiten bzw. anzupassen.

2.2.3 Zusammenfassung

Im Rahmen der Arbeitsvorbereitung ist eine exakte Ablaufplanung die Grundlage für eine erfolgreiche Umsetzung von Bauprojekten. Bei der Ablaufplanung wird nach Grob- und Feinplanung differenziert. Eine Grobplanung erfolgt während der Angebotsphase und zu Beginn der Arbeitsvorbereitung. Die Grobplanung dient im Wesentlichen als langfristiges Steuerungsinstrument für den kompletten Bauablauf und beschränkt sich dabei auf die wichtigsten Fertigungsabschnitte (z. B. Erd-, Stahlbeton- und Mauerwerksarbeiten). Aufbauend auf den Ergebnissen der Grobplanung erfolgt nach Auftragserhalt im Rahmen der Arbeitsvorbereitung vom Auftragnehmer eine wesentlich detaillierte Feinplanung. Hierbei werden neben den Fertigungsabschnitten auch die dafür erforderlichen einzelnen Arbeitsschritte (z. B. Bewehrungs-, Schalungs- und Betonierarbeiten) hinsichtlich Reihenfolge, Abhängigkeiten und Zeitbedarf betrachtet.

Neben den in Grob- und Feinplanung ermittelten Ausführungsmengen (z. B. Betonkubatur) haben die Ressourcen (Arbeitskräfte, Gerätschaften, Baustoffe etc.) einen erheblichen Einfluss auf Vorgangs- sowie Gesamtdauer. Die Bedarfsermittlung von Ressourcen wird im folgenden Abschnitt vertieft.

[73] vgl. H. Bauer: *Baubetrieb*, S. 716 f.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

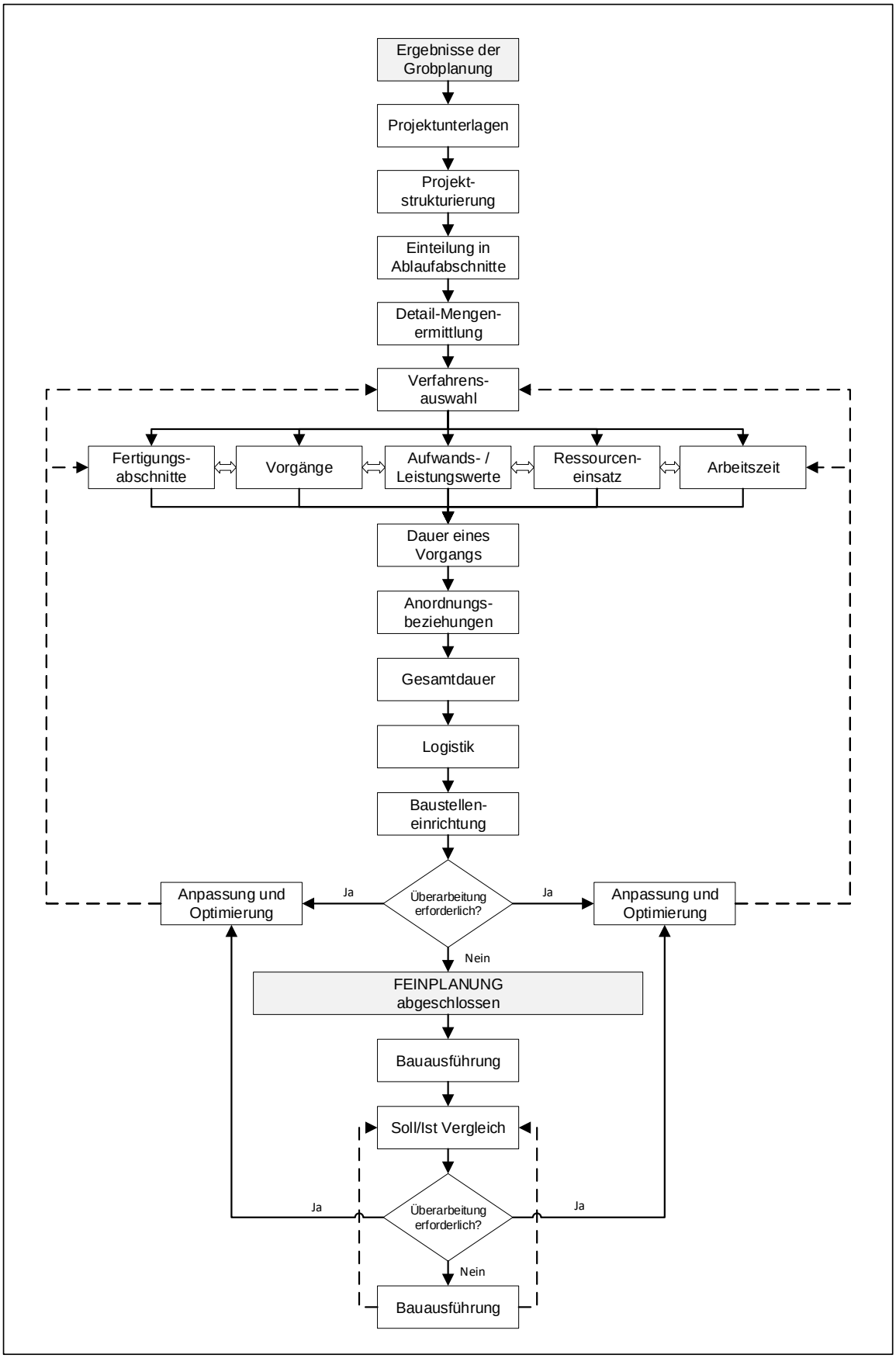


Abbildung 2.12: Ablaufschema der Feinplanung[74]

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

2.3 Ressourcenplanung

Duschel und Plettenbacher[75] erklären, dass die Ressourcenplanung, auch Bereitstellungsplanung genannt, neben der Termin- und Ablaufplanung ein weiterer essenzieller Bestandteil der Arbeitsvorbereitung ist. Weiterhin definieren Berner et al.[76], dass im Zuge der Ressourcenplanung der Bedarf an Arbeitskräften, Geräten, Baustoffen, Hilfsmitteln sowie finanziellen Mitteln über den zeitlichen Ablauf der Baumaßnahme geplant wird. Außerdem besteht zwischen Ressourcenplanung und Termin- und Ablaufplanung eine direkte Abhängigkeit. Die Ressourcenplanung wird aus dem Bauablaufplan abgeleitet und dient technischer und kaufmännischer Leitung, Personalabteilung, Einkaufsabteilung sowie Geräteverwaltung als Übersicht. Diese Übersicht verdeutlicht, über welchen Zeitraum, in welcher Menge und an welchen Orten wichtige Baustoffe, Arbeitskräfte, Geräte, Nachunternehmer sowie finanzielle Mittel benötigt werden. Die Ergebnisse der Ressourcenplanung fließen in die Arbeitskalkulation ein, um die Herstellkosten genauer kalkulieren zu können. Üblicherweise werden Ressourcen, wie in Abbildung 2.13 dargestellt, mit in einem Bauablaufplan dargestellt.

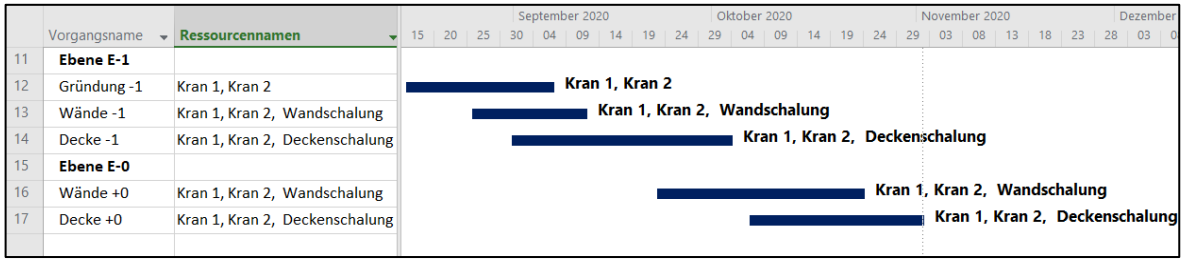


Abbildung 2.13: Ressourcen in einem einfachen Bauablaufplan[77]

2.3.1 Arbeitskräfte

Die Kosten für Lohnstunden tragen einen erheblichen Anteil zu den Gesamtkosten für die Bauwerkserrichtung bei. Im Zuge der Personalplanung wird i. d. R. nur die insgesamt benötigte Kapazität des Personals ermittelt. Dabei werden berufliche Fähigkeiten und Einsatzort nicht differenziert. Lediglich Führungskräfte, wie Bauleiter und Poliere, werden gesondert dargestellt. Berner et al.[78] beschreiben, dass eine separate Darstellung des Nachunternehmer-Personals nur erfolgt, wenn dessen Personalstärke bekannt oder gut geschätzt werden kann. Außerdem wird die maximale Anzahl von Arbeitskräften u. a. durch die Verfügbarkeit von Arbeitskräften sowie durch die Bauwerks- und Baustellenbedingungen beeinflusst. Die Anzahl der Arbeitskräfte über die Zeit wird in Mengen-Zeit-Diagrammen dargestellt (Ganglinie oder Histogramm). Für die Gesamtermittlung werden im ersten Schritt die benötigten Arbeitskräfte z. B. über die Vorgangsdauer und

[74] in Anlehnung an C. Hofstadler: *Bauablaufplanung und Logistik im Baubetrieb*, S. 68.
[75] vgl. M. Duschel; W. Plettenbacher: *Handbuch Arbeitsvorbereitung im Baubetrieb*, S. 149.
[76] vgl. F. Berner; B. Kochdörfer; R. Schach: *Grundlagen der Baubetriebslehre 2: Baubetriebsplanung*, S. 201.
[77] in Anlehnung an F. Berner; B. Kochendörfer; R. Schach: *Grundlagen der Baubetriebslehre 2: Baubetriebsplanung*, S. 201.
[78] vgl. F. Berner; B. Kochdörfer; R. Schach: *Grundlagen der Baubetriebslehre 2: Baubetriebsplanung*, S. 202.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek WIEN Your knowledge hub

Produktionsmenge pro Vorgang ermittelt. Dabei sind Hofstadler[79] zufolge u. a. folgende Einflussgrößen zu berücksichtigen:

- Aufwands- und Leistungswerte
- Arbeitszeitmodell
- Produktionsmenge
- Bauzeit
- Arbeitsraum und Logistik
- Bauverfahren und Fertigungsablauf

Durch tage- oder wochenweises Addieren über alle Vorgänge wird die Gesamtanzahl der Arbeitskräfte ermittelt. In Abbildung 2.14 ist die Anzahl der benötigten Arbeitskräfte je Vorgang über die komplette Ausführungsdauer ersichtlich. In Abbildung 2.15 wird hingegen die Summe der benötigten Arbeitskräfte je Woche mit einer Ganglinie über die komplette Ausführungsdauer dargestellt.

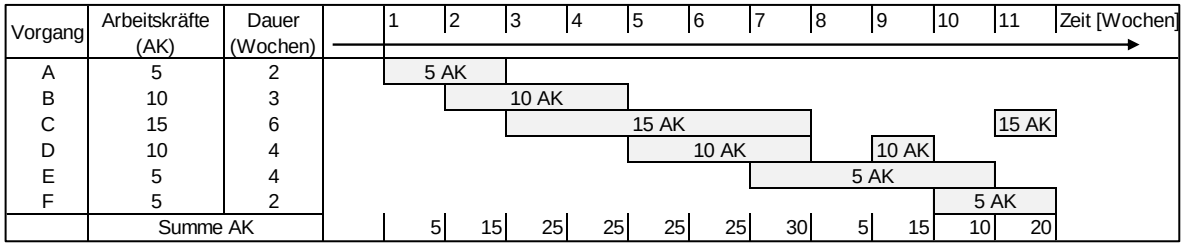


Abbildung 2.14: Darstellung der benötigten Anzahl an Arbeitskräften je Vorgang über die Dauer[80]

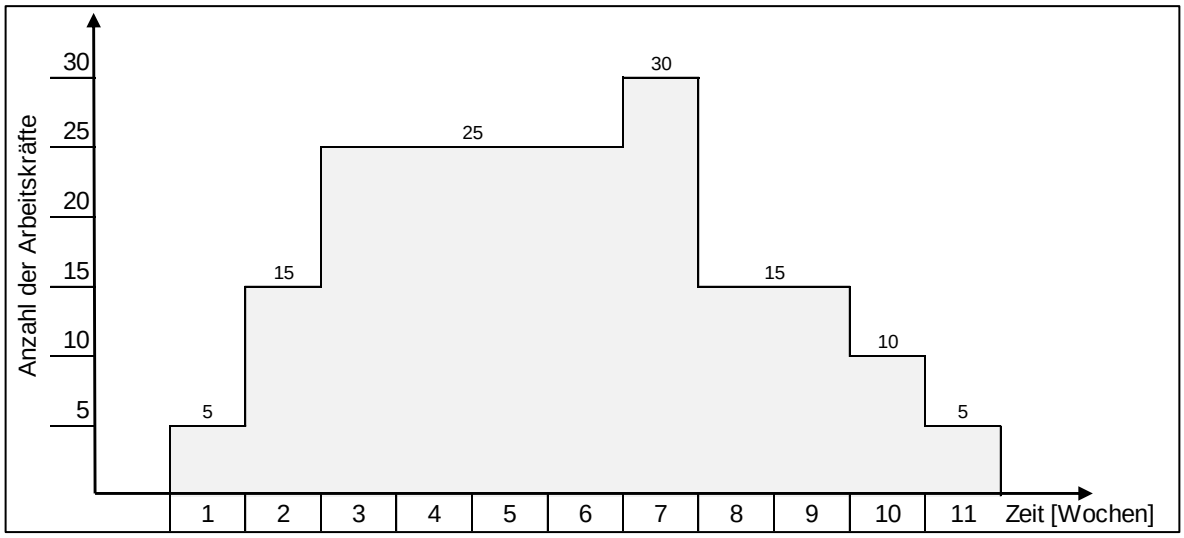


Abbildung 2.15: Darstellung der Gesamtanzahl der Arbeitskräfte je Woche[81]

[79] vgl. C. Hofstadler: *Bauablaufplanung und Logistik im Baubetrieb*, S. 57.
[80] in Anlehnung an F. Berner; B. Kochendörfer; R. Schach: *Grundlagen der Baubetriebslehre 2: Baubetriebsplanung*, S. 203.
[81] in Anlehnung an F. Berner; B. Kochendörfer; R. Schach: *Grundlagen der Baubetriebslehre 2: Baubetriebsplanung*, S. 203.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

Für Rohbauarbeiten im Hochbau wurde ein praxistaugliches Trapezmodell, welches in Abbildung 2.16 dargestellt ist, für eine idealisierte Entwicklung des Arbeitskräftebedarfs erarbeitet. Hierbei definiert Hofstadler[82], dass die Gesamtbauzeit in Anlaufphase, Hauptbauzeitphase und Auslaufphase unterteilt wird. In der Anlaufphase steigt der Arbeitskräftebedarf stetig an, bis die maximale Anzahl von einsetzbaren Arbeitskräften erreicht ist. Der Verlauf in der Anlaufphase wird von dem zur Verfügung stehendem Arbeitsraum sowie der Einarbeitung der Arbeitskräfte geprägt. Die maximale Anzahl von Arbeitskräften kann u. a. in Abhängigkeit der Krananzahl oder des zur Verfügung stehenden Arbeitsraums bestimmt werden. In der Auslaufphase sinkt der Arbeitskräftebedarf rapide, da zum Ende der Rohbauarbeiten z. B. weniger Arbeitskräfte für Schalungs-, Bewehrungs- und Betonierarbeiten benötigt werden. Hofstadler[83] sowie Duschel und Plettenbacher[84] geben diverse Formeln für die rechnerische Ermittlung der Dauer sowie Anzahl von Arbeitskräften vor.

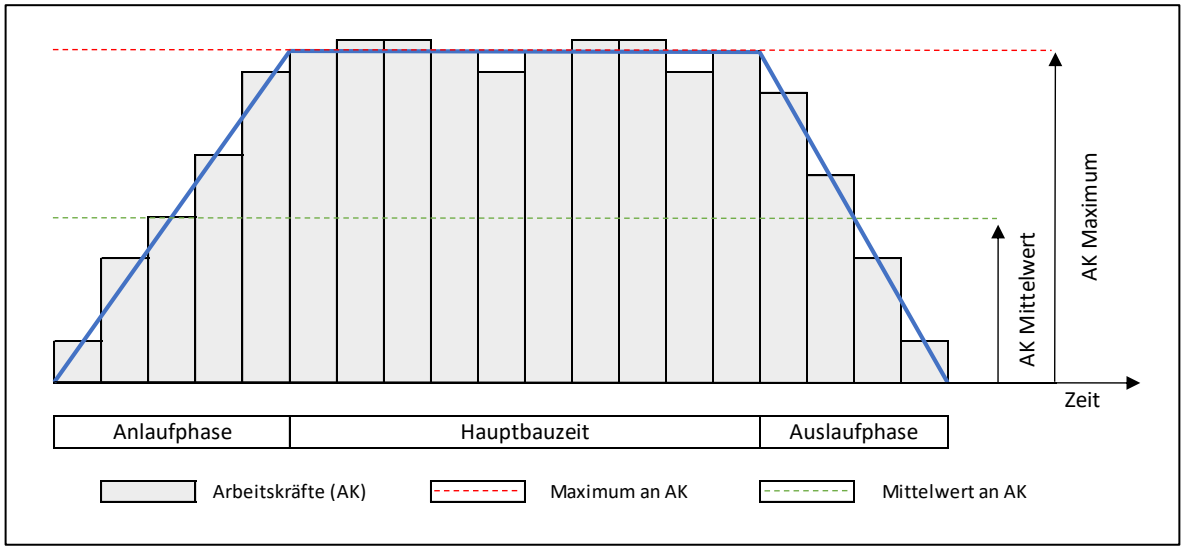


Abbildung 2.16: Trapezmodell – Entwicklung des Arbeitskräftebedarfs im Hochbau[85]

2.3.2 Geräteeinsatz

Im Rahmen der Ressourcenplanung geben Berner et al.[86] einen guten Überblick über den effizienten Geräteeinsatz. Die Geräteeinsatzplanung wird im Zuge der Bauablaufplanung üblicherweise auf Leistungs- und Vorhaltegeräte begrenzt. Hierbei ist besonders die Wahl der richtigen Hebegeräte den Baustellenbedingungen und gewähltem Bauverfahren anzupassen. Vor allem im innerstädtischen Bereich, wo beengte Platzverhältnisse herrschen, ist dies essenziell. Anhand der Produktionsmengen, Kennzahlen sowie Leistungswerten kann die jeweilige Anzahl der erforderlichen Geräte bestimmt werden. Im Rahmen der Grobablaufplanung wird zuvor z. B. die Krananzahl mittels Kennzahlen, wie Bruttorauminhalt je Kran und Monat, ermittelt.

[82] vgl. C. Hofstadler: *Bauablaufplanung und Logistik im Baubetrieb*, S. 58.
[83] C. Hofstadler: *Bauablaufplanung und Logistik im Baubetrieb.*
[84] M. Duschel; W. Plettenbacher: *Handbuch Arbeitsvorbereitung im Baubetrieb.*
[85] in Anlehnung an C. Hofstadler: *Bauablaufplanung und Logistik im Baubetrieb*, S. 59.
[86] vgl. F. Berner; B. Kochdörfer; R. Schach: *Grundlagen der Baubetriebslehre 2: Baubetriebsplanung*, S. 205 f.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek WIEN Your knowledge hub

Aus der Termin- und Ablaufplanung können die Dauern für den jeweiligen Geräteeinsatz entnommen werden. Hierbei muss vorab die Verfügbarkeit mit der maschinentechnischen Abteilung angefragt werden. Andernfalls ist zu überlegen, ob Geräte, die während der Bauzeit nicht zur Verfügung stehen, zusätzlich angemietet werden. Wie in Abbildung 2.13 dargestellt, können im Zuge der Bauablaufplanung die erforderlichen Geräte für einen Vorgang mit einem Balken über den benötigten Zeitraum dargestellt werden.

2.3.3 Baustoffe

Duschel und Plettenbacher[87] zufolge wird zwischen Baustoffe und Betriebs- und Bauhilfsstoffe differenziert. Baustoffe (z. B. Beton oder Bewehrung) verbleiben als Bestandteil des zu errichtenden Bauwerks. Betriebs- und Bauhilfsstoffe (z. B. Schalung und Rüstung) dienen hingegen der Herstellung des Bauwerks. Weiterhin sind die Mengen der Baustoffe i. d. R. aus Leistungsverzeichnissen, Plänen oder Modellen zu entnehmen. Im Rahmen der Ressourcenplanung wird aufgezeigt zu welchem Zeitpunkt diese Materialien zur Verfügung stehen müssen, um verwendet werden können. Der durchschnittliche Materialbedarf über die Zeit sowie Bedarfsspitzen beeinflussen die Baustelleneinrichtung, Gerätewahl und -anzahl sowie den Bedarf an Lagerflächen. Berner et al.[88] zeigen ergänzend auf, dass die Ressourcenplanung der Bauleitung zur rechtzeitigen Beschaffung der Baustoffe dient. Somit können u. a. vorab Verträge mit Transportbetonwerken und anderen Baustofflieferanten abgeschlossen werden.

2.3.4 Fremdleistungen

Nach der Beschreibung von Berner et al.[89] wird die Steuerung des Einsatzes von Fremdleistungen immer komplexer werden. Die Ursache dafür ist die zunehmende Trendentwicklung zum Einsatz von Fremdleistungen in der Baubranche. Im Hochbau werden u. a. Baugruben-, Bewehrungs-, Schal- und Betonier- sowie Ausbauarbeiten an Nachunternehmer vergeben. Hierbei sind für einen ungestörten Bauablauf die rechtzeitige Beauftragung des Nachunternehmers und die Beschaffung der Bau- und Bauhilfsstoffe von großer Bedeutung. Es werden Start, Zwischen- und Endtermine für die jeweiligen Fremdleistungstätigkeiten sowie zu verbrauchende Baustoffe (Soll-Verbrauchsganglinien) festgelegt. Mittels detaillierter Terminüberwachung oder durch Kontrollrechnungen diverser verbrauchter Hauptbaustoffe (z. B. Beton oder Bewehrungsstahl) lassen sich daraufhin die Fremdleistungen steuern.

2.3.5 Zusammenfassung

Ressourcen haben aufgrund der Kausalbeziehung zwischen Zeit- und Ressourcenplanung einen wesentlichen Einfluss auf die Dauerermittlung. Ressourcenpläne stellen insbesondere die während der Ausführungszeit benötigte Anzahl von Arbeitskräften, Gerätschaften und Mengen an

[87] vgl. M. Duschel; W. Plettenbacher: *Handbuch Arbeitsvorbereitung im Baubetrieb*, S. 187 f.
[88] vgl. F. Berner; B. Kochdörfer; R. Schach: *Grundlagen der Baubetriebslehre 2: Baubetriebsplanung*, S. 206.
[89] vgl. F. Berner; B. Kochdörfer; R. Schach. *Grundlagen der Baubetriebslehre 2: Baubetriebsplanung*, S. 205.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

Baustoffen dar. Zudem unterstützt die Ressourcenplanung die für die Ausführung verantwortlichen Personen (z. B. Bauleitung und Polier) bei der Steuerung des zunehmenden Einsatzes von Nachunternehmern. Die Ressourcenplanung dient außerdem als Grundlage für die spätere für Personal- und Geräteeinsatzplanung. Die Zeit- und Ressourcenplanung für kurzfristigere Zeitabstände (wöchentlich) erfolgt im Rahmen der Wochenplanung. Im nachfolgenden Abschnitt werden Nutzen und Vorgehensweise der Wochenplanung betrachtet.

2.4 Wochenplanung

Die Wochenplanung dient in der Ausführungsphase als Steuerungs- und Controlling-Instrument von Baustellen. Dabei handelt es sich nach der Auffassung von Heim[90] um eine der am häufigsten verwendeten Formen für Disposition (z. B. Personal, Geräte, Material und Nachunternehmerleistung) und Leistungsvorgabe. Im Rahmen der Wochenplanung wird der Baustellenablauf für die kommende Woche bzw. die kommenden zwei Wochen detailliert geplant und vorbereitet. Die Wochenplanung wird i. d. R. in Zusammenarbeit von Bauleitung und Polier individuell aufgestellt und in einem Wochenprogramm (Liste oder Plan) dargestellt.

2.4.1 Vorgehensweise

In eine Wochenplanung werden nach der Definition von Seyfferth[91] alle Vorgänge aufgenommen, die mindestens mit einem Tag in dem Zeitfenster der kommenden Woche liegen. Dabei ist es nicht relevant, ob diese Vorgänge hinsichtlich der Gesamtplanung (Termin- und Ablaufplanung) jenseits des Zeitfensters liegen. Die einzelnen Tätigkeiten zu den Vorgängen werden detailliert und losgelöst von der Gesamtplanung betrachtet und dargestellt. Den Wochentagen werden Vorgänge bzw. einzelnen Tätigkeiten, an denen diese nach aktueller Erkenntnis ausgeführt werden können, zugeordnet. Die Tätigkeiten können bei Bedarf auch auf zwei Tageshälften aufgeteilt werden (z. B. bei äußerst zeitkritischen Abläufen). Diese detaillierte und genaue Planung ist nur möglich, da die Wochenplanung auf Kenntnis der Baustellensituation kurz vor der Ausführung aufgesetzt wird. Im Rahmen der Gesamtplanung ist dies nicht möglich, da zum Zeitpunkt der Erstellung konkrete Informationen zu Randbedingungen sowie Bedarf nicht genau bekannt sind.

Die Leistungsansätze aus der Arbeitskalkulation können mit den zu verarbeitenden Quantitäten multipliziert werden. Somit können sehr genaue Vorgabezeiten ermittelt werden. Aufgrund ihrer Erfahrung können nach der Beschreibung von Walker[92] Bauleitung bzw. Poliere beurteilen, ob vorgegebene Leistungsansätze realisierbar oder überhöht sind. Heim[93] zeigt zusätzlich auf, dass im Rahmen der Wochenplanung die Disposition und Koordination der notwendigen Ressourcen (z. B. Einsatz von Personal und Geräten, Materialbestellungen, Nachunternehmerleistungen) frühzeitiger und exakter erfolgen kann. Weiterhin können allfällige Schlechtwetterarbeiten bei der

[90] vgl. R. Heim: *http://www.bauliteratur.ch/wochenplanung.htm*, Zugriff am 01.03.2019.
[91] vgl. G. Seyfferth: *Praktisches Baustellencontrolling*, S. 420, 429 f.
[92] vgl. H. Walker: *Die optimierte Baustellenabwicklung. Geldwerte Praxistipps für Vorbereitung und Durchführung*, S. 74.
[93] vgl. R. Heim: *http://www.bauliteratur.ch/wochenplanung.htm*, Zugriff am 01.03.2019.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

Planung berücksichtigt werden. Folglich lassen sich bei der Planung der kommenden Woche mögliche Bauablaufstörungen frühzeitiger identifizieren. In Tabelle 2.3 ist ein mögliches Formular für eine Wochenplanung und in Tabelle 2.4 ist ein mögliches Formular für eine Wochendisposition dargestellt.

Tabelle 2.3: Mögliche Vorlage für eine Wochenplanung[94]

WOCHENPLANUNG						
Baustelle:				Kalenderwoche:		
Geplante Arbeiten						
Position	Vorgang	Ansatz	Soll-Menge	Soll-Stunden	Ist-Menge	Ist-Stunden
		Summe				
Erstellt von:				Datum:		

Tabelle 2.4: Mögliche Vorlage für eine Wochendisposition[95]

WOCHENDISPOSITION		
Baustelle:	Kalenderwoche:	
Vorgang	Termin	durch
Personal (Anforderung oder Freimeldung)		
Geräte, Schalung, Gerüste (Anforderung oder Freimeldung)		
Materialabruf		
Nachunternehmer		
Zu klärende Punkte		
Fehlende Unterlagen		
Datum:	erstellt	durch

[94] in Anlehnung an H. Walker: *Die optimierte Baustellenabwicklung*, S. 141.
[95] in Anlehnung an H. Walker: *Die optimierte Baustellenabwicklung*, S. 140.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

2.4.2 Leistungskontrolle

Während der Ausführung werden die täglichen Ist-Werte (z. B. Stunden) dokumentiert. Anschließend können diese mit den Soll-Werten aus der Wochenplanung verglichen und bewertet werden. Dadurch kann rasch Auskunft über Erfolg bzw. Misserfolg gegeben werden. Ebenso weist Heim[96] darauf hin, dass die Ergebnisse gleichzeitig als Nachkalkulation dienen können.

2.4.3 Zusammenfassung

Im Zuge der Wochenplanung werden die im Rahmen der Ausführung erforderlichen Arbeitsschritte für die kommenden ein bis zwei Wochen festgelegt. Die dafür notwendigen Arbeitskräfte (z. B. Kolonnen für Schalungs-, Bewehrungs- sowie Betonierarbeiten) sowie Baustoffe bzw. Materialien (z. B. Anzahl der Schalungselemente und Betonmenge) werden disponiert. Fremdleistungen, die durch Nachunternehmer erbracht werden, sind hierbei abzustimmen und zu koordinieren. Die Ergebnisse der Wochenplanung werden in einem Wochenprogramm dargestellt, welches der Bauleitung als Steuerungs- und Controllinginstrument dient. Durch eine detaillierte Planung und Betrachtung von zeitnahen erforderlichen Arbeitsschritten lassen sich mögliche Mängel in der Termin- und Ablaufplanung oder andere ungünstige Einflüsse (z. B. Lieferverzüge von Fertigteilelementen), die den Bauablauf stören können, identifizieren. Im nachfolgenden Abschnitt liegt der Fokus auf den Ursachen von Störungen im Bereich der Zeit- und Ressourcenplanung sowie Maßnahmen, die diesen entgegenwirken.

2.5 Bauablaufstörungen

Der Bauablauf unterliegt nach der Beschreibung Vitales[97] trotz genauer Planung geringfügigen Schwankungen hinsichtlich Soll- und Ist-Werten. Solche Schwankungen können u. a. durch Witterungseinflüsse, Standortbedingungen oder kleinere außerbetriebliche Einflüsse entstehen. Da diese geringfügigen Schwankungen nicht vermeidbar sind, werden diese innerhalb eines gewissen Streubereiches im Kalkulationsansatz berücksichtigt. Ein Produktionsprozess gilt nach der Definition Bauers[98] als gestört, wenn diese Schwankungen außerhalb des Streubereiches liegen oder eine Behinderung oder Unterbrechung auftritt. Bei einer Leistungsabweichung des Bau-Solls handelt es sich gemäß ÖNORM B 2110[99] um eine Veränderung des Leistungsumfangs. Eine Veränderung des Leistungsumfangs entsteht entweder durch eine Leistungsänderung oder durch eine Störung der Leistungserbringung. Bei einer Leistungsänderung handelt es sich um eine Leistungsabweichung, die vom Auftraggeber angeordnet wird (z. B. vom Auftraggeber angeordnete Qualitätsänderungen). Bei einer Störung der Leistungserbringung handelt es sich hingegen um eine Leistungsabweichung, deren Ursache nicht aus der Sphäre des Auftragnehmers stammt und bei der es sich um keine Leistungsänderung handelt (z. B. Behinderungen, die der Sphäre des Auf-

[96] vgl. R. Heim: *http://www.bauliteratur.ch/wochenplanung.htm*, Zugriff am 01.03.2019.
[97] vgl. S. Vitale: *Auswirkungen von Störungen im Bauablauf auf das Ergebnis der Baustelle*, S. 57.
[98] vgl. H. Bauer: *Baubetrieb*, S. 753 f.
[99] vgl. Austrian Standards: *ÖNORM B 2110: 2013 03 15*, S. 8 f.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

traggebers zugeordnet sind). In Abbildung 2.17 ist die Entstehung von Bauablaufstörungen dargestellt.

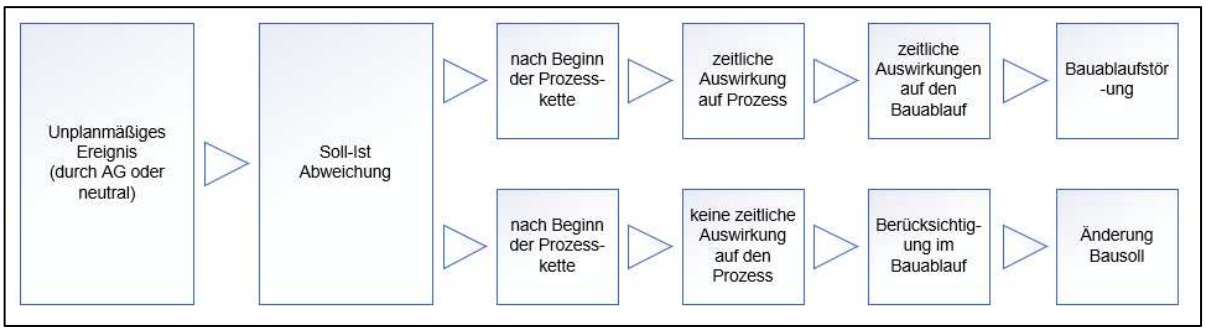
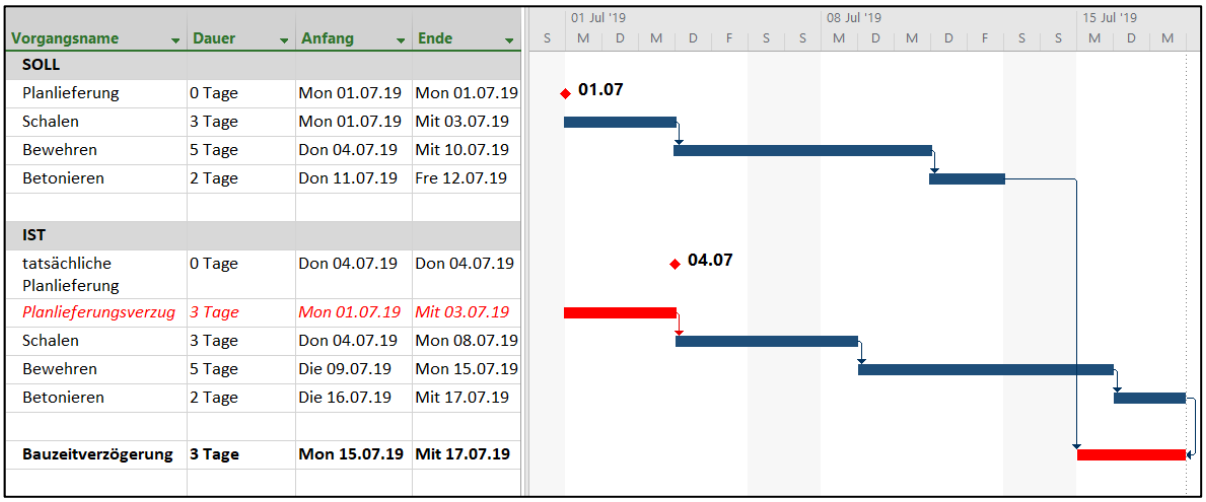


Abbildung 2.17: Entstehung von Bauablaufstörungen[100]

In Abbildung 2.18 ist die Auswirkung eines Planlieferungsverzugs exemplarisch dargestellt. Darin hätte die Planlieferung am 01.07.2019 erfolgen sollen. Die tatsächliche Planlieferung erfolgte jedoch erst am 04.07.2019. Folglich verzögerte sich aufgrund des Planlieferungsverzugs die Ausführung um drei Tage (roter Balken). Die Ursachen von Bauablaufstörungen liegen in verschiedenen Sphären. In Tabelle 2.5 sind einige Störungsursachen nach Verantwortlichkeit differenziert. Vitale[101] beschreibt, dass ein verzögerter Bauablauf in Folge einer Abweichung des Bau-Solls neben einer veränderten zeitlichen Komponente (Ausführungsdauer) auch mit Mehrkosten verbunden ist. Wirtschaftliche Folgen von Bauablaufstörungen werden in dieser Arbeit nicht verfolgt. Für Informationen hinsichtlich wirtschaftlicher Betrachtungen von Bauablaufstörungen wird auf Kropik[102], Müller und Goger[103] sowie Vitale[104] verwiesen.



Vorgangsname	Dauer	Anfang	Ende
SOLL			
Planlieferung	0 Tage	Mon 01.07.19	Mon 01.07.19
Schalen	3 Tage	Mon 01.07.19	Mit 03.07.19
Bewehren	5 Tage	Don 04.07.19	Mit 10.07.19
Betonieren	2 Tage	Don 11.07.19	Fre 12.07.19
IST			
tatsächliche Planlieferung	0 Tage	Don 04.07.19	Don 04.07.19
Planlieferungsverzug	*3 Tage*	*Mon 01.07.19*	*Mit 03.07.19*
Schalen	3 Tage	Don 04.07.19	Mon 08.07.19
Bewehren	5 Tage	Die 09.07.19	Mon 15.07.19
Betonieren	2 Tage	Die 16.07.19	Mit 17.07.19
Bauzeitverzögerung	**3 Tage**	**Mon 15.07.19**	**Mit 17.07.19**

Abbildung 2.18: Bauzeitverzögerung aufgrund Planlieferungsverzug

[100] in Anlehnung an J. Zimmermann: *Prozessorientierter Nachweis der Kausalität zwischen Ursache und Wirkung bei Bauablaufstörungen*, S. 63.

[101] vgl. S. Vitale: *Auswirkungen von Störungen im Bauablauf auf das Ergebnis der Baustelle*, S. 58.

[102] A. Kropik: *Bauvertrags- und Nachtragsmanagement*.

[103] K. Müller; G. Goger: *Der gestörte Bauablauf: Praxisleitfaden zur Ermittlung von Mehrkosten und Bauzeitverlängerung*.

[104] S. Vitale: *Auswirkungen von Störungen im Bauablauf auf das Ergebnis der Baustelle.*

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek WIEN Your knowledge hub

Tabelle 2.5: Störungsursachen nach Verantwortlichkeit[105]

Ursachen von Bauablaufstörungen		
Sphäre Auftraggeber	**Neutrale Störungen**	**Sphäre Auftragnehmer**
Mengenabweichungen (gem. Punkt 7.4.4 ÖNORM B 2110) Leistungsänderung (gem. Punkt 3.7 ÖNORM B 2110) Mitwirkungspflicht (gem. § 1168 Abs. 2 ABGB)	höhere Gewalt Streik, Aussperrung Handlungen Dritter	Mängel in der Bauablaufplanung unzureichende Kapazität Organisatorische Fehler und Ausführungsfehler

2.5.1 Ursachen in der Zeit- und Ressourcenplanung

Angelehnt an Vitale[106] wird im Folgenden eine gute Einführung zu den Ursachen von Bauablaufstörungen, die in der Zeit- und Ressourcenplanung liegen, gegeben. Im Rahmen der Zeit- und Ressourcenplanung erfolgt die Planung von Bauablauf, Ausführungsdauer und Ressourcen (Arbeitskräfte, Geräte, Baustoffe bzw. Materialien). Hierbei kann es vorkommen, dass z. B. falsche Annahmen während getroffen werden. Folglich werden Beispiele für Ursachen von Bauablaufstörungen, die in der Zeit- und Ressourcenplanung liegen, aufgezeigt.

1. **Falsche Ressourcenplanung**

   Während der Ausführung stellt sich heraus, dass die Ressourcen in erforderlichem Ausmaß nicht zur Verfügung stehen oder vorab falsch gewählt wurden.

   - **Personal**: Die benötigte fachliche Qualifikation ist nicht vorhanden bzw. die erforderliche Anzahl von qualifiziertem Personal steht nicht zur Verfügung. Hierbei kann mit einer Beschäftigung von Leiharbeitern oder der Leistungsvergabe an Nachunternehmer Abhilfe geschaffen werden.
   - **Material:** Das gewählte Material entspricht nicht den vertraglichen Anforderungen. Weiterhin können z. B. durch eine erhöhte Baukonjunktur oder erhöhte Preisspekulationen Lieferengpässe eintreten. Lieferengpässe können dazu führen, dass zwangsläufig auf andere Produkte gewechselt werden muss.
   - **Geräte**: Die auf der Baustelle eingesetzten Geräte verfügen nicht über die erforderliche Leistungsfähigkeit bzw. technische Spezifikation oder stehen nicht in erforderlicher Anzahl zur Verfügung. Sollten die erforderlichen Geräte nicht zur Verfügung stehen, besteht die Möglichkeit Fremdgeräte einzusetzen. Dabei kann es vorkommen, dass gewünschte Geräte bei einer Geräte-Vermietung nicht unmittelbar zur Verfügung stehen und somit zwangsläufig alternative Geräte (z. B. mit einer geringeren

[105] vgl. J. Zimmermann: *Prozessorientierter Nachweis der Kausalität zwischen Ursache und Wirkung bei Bauablaufstörungen*, S. 53.
[106] vgl. S. Vitale: *Auswirkungen von Störungen im Bauablauf auf das Ergebnis der Baustelle*, S. 63 ff.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

Leistung) eingesetzt werden müssen. Der Einsatz von Fremdgeräten wirkt sich zudem nachteilig auf die Kosten aus.

- **Nachunternehmer:** Beispielsweise reicht die Leistungsfähigkeit von Nachunternehmern nicht aus bzw. deren fachliche Qualifikation entspricht nicht den Anforderungen. Abhängig von individuellem Sachverhalt und Vertragslage können zusätzliche oder andere Nachunternehmer beauftragt werden.

2. **Falsche Bauverfahren**

   Während der Bauausführung wurde festgestellt, dass die gewählten Verfahren technisch bzw. wirtschaftlich nicht geeignet sind. In der Praxis ist die Umstellung des Bauverfahrens während laufenden des Baustellenbetriebs allgemein nur mit erheblichem Kostenaufwand möglich.

3. **Falsche Terminplanung**

   Interne Behinderungen oder erhöhter Personal- bzw. Geräteeinsatz können Folgen einer zu knapp festgelegten Ausführungszeit sein. Zu lange Ausführungszeiten wirken sich hingegen negativ auf Baustellengemeinkosten und Produktivität aus. Ein frühzeitiger oder verspäteter Baubeginn beeinflusst den Bauablauf hinsichtlich Ressourcenverfügbarkeit (Arbeitskräfte, Geräte und Baustoffe etc.) erheblich. Zudem kann der geplante Bauablauf durch Witterungsverhältnisse (z. B. bei Verschiebung in Wintermonate) oder andere negative Einwirkungen, mit denen im ursprünglichen Ausführungszeitraum nicht zu rechnen war, beeinflusst werden.

Neben den bisher beschriebenen Ursachen in der Zeit- und Ressourcenplanung können Ursachen, die in der Sphäre des Auftragnehmers liegen, auch in den Bereichen Organisation und Ausführung (z. B. mangelhafte Betriebsabläufe, Vorleistungen und Arbeitsanweisungen) liegen.

2.5.2 Gegensteuerungsmaßnahmen

Angelehnt an Zimmermann[107] wird im Folgenden ein Überblick über mögliche Maßnahmen gegeben, die den Auswirkungen von Bauablaufstörungen entgegenwirken sollen. Im Zuge von Gegensteuerungsmaßnahmen können mögliche Bauzeitverlängerungen infolge von gestörten Bauabläufen verhindert oder zumindest verringert werden. Liegt die Ursache einer Störung in der Sphäre des Auftragnehmers, so hat der Auftragnehmer Sorge zu tragen, die Soll-Ist-Abweichung zu beheben. Bei einer Störung, deren Ursache in der Sphäre des Auftraggebers liegt, hat dieser letztlich zu entscheiden, ob der Fertigstellungstermin einzuhalten ist. Diese Entscheidung wird i. d. R. davon abhängig gemacht, ob eine Gegensteuerungsmaßnahme oder eine Bauzeitverlängerung wirtschaftlicher für den Auftraggeber ist. Nachfolgend werden mögliche Gegensteuerungsmaßnahmen, die dem Auftragnehmer bei Verzögerungen der Soll-Ausführungszeit zur Verfügung stehen, beschrieben:

[107] vgl. J. Zimmermann: *Prozessorientierter Nachweis der Kausalität zwischen Ursache und Wirkung bei Bauablaufstörungen*, S. 45, 68-71.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

1. Umstellung des Bauablaufs

Sind gewisse Anordnungsbeziehungen und zeitliche Distanzen zwischen einzelnen Leistungsprozessen vorgesehen, die aus technischen und kapazitiven Gründen nicht zwingend notwendig sind, können diese aufgelöst werden. Folglich können bestimmte Teilabläufe vorgezogen oder parallel ausgeführt werden (z. B. im Ausbau). Zudem können auch zeitsparendere Materialien hinsichtlich der Verarbeitbarkeit (z. B. Verwendung von Halbfertigteilen) eingesetzt werden. Hierbei ist vorab die technische, wirtschaftliche und zeitliche Machbarkeit zu untersuchen.

2. Beschleunigungsmaßnahmen

Im Zuge von Beschleunigungsmaßnahmen ist die Produktionsgeschwindigkeit eines Leistungsprozesses zu erhöhen. Mittels einer erhöhten Produktionsgeschwindigkeit wird das Ziel verfolgt, die ausstehende Leistung in kürzerer Zeit zu erbringen. Bei einer Erhöhung der Produktionsgeschwindigkeit ist mit zusätzlich anfallenden Herstellkosten zu rechnen. Die Höhe der zusätzlichen Herstellkosten ist abhängig von der verbleibenden Ausführungszeit und der Höhe der Leistungsdifferenz. Dem Auftragnehmer stehen bei der Beschleunigung unterschiedliche Möglichkeiten zur Verfügung:

- **Geräteeinsatz mit höherer Leistungsfähigkeit**
  Durch den Einsatz von Geräten mit höherer Leistungsfähigkeit kann die Ausführungsdauer verkürzt werden. Dabei ist eine Anpassung der Logistik hinsichtlich Ver- und Entsorgung unabdingbar. Beispielsweise ist bei Einsatz eines Baggers mit erhöhter Leistungsfähigkeit auch der Abtransport des schneller anfallenden Baugrubenaushubs anzupassen.
- **Umstellung des Bauverfahrens**
  Es ist zu prüfen, ob mit einem anderen Bauverfahren eine kürzere Vorgangsdauer erreicht werden kann, vorausgesetzt die Arbeiten des von der Störung betroffenen Vorgangs wurden noch nicht begonnen. Im Rahmen einer Umstellung des Bauverfahrens ist zu berücksichtigen, ob das neu gewählte Bauverfahren (z. B. hinsichtlich Logistik) in den übrigen Bauablauf integriert werden kann, sodass weitere ungestörte Vorgänge nicht beeinträchtigt werden.
- **Kapazitätserhöhung**
  Eine Ressourcenerhöhung kann in Betracht gezogen werden, wenn das Bauunternehmen über freie Kapazitäten verfügt oder zusätzliche Ressourcen über Externe (z. B. Arbeitskräfteüberlassung) beschafft werden können. Dabei ist zu berücksichtigen, dass die Produktivität trotz Ressourcenerhöhung begrenzt sein kann. Wird beispielsweise im Hochbau eine Kolonne, die von einem Kran bedient wird, von 20 auf 30 Arbeitskräfte erhöht, kann dies u. a. zu unproduktiven Wartezeiten führen. In diesem Fall ist eine Erhöhung der Krananzahl unter Berücksichtigung der örtlichen Platzverhältnisse in Betracht zu ziehen.
- **Anpassung der Arbeitszeit**
  Durch die Erhöhung der täglichen Arbeitszeit infolge von Überstunden oder einem Mehrschichtbetrieb können Verzögerungen oder Unterbrechungen kompensiert

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

werden. Ebenso kann die Arbeitszeit auch auf Wochenend- und Feiertagsarbeit ausgedehnt werden. Im Rahmen der Erhöhung der Arbeitszeit ist der Einfluss auf die Produktivität zu berücksichtigen.

Im Zuge von Gegensteuerungsmaßnahmen ändern sich i. d. R. die Kostenansätze davon betroffener Vorgänge, beispielsweise erhöhen sich die Kosten für einen Kubikmeter Erdaushub bei Einsatz eines leistungsstärkeren Baggers. Des Weiteren können je nach Situation zusätzliche, einmalige Kosten anfallen (z. B. zusätzliche Planungsleistungen bei Umstellung von Ortbeton auf Beton-Fertigteile). Bei durch den Auftraggeber verursachten Störungen können dem Auftragnehmer entstehende Mehrkosten als Vergütungs-, Entschädigungs- oder Schadenersatzanspruch gegen den Auftraggeber geltend gemacht werden. Dabei ist die rechtliche Anspruchsgrundlage zu berücksichtigen.

2.5.3 Zusammenfassung

Allgemein gilt ein Bauablauf als gestört, wenn Behinderungen oder Unterbrechungen vorliegen oder erhebliche Schwankungen zwischen Soll- und Ist-Werten (z. B. Ausführungszeit) auftreten. Die Ursachen für gestörte Bauabläufe können in der Sphäre des Auftragnehmers oder Auftraggebers liegen. Zudem können neutrale Störungen auftreten, die keiner der beiden Sphären zugeordnet werden können. In dieser Arbeit liegt der Fokus auf den Ursachen, die in der Zeit- und Ressourcenplanung des Auftragnehmers liegen. Solche Ursachen können neben fehlerhaft geplanten Ressourcen (z. B. Anzahl von Arbeitskräften, Gerätschaften oder Mengen von Baustoffen bzw. Materialien) falsch ermittelte Ausführungsdauern sein. Außerdem kann die Ursache in der Auswahl von ungeeigneten Bauverfahren liegen. Durch Umstellung des Bauablaufs (z. B. Einsatz von Fertigteilen statt Ortbeton) oder dessen Beschleunigung (z. B. Verlängerung der Arbeitszeit, Erhöhung der Leistungskapazität, etc.) kann vorliegenden Störungen entgegengewirkt werden.

Dem praktischen Vorgehen hinsichtlich der Zeit- und Ressourcenplanung sowie dem Umgang mit Bauablaufstörungen in einem Bauunternehmen widmet sich das folgende Kapitel.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

3 Konventionelle Zeit- und Ressourcenplanung in einem Bauunternehmen – Prozessermittlung und -darstellung

In diesem Kapitel werden die Vorgehensweisen (Prozesse) der Zeit- und Ressourcenplanung im Team ZRP beschrieben. Das Team ZRP gehört zur Abteilung Baumanagement der PORR Design & Engineering GmbH. Im Vorfeld dieser Arbeit wurden aktuelle und angestrebte Prozessabläufe in der Zeit- und Ressourcenplanung erfasst. Bei der Beschreibung dieser Prozessabläufe wird in dieser Arbeit zwischen der bisherigen (Ist-Prozesse) und der zukünftigen Vorgehensweise (Soll-Prozesse) differenziert. Die beschriebenen Prozessabläufe wurden in einem separaten technischen Bericht von Pippert und Steinhofer[108] dargestellt. Im bisherigen Vorgehen der *Bruttogeschossflächen-Methode* (BGF-Methode) werden die Prozessabläufe jeweils getrennt für Angebots- und Ausführungsphase beschrieben. Während der Angebotsphase wird ein Angebotsterminplan (Grobterminplan) und zu Beginn der Ausführungsphase ein Arbeitsbauzeitplan (Fein- bzw. Detailterminplan) erstellt. Die *Bauzeitplanung 2.0* beschreibt hingegen den optimierten Prozessablauf der zukünftigen Vorgehensweise über beide Phasen hinweg. Die Prozessabläufe wurden auf Grundlage von Fachgesprächen mit der Teamleitung und Mitarbeitern des Teams ZRP erhoben. Dabei wurden Vorgehensweisen und relevante Aspekte erläutert. Zudem wurden interne Dokumente und Präsentationen zur Prozesserhebung hinzugezogen. In dem technischen Bericht von Pippert und Steinhofer[109] erfolgt die grafische Darstellung der Prozesse in Ablaufdiagrammen. Hierzu wurde die Modellierungssprache *Business Process Model and Notation 2.0* (BPMN 2.0) verwendet. In den Ablaufdiagrammen werden die Tätigkeiten hinsichtlich der Zeit- und Ressourcenplanung des Teams ZRP und anderer Prozessbeteiligten aufgezeigt, wobei das Hauptaugenmerk auf den Tätigkeiten des Teams ZRP liegt. Für eine möglichst schlanke und übersichtliche Darstellung der Prozesse werden Prozessbeteiligte bei Tätigkeiten, die eine gemeinsame Interaktion erfordern, mit einem Benutzer-Shape (siehe Abschnitt 3.1) symbolisch dargestellt. Nach Erhalt eines Auftrages ist auf Grundlage des Angebotsterminplans und der Vertragsunterlagen ein Vertragsterminplan zu erstellen. Dieser gibt Würfele et al.[110] zufolge einen Überblick über die wichtigsten Termine (z. B. Fertigstellung und Übergabe). Die Vorgehensweise für dessen Erstellung ist aufgrund der Komplexität nicht Inhalt dieser Arbeit.

3.1 Prozessmodellierung mit BPMN 2.0

In diesem Abschnitt werden die Notation und die zur Prozessdarstellung verwendeten grafischen Elemente erläutert. Allweyer[111] sowie Freund und Rücker[112] geben, wie nachfolgend dargestellt, einen übersichtlichen Einblick zum Thema BPMN. BPMN ist eine normierte grafische Spezifikationssprache zur Modellierung von Prozessen. Mit dieser Methode lassen sich Prozessabläufe er-

[108] D. Pippert; S. Steinhofer: *Technischer Bericht zur Prozessanalyse.*
[109] D. Pippert; S. Steinhofer: *Technischer Bericht zur Prozessanalyse.*
[110] vgl. F. Würfele; B. Bielefeld; M. Gralla: *Bauobjektüberwachung*, S. 34.
[111] vgl. T. Allweyer: *BPMN 2.0 – Business Process Model and Notation: Einführung in den Standard für die Geschäftsprozessmodellierung*, S. 8, 68 f.
[112] vgl. J. Freund; B. Rücker: *Praxishandbuch BPMN 2.0*, S. 8.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

fassen und grafisch in Ablaufdiagrammen darstellen. BPMN wurde von der Business Process Management Initiative (BPMI) entwickelt und im Jahr 2004 veröffentlicht.[113] Die BPMI wurde anschließend von der Object Management Group (OMG) übernommen. Die aktuelle Version *BPMN 2.0*, die auch in dieser Arbeit verwendet wurde, wird auf der Website der OMG[114] kostenlos zur Verfügung gestellt. Zu den wesentlichen BPMN-Elementen zählen die drei Flussobjekte (Flow Objects) Aktivitäten, Gateways sowie Ereignisse. Sie werden durch verschiedene Sequenzflüsse miteinander verbunden. Im Folgenden werden die für die Prozessdarstellung[115] verwendeten grafischen Elemente beschrieben.

Aktivitäten

Allweyer[116] definiert, dass Aktivitäten einzelne Aufgaben bzw. Tätigkeiten innerhalb eines Prozesses beschreiben. Dargestellt werden Aktivitäten, wie in Abbildung 3.1 ersichtlich, als Rechteck mit abgerundeten Ecken.

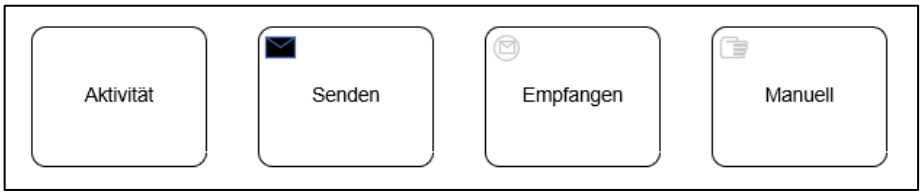


Abbildung 3.1: Aktivitäts-Typen in BPMN 2.0

Neben gewöhnlichen Aktivitäten stehen bei der Prozessdarstellung weitere Spezialisierungen, wie u. a. *Senden*, *Empfangen* und *Manuell*, zur Verfügung. Ein Aktivitätstyp *Senden* bzw. *Empfangen* beschreibt eine Tätigkeit, bei der zusätzlich eine Nachricht versendet oder empfangen wird. Der Aktivitätstyp *Manuell* beschreibt Tätigkeiten, die nicht IT-gestützt sind. Weiterhin wurden Aktivitäten mithilfe von Markierungen als *Schleifen* gekennzeichnet. Dabei werden Tätigkeiten, die als *Schleifen* markiert sind, so oft wiederholt, bis eine Ausführungsbedingung oder ein Abbruchkriterium erfüllt ist. In Abbildung 3.2 ist eine Aktivität dargestellt, die als *Schleife* markiert ist.

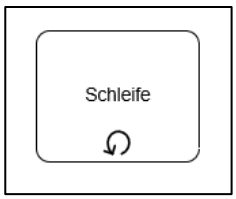


Abbildung 3.2: Schleife in BPMN 2.0

[113] vgl. Business Process Management Initiative: *Business Process Model and Notation (BPMN)*, S. 1.
[114] vgl. OMG: *https://www.omg.org/spec/BPMN/*, Zugriff am 14.09.2019.
[115] D. Pippert; S. Steinhofer: *Technischer Bericht zur Prozesserhebung.*
[116] vgl. T. Allweyer: *BPMN 2.0 – Business Process Model and Notation: Einführung in den Standard für die Geschäftsprozessmodellierung*, S. 95 - 100.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek WIEN Your knowledge hub

Ereignisse

Die Beschreibung von Ereignissen basiert auf dem *Leitfaden Prozessmodellierung* der PORR[117] sowie der Beschreibung von Freund und Rücker[118]. Ereignisse werden verwendet, um genau darzustellen, mit welchem Zustand ein Prozess beginnt (Startereignis) und endet (Endereignis). Außerdem werden Ereignisse verwendet, um Geschehnisse, die während des Prozesses auftreten oder ausgelöst werden (Zwischenereignisse), darzustellen. Geschehnisse können dabei das Eintreten eines bestimmten Sachverhalts sowie die Erreichung von Meilensteinen sein. In der nachfolgenden Tabelle 3.1 werden unterschiedliche Ereignisse aufgezeigt und beschrieben. Start- und Zwischenereignisse können über eine zeitliche Bedingung verfügen. Eine zeitliche Bedingung kann z. B. sein, dass ein Ereignis erst eintritt, wenn eine bestimmte Anzahl von Tagen vorbei ist. Ebenfalls können Start-, Zwischen- und Endereignisse mit dem Empfang oder Versand einer Nachricht gekennzeichnet sein. Hierbei können Nachrichten nur zwischen verschiedenen Pools (siehe nächster Abschnitt) versendet werden. Innerhalb eines Pools hingegen erfolgt die Weitergabe von Informationen über den Sequenzfluss. In Abbildung 3.3 werden die unterschiedlichen verwendeten Typen von Ereignissen differenziert. Nachrichten werden mittels eines Brief-Symbols und eine zeitliche Bedingung mittels einer Uhr dargestellt.

Tabelle 3.1: Darstellung von Ereignissen

Startereignis	Ein Startereignis löst einen Prozess aus und verfügt über einen ausgehenden Pfad
Zwischenereignis	Zwischenereignisse stellen Geschehnisse inmitten eines Prozessablaufs dar. Zwischenereignisse können eintreten oder ausgelöst werden und verfügen über einen eingehenden und einen ausgehenden Pfad.
Endereignis	Mit einem Endereignis wird das Ende eines Prozesses dargestellt. Ein Endereignis verfügt über einen eingehenden Pfad.

Abbildung 3.3: Typen von Ereignissen (Nachrichten und zeitliche Bedingung)

[117] vgl. PORR AG – Business Excellence: *Leitfaden Prozessmodellierung*, S. 19 f.
[118] vgl. J. Freund; B. Rücker. *Praxishandbuch BPMN 2.0*, S. 63 f.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

Pool und Lanes

Nach der Auffassung von Allweyer[119] repräsentiert ein Pool die an einem Prozess beteiligten Geschäftseinheiten und definiert die Grenzen des Prozessablaufs. Lanes hingegen repräsentieren nach der Definition von Gadatsch[120] die einzelnen Rollen bzw. Verantwortlichkeiten eines Prozesses und beschreiben dessen Details. In Abbildung 3.4 ist die PORR Design & Engineering GmbH als Pool und der Bauzeitplaner sowie der Kranplaner jeweils als Lane dargestellt.

Abbildung 3.4: Darstellung von einem Pool und zwei Lanes

Bei unternehmensübergreifenden Prozessen werden externe Prozessabläufe (z. B. des Auftraggebers) nach der Beschreibung von Allweyer[121] nicht dargestellt. Externe Beteiligte werden lediglich in Blackbox-Pools dargestellt, wie in Abbildung 3.5 ersichtlich.

Abbildung 3.5: Darstellung von einem Blackbox-Pool

Konnektoren

Die Beschreibung von Konnektoren, erfolgt in Anlehnung an Harder[122] sowie die PORR[123]. Die Informationsweitergabe zwischen einzelnen Elementen sowie der chronologische Ablauf eines Prozesses werden mit unterschiedlichen Konnektoren dargestellt. In Tabelle 3.2 werden die unterschiedlichen Konnektoren kurz erläutert.

---

[119] vgl. T. Allweyer: *BPMN 2.0 – Business Process Model and Notation: Einführung in den Standard für die Geschäftsprozessmodellierung*, S. 17, 49.

[120] vgl. A. Gadatsch: *Grundkurs Geschäftsprozess-Management*, S. 125 ff.

[121] vgl. T. Allweyer. *BPMN 2.0 – Business Process Model and Notation: Einführung in den Standard für die Geschäftsprozessmodellierung*, S. 17, 49.

[122] vgl. A, Harder: *Einführung in die Prozessdarstellung mit BPMN*, S. 23.

[123] vgl. PORR AG: *Leitfaden Prozessmodellierung*, S. 19 f.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

Tabelle 3.2: Konnektoren

Sequenzfluss	stellt die Informationsweitergabe zwischen einzelnen Elementen sowie die Abfolge der Ausführung dar
Nachrichtenfluss	stellt einen Informationsfluss zwischen Pools sowie einer prozessexternen Einheit dar
Assoziation	stellt die Verknüpfung von Aktivitäten und Objekten dar (z. B. Verbindung zwischen Datenobjekten und Aktivitäten)

Datenobjekte und Artefakte

Analog zur Beschreibung der Konnektoren, erfolgt die Beschreibung von Datenobjekten und Artefakten in Anlehnung an Harder[124] sowie den Leitfaden Prozessmodellierung[125]. Datenobjekte stellen Informationen dar, welche durch Aktivitäten erzeugt oder verwendet werden. Diese Informationen können analoge (z. B. Papierdokumente) oder digitale Daten (z. B. digitales Textdokument) sein. Für eine bessere Übersichtlichkeit wurden in dieser Arbeit Input-Datenobjekte gelb und Output-Datenobjekte blau markiert. Bei Artefakten handelt es sich um ergänzende Informationen, wie z. B. zusätzliche Beteiligte mit definierter Mitwirkung im Prozessablauf, IT-Systeme, Gruppierungen oder Anmerkungen. Allgemein werden Datenobjekte und Artefakte mit Aktivitäten mittels Assoziationen verknüpft. In Abbildung 3.6 sind die Symbole dargestellt, welche Datenobjekte, Datenspeicher und zusätzliche Beteiligte beschreiben.

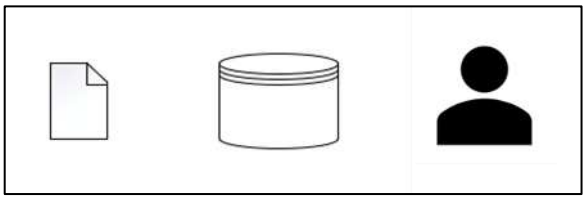


Abbildung 3.6: Datenobjekt, Datenspeicher und zusätzliche Beteiligte (Benutzer-Shape) in BMPN 2.0

Gateways

Mithilfe von Gateways können Verzweigungen (SPLIT) oder Zusammenführungen von Pfaden in Prozessen dargestellt werden. Für die Erstellung von Ablaufdiagrammen werden u. a. exklusive, inklusive und parallele Gateways verwendet. Nachfolgend werden die unterschiedlichen Gateways in Anlehnung an Harder[126], PORR AG[127] und BPM Offensive Berlin[128] erklärt.

[124] vgl. A. Harder: *Einführung in die Prozessdarstellung mit BPMN*, S. 21.
[125] vgl. PORR AG: *Leitfaden Prozessmodellierung*, S. 19 f.
[126] vgl. Anna Harder. *Einführung in die Prozessdarstellung mit BPMN*, S. 10-14.
[127] vgl. PORR AG – Business Excellence. *Leitfaden Prozessmodellierung*, S. 22 f.
[128] vgl. BPM Offensive Berlin: *http://www.bpmb.de/index.php/BPMNPoster*, Zugriff am 08.07.2019.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

Exklusive Gateways, auch als XOR-Gateways bezeichnet, werden verwendet, wenn bei einer Verzweigung genau eine Bedingung eintreffen darf. Demzufolge darf nur einem der ein- bzw. ausgehenden Flüsse gefolgt werden. Dargestellt werden exklusive Gateways mit einer leeren oder einer mit „X“ ausgefüllten Raute. In Abbildung 3.7 ist ein verzweigendes und ein zusammenführendes exklusives Gateway darstellt.

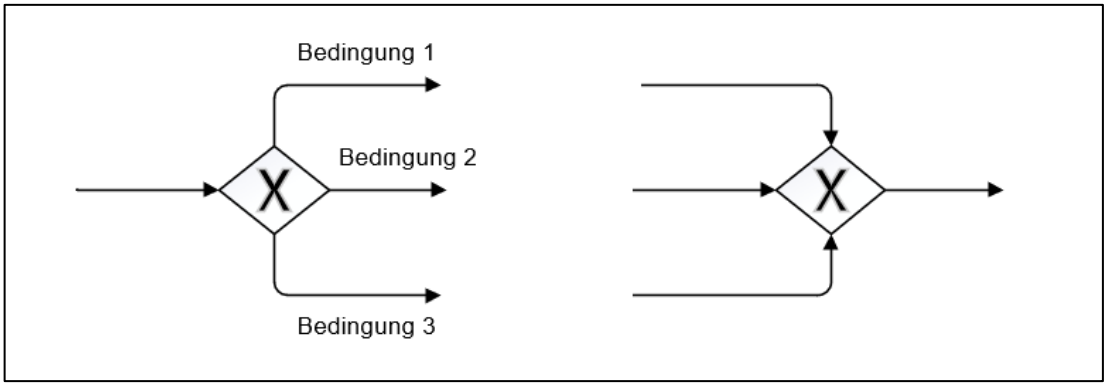


Abbildung 3.7: verzweigendes (links) und zusammenführendes (rechts) exklusives Gateway

Ein paralleles Gateway, auch als AND-Gateway bezeichnet, entspricht einem logischen „*Und*“. Dabei teilt ein verzweigendes paralleles Gateway einen Sequenzfluss in zwei oder mehr Flüsse, denen gefolgt werden muss. Das zusammenführende parallele Gateway wartet, bis alle eingehenden Flüsse angekommen sind, bevor der Prozessfluss fortgesetzt wird. Dargestellt werden parallele Gateways als Rauten, die mit einem „+“-Symbol ausgefüllt sind. In Abbildung 3.8 ist ein verzweigendes und ein zusammenführendes paralleles Gateway darstellt. Bei einem inklusiven Gateway können einem, mehreren oder allen Flüssen gefolgt werden. Gleiches gilt auch bei der Zusammenführung der Flüsse. Inklusive Gateways werden auch als OR-Gateways bezeichnet. Dargestellt werden inklusive Gateways als Rauten, die mit einem Kreis ausgefüllt sind. In Abbildung 3.9 ist ein verzweigendes und ein zusammenführendes inklusives Gateway darstellt.

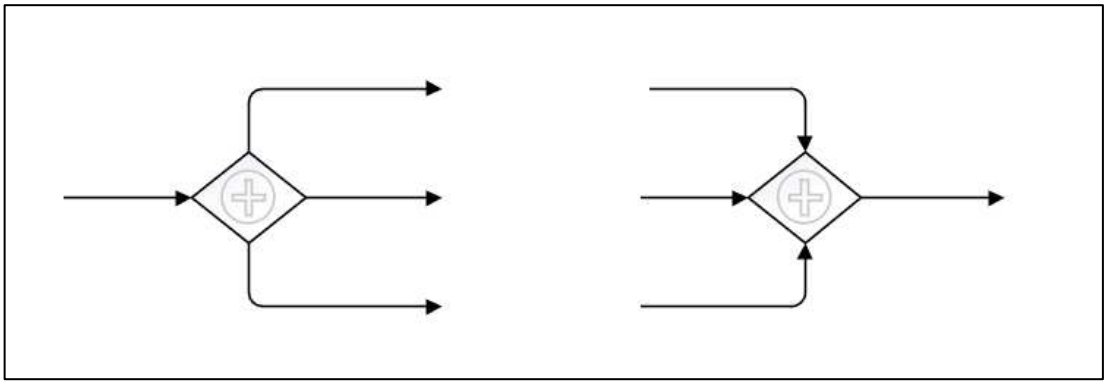


Abbildung 3.8: verzweigendes (links) und zusammenführendes (rechts) paralleles Gateway

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek WIEN Your knowledge hub

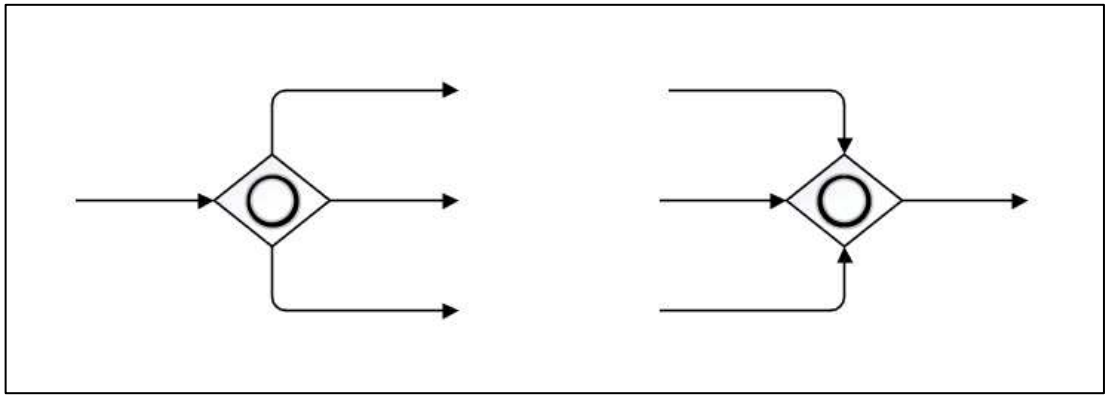


Abbildung 3.9: verzweigendes und zusammenführendes inklusives Gateway

3.2 Bisherige Vorgehensweise bei der Zeit- und Ressourcenplanung

Bisher erfolgt die Zeit- und Ressourcenplanung im Team ZRP über die *BGF-Methode*. Im Folgenden werden die Prozessabläufe zur Erstellung eines Angebotstermin- sowie Arbeitsbauzeitplans (Ist-Prozesse) beschrieben. Die modellierten Prozessdiagramme sind im technischen Bericht von Pippert und Steinhofer[129] (Bisherige Zeit- und Ressourcenplanung – Angebotsphase bzw. Ausführungsphase) hinterlegt. In Abbildung 3.10 ist veranschaulicht, in welcher Phase das Team ZRP einen Angebotstermin- bzw. Arbeitsbauzeitplan erstellt.

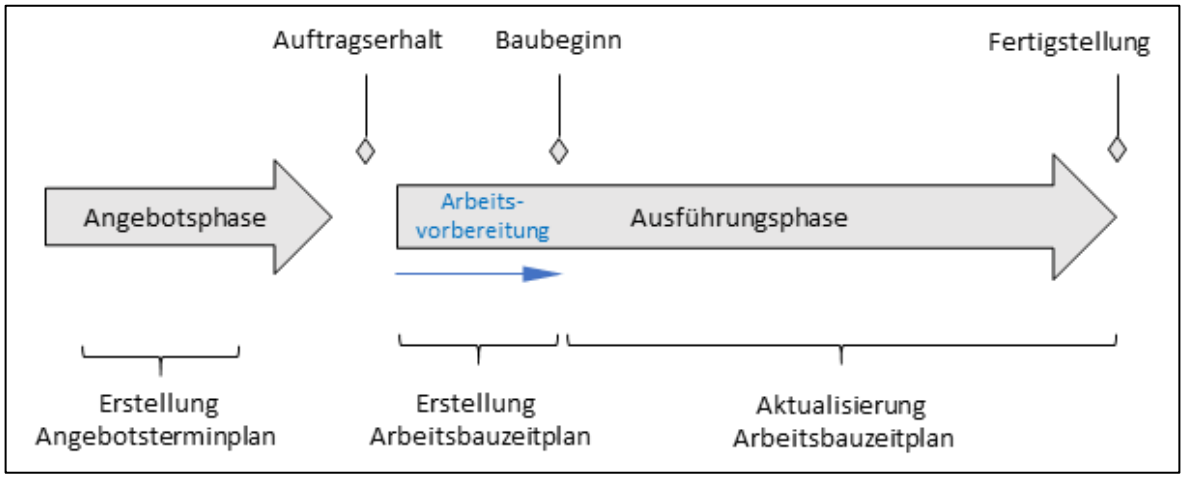


Abbildung 3.10: Terminplanerstellung in Angebots- und Ausführungsphase

3.2.1 Zeit- und Ressourcenplanung in der Angebotsphase

Das Ziel des Teams ZRP in der Angebotsphase ist die Erstellung eines Angebotsterminplans. In diesem Abschnitt werden die dafür notwendigen einzelnen Schritte beschrieben. Als Grundlage der Beschreibung dienen mit Teamleitung und Mitarbeitern des Teams ZRP geführte Fachgespräche.

[129] D. Pippert; S. Steinhofer: *Technischer Bericht zur Prozessanalyse*, S. 2-3.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

1) Startgespräch

Für das Team ZRP beginnt der Prozess der Zeit- und Ressourcenplanung in der Angebotsphase mit einem Startgespräch (Kickoff-Meeting), welches von der Abteilung Angebotsmanagement (Kalkulationsabteilung) initiiert wird. Dabei sind abhängig von Projektart und -umfang für gewöhnlich folgende Teilnehmer involviert:

- Geschäftsführung der PORR Design and Engineering GmbH bei Großprojekten (ab einer Auftragssumme von zwei Millionen Euro)
- Leitung Angebotsmanagement und Kalkulator
- Leitung Generalplanung (bei Generalunternehmer-Projekten)
- Teamleitung ZRP und Bauzeitplaner
- Team BKP
- Gruppenleitung (Operative Einheit – PORR Bau GmbH)

Im Zuge des Startgesprächs stellt die Abteilung Angebotsmanagement das Bauvorhaben vor. Es werden Ziele und vor allem etwaige Hürden (z. B. knappes vorgegebenes Zeitfenster für die Ausführung) sowie Zwangspunkte (z. B. ungünstige Platzverhältnisse) aufgezeigt. Ebenso werden die Aufgaben und deren Bearbeitungstiefe sowie erste Annahmen hinsichtlich der Zeit- und Ressourcenplanung festgelegt. Diese Annahmen können beispielsweise pauschale Ausführungszeiten unterschiedlicher Arbeiten sein. Abhängig von Projektart und -umfang variieren diese Annahmen. Alle notwendigen Unterlagen (z. B. Leistungsverzeichnisse und Planunterlagen) werden via SharePoint an die Teamleitung ZRP sowie an alle anderen Beteiligten übergeben. Bei SharePoint handelt es sich um eine Webanwendung, welche mit einem Intranet vergleichbar ist. Microsoft[130] zufolge dient SharePoint der Zusammenarbeit zwischen Projektteams hinsichtlich Datenaustausch, Projektverwaltung und Aufgabenkoordination. Die Teamleitung ZRP stimmt die weitere Vorgehensweise mit dem zuständigen Bauzeitplaner ab. Abschließend wird ein Startgesprächsprotokoll, welches durch die Abteilung Angebotsmanagement erstellt wird, an alle Teilnehmer per Mail versendet.

2) Analyse der Ausschreibungsunterlagen

Die zur Verfügung stehenden Ausschreibungsunterlagen sowie sonstige Unterlagen (z. B. Festlegungen der Abteilung Angebotsmanagement) werden vom zuständigen Bauzeitplaner analysiert. Dabei wird zunächst der Leistungsumfang überprüft. Hierbei wird festgestellt, welche Leistungen von der PORR selbst und welche durch Nachunternehmern erbracht werden. Um den für die Ausführung zur Verfügung stehenden Zeitraum zu ermitteln, sind die vom Auftraggeber vorgegebenen Meilensteine (siehe Abschnitt 2.1.1) zu berücksichtigen. Außerdem werden für die Terminplanung weitere relevante Vorgaben (z. B. für Baugrubenherstellung bzw. -sicherung) und Planunterlagen (z. B. Lagepläne und Tragwerkspläne) selektiert.

[130] vgl. Microsoft: *https://products.office.com/de-ch/business/teamwork/online-file-storage-and-sharing*, Zugriff am 10.06.2019.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

3) Ermittlung von Krananzahl und Dauern für Beton- und Stahlbetonarbeiten

Für eine grobe Ermittlung der Dauer für Beton- und Stahlbetonarbeiten (Rohbauarbeiten) sind vorab die Bruttogeschossflächen des Bauwerks aus den zur Verfügung stehenden Unterlagen zu entnehmen. Üblicherweise wird eine BGF-Auflistung durch den Auftraggeber oder der Abteilung Angebotsmanagement zur Verfügung gestellt. Andernfalls sind die BGF den Planunterlagen oder, falls vorhanden, den 3D-Modellen zu entnehmen. Über verschiedene Leistungsansätze, die je nach Geschossebene (Untergeschoss inklusive/exklusive Bodenplatte, Erdgeschoss, Obergeschoss) variieren, wird die grobe Dauer für die Rohbauarbeiten ermittelt. Bei den Leistungsansätzen handelt es sich um Erfahrungswerte. Diese beschreiben näherungsweise die Bruttogeschossfläche einer Geschossebene in Quadratmeter (inklusive Wände, Stützen und Decke), die mit einem Kran pro Woche hergestellt werden kann. Somit kann anhand der, üblicherweise vom Auftraggeber, vorgegebenen Ausführungsdauer die erforderliche Krananzahl abgeleitet werden. Ist die Ausführungsdauer nicht vorgegeben, besteht die Möglichkeit, die kürzest mögliche Ausführungsdauer bei maximaler Krananzahl zu ermitteln. Die maximale Krananzahl ist abhängig von den Baustellenbedingungen (z. B. örtliche Platzverhältnisse) und mit dem Team BKP abzustimmen. Die Berechnungen erfolgen mittels eines vordefinierten Excel-Sheets. Nachdem die grobe Dauer für die Beton- und Stahlbetonarbeiten ermittelt wurde, wird diese von der Teamleitung überprüft (Vier-Augen-Prinzip) und ist bei Änderungen anschließend vom Bauzeitplaner zu überarbeiten. Bei den Rohbauarbeiten handelt es sich üblicherweise um die zeitlich umfangreichsten Ausführungen. Mit der *BGF-Methode* kann zügig aufgezeigt werden, ob die Rohbauarbeiten in dem vorgegebenen Zeitraum realisierbar sind. Anschließend werden die Ergebnisse dem Team BKP zur Erstellung der Baustellungeinrichtungs- und Kranplanung übergeben.

4) Baustelleneinrichtungs- und Kranplanung

Alle unrelevanten Informationen werden mittels einer CAD-Software durch einen Mitarbeiter des Teams BKP aus den digitalen Planunterlagen, welche vom Auftraggeber im Zuge der Ausschreibung zur Verfügung gestellt wurden, entfernt. Anschließend werden die Kranstellplätze festgelegt. Bei der Wahl der Kranstellplätze ist u. a. zu berücksichtigen, dass die Tragfähigkeit des Untergrundes und der Auf- und Abbau der Krane mit einem Autokran gewährleistet sein muss. Außerdem sollten die Be- und Entladeplätze sowie Lagerplätze möglichst im Schwenkbereich der Krane liegen. Weiterhin werden die Krane dimensioniert. Dabei werden Kran-Typ, Kran-Höhe und Auslegerlänge bestimmt. Bei der Dimensionierung sind vor allem die zu hebenden Lasten zu berücksichtigen. Aufgrund der hohen Lasten von Fertigteilen ist zu überprüfen, ob eine Herstellung mit Fertigteilelementen (z. B. Fertigteiltreppen) erfolgt. Neben der Kranplanung erfolgt die grobe Planung der Baustelleneinrichtungselemente (z. B. Containerflächen, Lagerflächen, Zufahrten und Transportwege). Die Ergebnisse der Baustelleneinrichtungs- und Kranplanung sind mit dem Bauzeitplaner abzustimmen. Bei Änderungen ist der Entwurf vom Kranplaner zu überarbeiten. Für eine bessere Nachvollziehbarkeit zeigt Abbildung 3.11 einen Ausschnitt eines Baustelleneinrichtungsentwurfs.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU WIEN Bibliothek Your knowledge hub

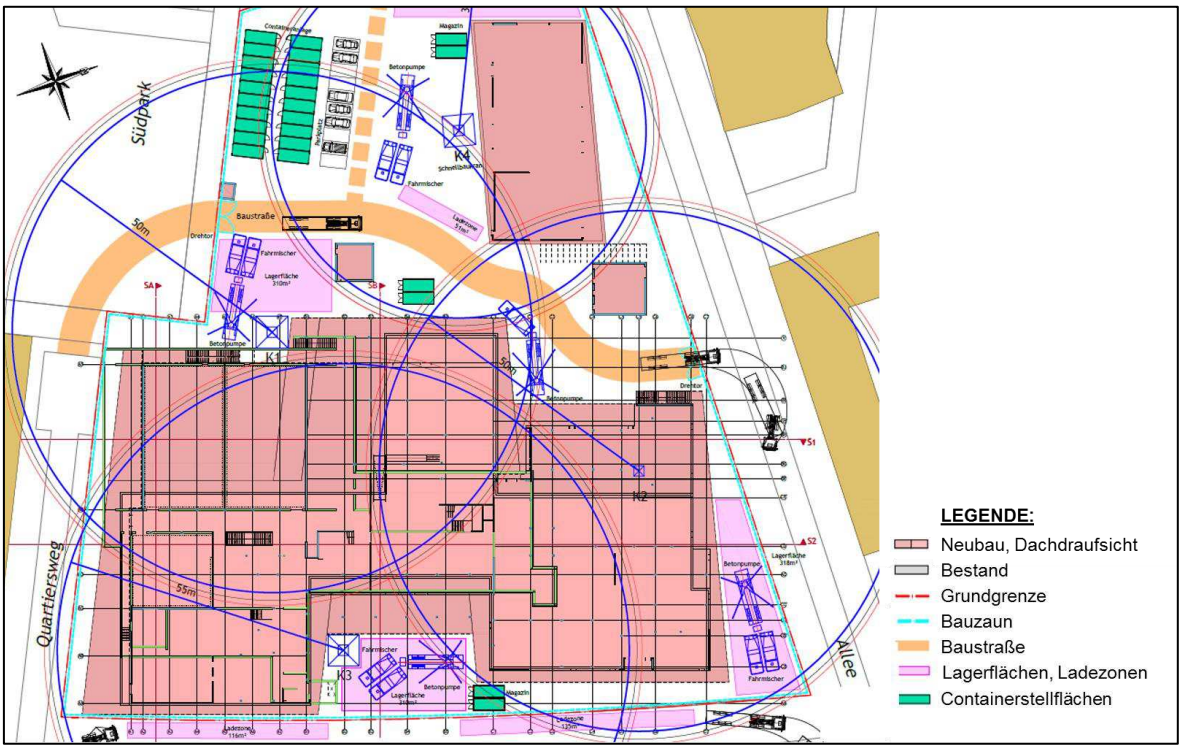


Abbildung 3.11: Baustelleneinrichtungsplan (Grundriss)[131]

5) Erstellung des Angebotsterminplans (Grobterminplan)

Die Erstellung des Angebotsterminplans erfolgt parallel zur Baustelleneinrichtungs- und Kranplanung. Für die Erstellung von Terminplänen für Hochbauprojekte wird im Team ZRP ausschließlich die Bauzeitplanungs-Software MS Project verwendet. Für ein neues Projekt ist in MS Project der vordefinierte Kalender zu verwenden. Dieser enthält u. a. festgelegte arbeitsfreie Zeiten (z. B. Feiertage, Schlechtwetterzeiten und Betriebsferien über die Weihnachtszeit). Die Darstellung erfolgt allgemein als Balkenplan, wobei alle Vorgänge für gewöhnlich mit einer Ende-Anfang-Beziehung (Normalfolge) verknüpft werden. Mittels Eingabe von Zeitabständen kann der Beginn des nachfolgenden Vorgangs angepasst werden. Um den Beginn des nachfolgenden Vorgangs beispielsweise bei zeitgleicher Ausführung anzupassen, kann ein negativer Zeitabstand für die Dauer der zeitgleichen Ausführung eingegeben werden. Der kritische Weg (siehe Abschnitt 2.1.5) lässt sich mittels einer Funktion in MS Project automatisch errechnen. Die Struktur für den Aufbau eines Angebotsterminplans kann abhängig vom Bauvorhaben wie folgt gegliedert sein:

- **Meilensteine**
  - Meilensteine des Auftraggebers gem. Ausschreibungsunterlagen (z. B. Beginn und Ende der Beton- und Stahlbetonarbeiten, Fertigstellung)
  - Meilensteine PORR (z. B. Annahmen für das Vorliegen von Genehmigungen, Übergaben und Baubeginn)

[131] PORR Design & Engineering GmbH: *Leistungskatalog Bauvorbereitung*, S. 8.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

- **Planleistungen**
    - z. B. Dauer der Ausführungsplanung
- **Ausführung**
    - Aufbau Baustelleneinrichtung
    - Herstellung Baugrube
        - Kampfmittelsondierung
        - Baugrubensicherung (z. B. Bohrpfähle)
        - Erdaushub
        - Wasserhaltungs- / Drainagearbeiten
        - Kanalarbeiten
        - Tiefgründungen
    - Kranstandzeiten
    - Beton- und Stahlbetonarbeiten (Rohbauarbeiten)
        - Geschossebenen (ggf. Bauteile)
    - Gebäudehülle
        - Dach
        - Fenster
        - Fassade
    - Technische Gebäudeausrüstung
    - Innenausbau
        - Trockenbauarbeiten
        - Estricharbeiten
        - Malerarbeiten
        - etc.
    - Außenanlagen
- **Abnahmen, Inbetriebnahmen und Restleistungen**
- **Übergabe an Auftraggeber**

Für die Ermittlung etwaiger Vorlaufzeiten für Planleistungen oder Vorarbeiten werden durchschnittliche Erfahrungswerte verwendet. Diese Erfahrungswerte wurden aus Referenzprojekten abgeleitet, in einer Wissensdatenbank des Teams ZRP gesammelt und werden bei neuen Erkenntnissen aktualisiert. Bei der Wissensdatenbank handelt es sich um unterschiedliche Excel-Sheets, die auf dem Server des Teams ZRP abgelegt sind. Im Zuge der Planleistungen sind die festgelegten Annahmen mit der Planungsabteilung abzustimmen. Auch für die Ermittlung der Herstelldauern von Gebäudehülle, Außenanlagen, Innenausbau (z. B. Trockenbau, Estricharbeiten, Malerarbeiten etc.), TGA sowie Abnahmen, Inbetriebnahmen und Restleistungen werden vorwiegend pauschale Erfahrungswerte verwendet. Diese Werte variieren je nach Gebäudeart (z. B. Wohn- oder Bürogebäude). Für die Dauer der Baugrubenarbeiten werden vorab die Mengen (z. B. an Erdaushub) den Unterlagen (z. B. Leistungsverzeichnis) entnommen oder

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

anhand der Planunterlagen ermittelt. Mittels Leistungsansätzen (Literatur- bzw. Erfahrungswerte) werden die Dauern der einzelnen Tätigkeiten bestimmt und unter Berücksichtigung ihrer technischen Abhängigkeiten (Reihenfolge) miteinander verknüpft. Die Beton- und Stahlbetonarbeiten sind nach Geschossebenen und zusätzlich nach Bauteilen (z. B. 1. Obergeschoss – Wände) zu unterteilen. Die Herstellungsdauer der jeweiligen Geschossebene sowie die Kranstandzeiten sind aus dem dritten Schritt *Ermittlung von Krananzahl und Dauern für Beton- und Stahlbetonarbeiten* zu übernehmen. Geschossebenen werden als Sammelvorgänge angelegt. Unter den Sammelvorgängen (z. B. 1. Obergeschoss) werden Bauteile (z. B. Wände, Stützen und Decken) als Vorgänge angelegt. Der BGF-Leistungsansatz berücksichtigt die Herstellung aller Bauteile einer Geschossebene je Quadratmeter und Kran-Woche. In Abbildung 3.12 sind Abfolge und Herstelldauern einzelner Geschossebenen, untergliedert in die Einzelvorgänge *Wände*, *Stützen* und *Decken*, exemplarisch dargestellt. Die Vorgänge *Wände* und *Stützen* müssen aus technischen Gründen abgeschlossen sein, bevor die Decke dieser Geschossebene hergestellt werden kann. Daher kann der BGF-Leistungsansatz zur Dauerermittlung, nicht aber für die endgültige Termin- und Ablaufplanung verwendet werden. In Bereichen, in denen die Bodenplatte oder die Decke des darunterliegenden Geschosses schon hergestellt wurde, kann die Herstellung der Wände und Stützen beginnen. Aus diesem Grund werden die in Abbildung 3.12 dargestellten Einzelvorgänge *Wände* und *Stützen* vorgezogen. In Abbildung 3.13 ist dies exemplarisch durch eine Vorverlegung dieser Einzelvorgänge um 20 Tage dargestellt. Dadurch verlängert sich zwar die Dauer des Sammelvorgangs, der Zeitpunkt der Fertigstellung ändert sich dadurch jedoch nicht. Die Dauer dieser Zeitabstände, um welche die Vorgänge *Wände* und *Stützen* vorgezogen werden, basieren auf Erfahrungswerten.

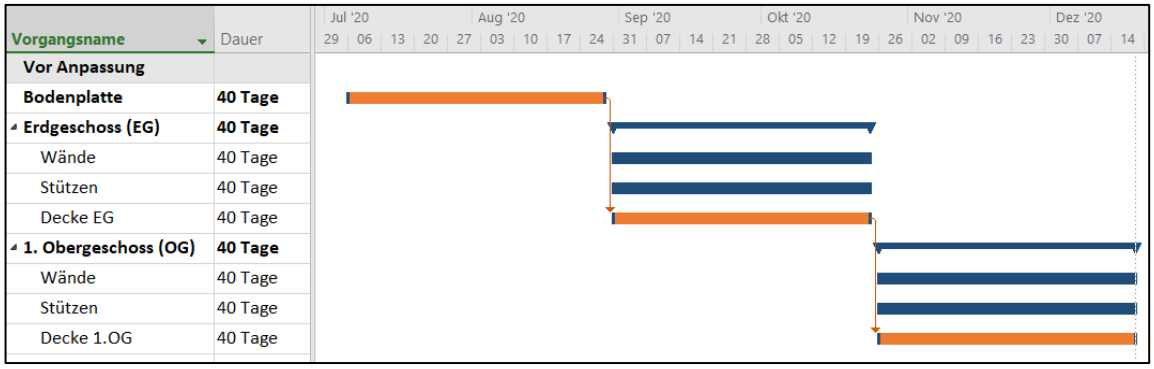


Abbildung 3.12: Dauerermittlung von Geschossebenen gem. BGF-Methode

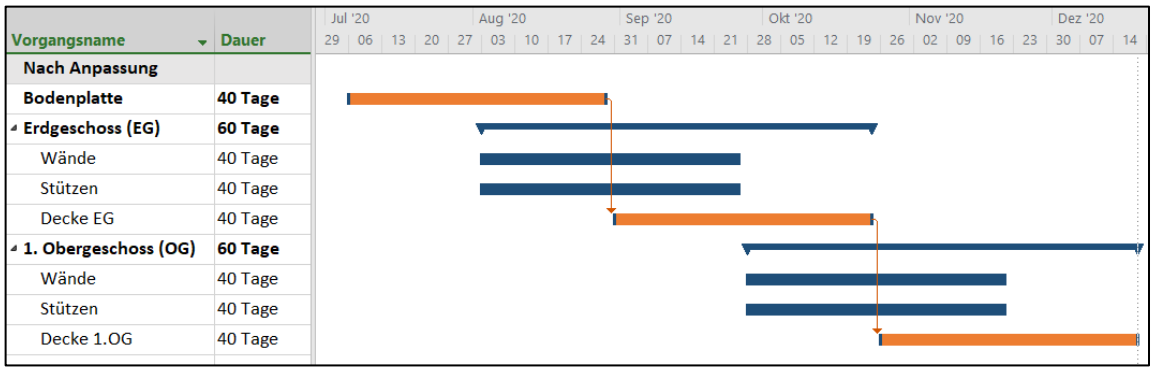


Abbildung 3.13: Anpassung der Vorgänge im Zuge der BGF-Methode

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

6) Abstimmung mit Leitung Angebotsmanagement und Gruppenleitung

Die bisherigen Ergebnisse der Terminplanung sowie der Baustelleneinrichtungs- und Kranplanung werden von der Teamleitung ZRP mit der Leitung der Abteilung Angebotsmanagement, dem zuständigen Kalkulator und der Gruppenleitung abgestimmt. Bei etwaigen Änderungen sind die Terminplanung durch den Bauzeitplaner und die Baustelleneinrichtungs- und Kranplanung durch das Team BKP zu überarbeiten. Hat sich im Zuge der Terminplanung herausgestellt, dass die Ausführung des Bauvorhabens in dem vorgegebenen Zeitraum nicht oder nur unter enormen Kosten realisierbar ist, ist gemeinsam darüber zu entscheiden, ob eine weitere Angebotsbearbeitung und -legung generell verfolgt werden soll. Wird eine weitere Angebotsbearbeitung und -legung nicht verfolgt, endet der Prozess für das Team ZRP an dieser Stelle.

7) Hinterlegung der Ressourcen im Angebotsterminplan

Im Zuge der Ressourcenplanung werden die Ressourcen für eine spätere Auswertung in einem Terminplan hinterlegt. Für die Ressourcenauswertung werden vorwiegend die erforderlichen Mengen an Schalung, Bewehrung und Beton benötigt. Diese sind je Geschoss und Bauteil einem 3D-Modell oder einem Leistungsverzeichnis zu entnehmen oder anhand der zur Verfügung stehenden Planunterlagen zu ermitteln. Zusätzlich wird bei umfangreichen Baugrubenarbeiten die Menge für den zu transportierenden Erdaushub ermittelt. Anschließend sind in MS Project die Mengen den jeweiligen Vorgängen zu hinterlegen. Darüber hinaus werden in MS Project neben den Ressourcen auch die BGF den Geschossebenen zugeordnet.

8) Erstellung des Ressourcenplans

Die Ressourcenauswertung konzentriert sich hauptsächlich auf die Rohbauarbeiten und wird auf Grundlage der Krankapazität bewertet. Die Ergebnisse einer Ressourcenauswertung werden in einem Ressourcenplan dargestellt. Die Auswertung erfolgt über ein vordefiniertes Excel-Sheet. Die in MS Project hinterlegten Mengen an Schalung, Bewehrung, Beton und BGF werden in das Excel-Sheet importiert. Durch das Excel-Sheet werden Diagramme erstellt, in denen die jeweiligen zu verarbeitenden Mengen pro Monat, Woche oder Tag über den Ausführungszeitraum dargestellt sind. In Abbildung 3.14 sind beispielsweise die monatlichen Mengen an Beton über den Ausführungszeitraum Oktober 2019 bis September 2020 dargestellt.

Mittels Aufwandswerten (Erfahrungswerte) für das Schalen, Bewehren und Betonieren wird über die Gesamtmenge pro Monat die Bedarfsmenge an produktiven Mannstunden pro Monat ermittelt. Anhand der Krananzahl und der Anzahl der Arbeitskräfte (AK), die durch einen Kran bedient werden (ca. 20 AK pro Kran), sowie deren Arbeitsstunden pro Monat (ca. 170 Stunden pro Monat) wird eine Obergrenze an produktiven Stunden pro Monat (Krankapazität) ermittelt (siehe Formel 4). Anhand der Krananzahl und der Kranleistung kann eine Obergrenze an herzustellender BGF in Quadratmeter pro Monat bestimmt werden. Diese Obergrenze kann mit der Summe der monatlich herzustellenden BGF in Quadratmeter, die notwendig ist, um den Terminplan einzuhalten, verglichen werden. Mit Hilfe des Excel-Sheets ist es möglich die Ressourcenauswertung auf die Woche oder den Tag genau durchzuführen. Hierbei sind für die

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek WIEN Your knowledge hub

Krankapazität die Arbeitsstunden pro Woche oder Tag zu verwenden. Weiterhin lässt sich aus den produktiven Mannstunden über die Arbeitszeit die Anzahl der erforderlichen Arbeitskräfte ableiten. Darüber hinaus kann über Kennzahlen (z. B. Menge an Bewehrungsmatten, die mit einem Lastkraftwagen transportiert werden können) und den täglich zu befördernden Mengen an Bewehrung, Schalung, Beton und Erdaushub die erforderliche Anzahl an Lastkraftwagen (Lkw) ermittelt werden. Anhand der täglichen Anzahl an Lkws kann zusätzlich Anzahl und Dimensionierung der Be- und Entladestellen beurteilt werden. Grundsätzlich kann bei Bedarf anhand der Leistungsansätze und der Mengen (z. B. Erdaushub) auch die Anzahl weiterer notwendiger Großgeräte (z. B. Bagger) ermittelt werden.

$$\begin{aligned}\text{Krankapazität (h)} &= \text{Arbeitsstunden pro Monat (h/AK)} \\ &\quad \times \text{Krananzahl (Stück)} \\ &\quad \times \text{Arbeitskräfte pro Kran (AK/Stück)}\end{aligned} \tag{4}$$

In Abbildung 3.15 ist eine Ressourcenauswertung in einem Ressourcenplan mit den monatlichen Gesamt-Mannstunden für Bewehrungs-, Schalungs- und Betonierarbeiten dargestellt. Zudem ist der Bedarf an produktiven Mannstunden (Stundenganglinie) und die Obergrenze an produktiven Mannstunden (Krankapazität) bei normaler und erhöhter Arbeitszeit ersichtlich. Die Stundenganglinie (Polylinie Summe Mannstunden) wird bei vereinzelten Sprüngen automatisch in dem Excel-Sheet geglättet.

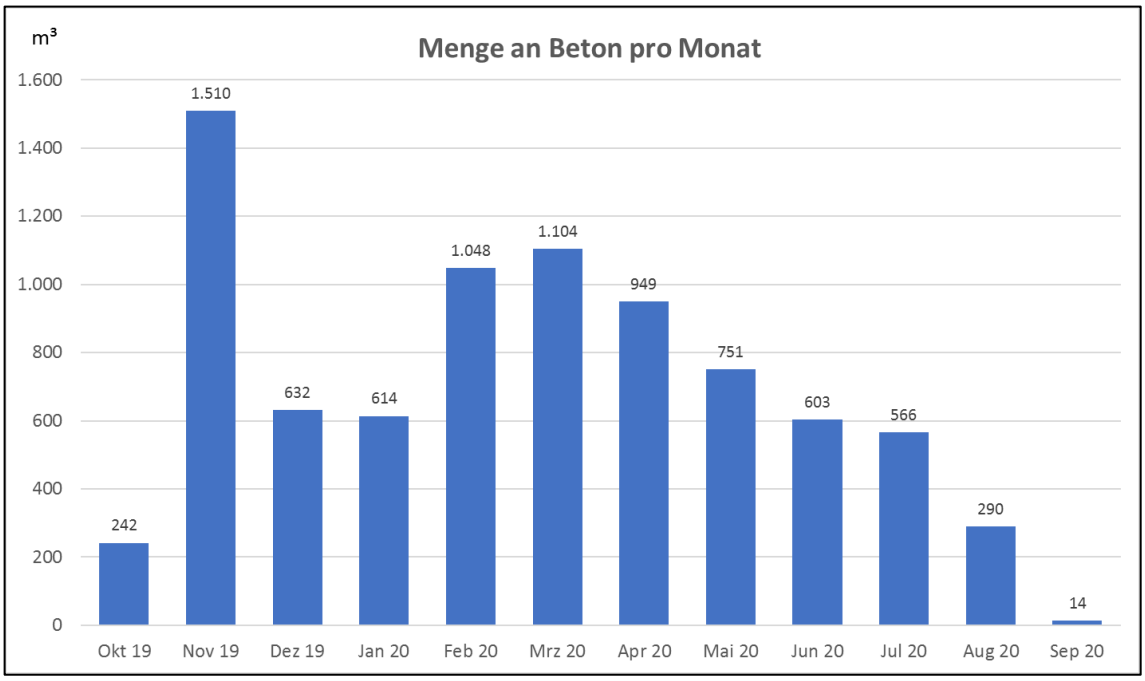


Abbildung 3.14: Menge an Beton (m³) pro Monat[132]

[132] PORR Design & Engineering GmbH; R. Hofbauer: *PDE – Team Bauzeitplanung / Prozessabläufe*, S. 9 (Präsentation).

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

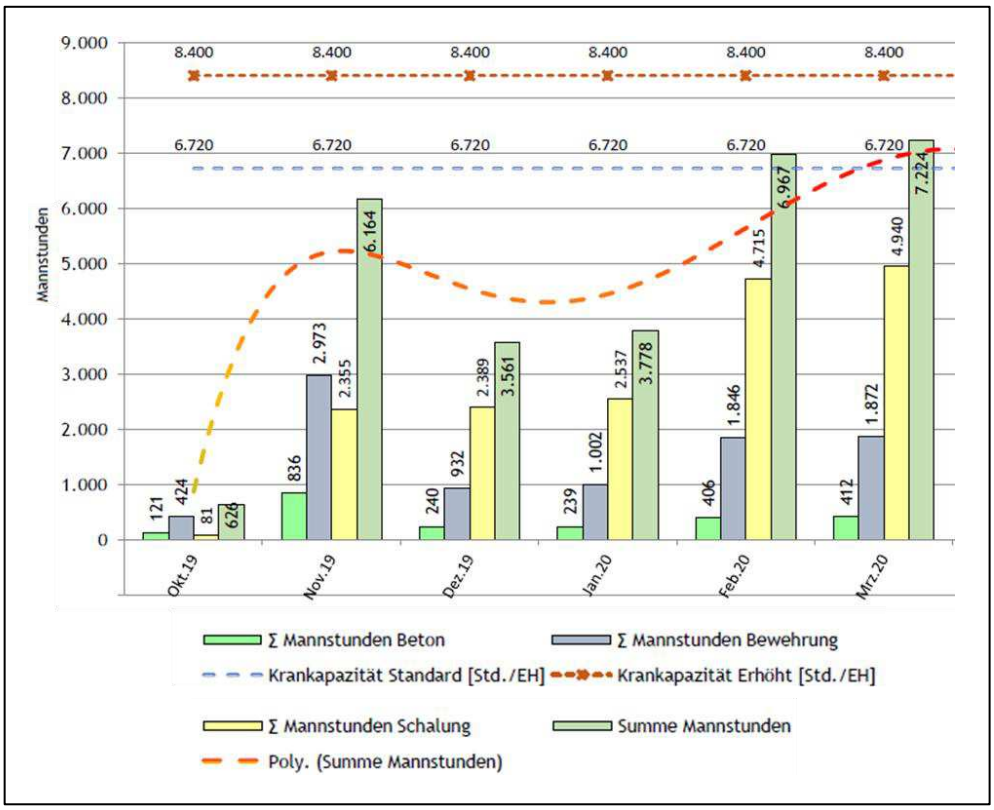


Abbildung 3.15: Ausschnitt aus einem Ressourcenplan[133]

Der Abbildung 3.15 ist zu entnehmen, dass in den Monaten Februar und März die Standard-Krankapazität bei normaler Arbeitszeit (6720 Stunden pro Monat) leicht überschritten wird. Werden die Ressourcenobergrenzen (Krankapazitäten) mit den monatlichen notwendigen Ressourcen (Bedarf an produktiven Mannstunden) verglichen, können Überlastungen oder freie Kapazitäten ermittelt werden. Diese Gegenüberstellung wird von der Teamleitung ZRP überprüft und dient dazu, die Plausibilität des Terminplans zu belegen. Darüber hinaus können Rückschlüsse auf die Ausführungszeit hinsichtlich einer Verkürzung oder Verlängerung gezogen werden.

9) Optimierung des Ressourcenplans

Der Ressourcenplan zeigt deutlich auf, in welchen Zeiträumen die Krankapazität über- bzw. unterschritten wird. In den Zeiträumen, in denen die Krankapazität unterschritten wird, kann durch eine Erhöhung der Arbeitskräfte die Ausführung der in dem Zeitraum liegenden Arbeiten verkürzt werden. Hierbei sind allgemeine Abhängigkeiten und weitere Randbedingungen (z. B. Platzverhältnisse) zu berücksichtigen. Sollte der Ressourcenbedarf die Obergrenze übersteigen, ist die Krankapazität durch Erhöhung der Arbeitszeit bzw. Krananzahl anzupassen. Die Erhöhung der Krananzahl erfordert eine Abstimmung hinsichtlich der Realisierbarkeit mit

[133] PORR Design & Engineering GmbH: *Leistungskatalog Bauvorbereitung*, S. 11.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek WIEN Your knowledge hub

dem Team BKP. Anschließend ist der Entwurf der Baustelleneinrichtungs- und Kranplanung vom Team BKP an die neue Krananzahl anzupassen.

10) Erstellung eines Technischen Berichts

Die Ergebnisse der Termin- und Ressourcenplanung sowie der Baustelleneinrichtungs- und Kranplanung werden abschließend gemeinsam vom Bauzeitplaner und dem Team BKP in einem technischen Bericht zusammengefasst.

11) Übergabe der Unterlagen

Nachdem die erstellten Unterlagen von der Teamleitung ZRP freigegeben wurden, sind diese vom Bauzeitplaner für eine weitere Angebotsbearbeitung und als Information per Mail an folgende Prozessbeteiligten zu senden:

- Leitung Generalplanung (bei Generalunternehmer-Projekten)
- Leitung Angebotsmanagement und Kalkulator
- Gruppenleitung

Der Ist-Prozess für die Erstellung eines Angebotsterminplans endet für das Team ZRP an dieser Stelle.

3.2.2 Zeit- und Ressourcenplanung in der Ausführungsphase

Nach Auftragserhalt erfolgt zu Beginn der Ausführungsphase die Erstellung des Arbeitsbauzeitplans. Diese erfolgt im Rahmen der Arbeitsvorbereitung und ist, ebenso wie die laufende Aktualisierung des Arbeitsbauzeitplans während der Herstellung des Bauwerks, Aufgabe des Teams ZRP. Die dazu notwendigen Schritte werden in diesem Abschnitt beschrieben. Als Grundlage der Beschreibung dienen mit Teamleitung und Mitarbeitern des Teams ZRP geführte Fachgespräche.

1) Startgespräch

Nachdem das Unternehmen PORR den Auftrag für ein Bauvorhaben erhalten hat und ein Baueinleitungsgespräch abgehalten wurde, beginnt der Prozess für das Team ZRP mit einem Startgespräch (Kickoff-Meeting). Dieses Startgespräch wird von der Gruppen-, Projekt- und Bauleitung (PORR Bau GmbH) initiiert. Beteiligt sind dabei vorwiegend folgende Teilnehmer:

- Gruppen-, Projekt- oder Bauleitung (ggf. Polier, falls dieser schon feststeht)
- Teamleitung ZRP und Bauzeitplaner
- Team BKP

Im Zuge des Startgesprächs werden vor allem Abweichungen zur Angebotsphase und neue Erkenntnisse erläutert. Weiterhin werden Ziele und Hürden aufgezeigt sowie Aufgaben und deren Bearbeitungstiefe hinsichtlich der Zeit- und Ressourcenplanung fixiert. Außerdem wird die

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

Kalendervorlage festgelegt. Hier werden neben dem Arbeitszeitmodell auch Feiertage, Fenstertage und Schlechtwettertage abgestimmt. Alle notwendigen Vertragsunterlagen (Leistungsverzeichnis, Baubeschreibung, Pläne etc.) werden von der Gruppen-, Projekt- und Bauleitung via SharePoint an die Teamleitung ZRP sowie alle anderen Beteiligten übergeben. Der Verantwortungsträger eines Bauprojekts kann im Prozessverlauf variieren. Daher wird in dieser Arbeit die verantwortliche Rolle für ein Bauprojekt als *Gruppen-, Projekt- und Bauleitung* bezeichnet. Bei kleineren Projekten kann es sein, dass die Rolle der Projekt- und Bauleitung von einer Einzelperson übernommen wird. Die Teamleitung ZRP stimmt die Vorgehensweise mit dem zuständigen Bauzeitplaner ab. Abschließend wird ein Startgesprächsprotokoll, welches vom Bauzeitplaner erstellt wird, an alle Teilnehmer per Mail versendet.

2) Analyse der Vertragsunterlagen

Im nächsten Schritt werden die zur Verfügung stehenden Vertragsunterlagen (z. B. Baubeschreibung oder Vertragsterminplan) und sonstigen Unterlagen (z. B. verkehrsrechtliche Anordnungen) vom Bauzeitplaner analysiert. Dabei werden die Unterlagen sowie der Vertragsterminplan mit dem Angebotsterminplan verglichen, um neue Erkenntnisse und Abweichungen hinsichtlich des Leistungsumfangs festzustellen. Abgesehen davon sind unter Berücksichtigung des Vertragsterminplans die vom Auftraggeber vorgegebenen Meilensteine zu übernehmen. Für die Zeit- und Ressourcenplanung werden außerdem weitere relevante Vorgaben (z. B. Vorgehensweise der Baugrubenherstellung bzw. -sicherung und Logistikkonzepte) und Planunterlagen (z. B. Lagepläne und Tragwerkspläne) selektiert.

3) Festlegung von Bauverfahren und Optimierungen

Nachdem die Vertragsunterlagen analysiert wurden, wird das Bauverfahren durch Bauzeitplaner, Teamleitung ZRP, Team BKP und Gruppen-, Projekt- und Bauleitung festgelegt. Im Zuge der Abstimmung werden die vom Auftraggeber im Vertrag vorgegebenen Bauverfahren besprochen. Hierbei ist zu überprüfen, ob Optimierungspotentiale hinsichtlich Zeit und Kosten bestehen. Bestehen von Seiten des Auftraggebers keine Vorgaben bezüglich des durchzuführenden Bauverfahrens, ist das wirtschaftlichste Verfahren zu ermitteln. Aufgrund ihrer Erfahrung können Gruppen-, Projekt- und Bauleitung beurteilen, welche Verfahren hinsichtlich Durchführbarkeit, Geschwindigkeit und Wirtschaftlichkeit besonders geeignet sind. Hierbei werden auch Anmerkungen des zuständigen Poliers hinsichtlich der Durchführbarkeit berücksichtigt, falls dieser zu diesem Zeitpunkt schon bekannt ist. Wird in Folge von Optimierungen von Vorgaben des Auftraggebers abgewichen (z. B. Einsatz von vorgefertigten Loggia- und Balkonplatten bei Ortbetonbauweise), ist die Zustimmung des Auftraggebers durch die Gruppen-, Projekt- und Bauleitung einzuholen. Außerdem ist zu überprüfen, ob eine Umplanung hinsichtlich abweichender Verfahren unter Berücksichtigung zusätzlicher Planvorlaufzeiten zeitlich durchführbar ist.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU WIEN Bibliothek Your knowledge hub

4) Erstellung des Bauablaufkonzepts

Aufbauend auf den zuvor abgestimmten Festlegungen wird vom Bauzeitplaner das Bauablaufkonzept erstellt. Die einzelnen notwendigen Vorgänge (Arbeitsschritte) zur Herstellung von Rohbau, Gebäudehülle, Innenausbau, TGA sowie Außenanlagen werden abhängig vom Bauverfahren ermittelt und der Reihenfolge nach strukturiert. Bei der chronologischen Abfolge sind die Abhängigkeiten zwischen den Vorgängen zu berücksichtigen. Zudem werden Baurichtung und Bau-Reihenfolge von Teilbauwerken (z. B. Gebäudekomplex bestehend aus einzelnen Gebäuden) fixiert. Die Baurichtung kann beispielsweise durch Planliefertermine oder Fertigstellungstermine bestimmter Abschnitte vom Auftraggeber vorgegeben sein. Andernfalls ist die Baurichtung unter Berücksichtigung örtlicher Randbedingungen und Logistikaspekte (z. B. Zugänglichkeit und Platzverhältnisse) festzulegen. Gebäudeteile, deren Herstellung am meisten Zeit in Anspruch nimmt, sind zeitlich vorzuziehen. Besteht ein Bauvorhaben beispielsweise aus einem Büroturm mit 20 Geschossebenen und einem angrenzenden Flachbau mit drei Geschossebenen, so ist die Ausführung mit dem Büroturm zu beginnen. In Abbildung 3.16 ist beispielsweise die Baurichtung aufgrund örtlicher Zwangspunkte gewählt. Hier ist aus logistischen Gründen mit dem Teil des Gebäudes zu beginnen, der am weitesten von der Zufahrtsstraße entfernt liegt. Weiterhin werden die Geschossebenen in einzelne Betonierabschnitte (Takte) unterteilt. Diese Unterteilung kann vom Auftraggeber vorgegeben sein. Neben der Unterteilung erfolgt auch die Festlegung der Reihenfolge (Taktfolge) dieser Abschnitte. Die Anordnung der Abschnitte sollte möglichst gleich über alle Regelgeschosse sein. In den unteren Geschossebenen kann die Anordnung aufgrund variierender Bauteilgeometrie (z. B. Bodenplatte oder massive Unterzüge und Deckenelemente) abweichen. Die Fläche pro Abschnitt (Regelgeschoss) sollte zwischen 500 bis 700 m^2 liegen und ein Abschnitt für die Herstellung einer Bodenplatte sollte 1000 m^3 nicht überschreiten. Zudem ist bei der Einteilung der Abschnitte die Anzahl der Wände und der Stützen pro Abschnitt zu berücksichtigen. Das Verhältnis von Wänden und Stützen hat einen wesentlichen Einfluss auf die Herstellungsdauer pro Abschnitt. Die Fläche eines Abschnitts, der größtenteils aus Wandelementen besteht, sollte deutlich kleiner ausfallen als die Fläche eines hauptsächlich aus Stützen bestehenden Abschnitts. Außerdem sind die Einteilung der Abschnitte sowie die Anordnung von Arbeitsfugen hinsichtlich statischer Aspekte mit einem Statiker abzustimmen. Der Bauzeitplaner hat die Abschnitte nummeriert und farblich in einem Plan oder vorhandenen 3D-Modell darzustellen. Exemplarisch ist in Abbildung 3.17 die Einteilung von vier Betonierabschnitten dargestellt.

In Abbildung 3.18 sind exemplarisch vier getaktete Betonierabschnitte über mehrere Geschossebenen in einem Liniendiagramm dargestellt. Die x-Achse repräsentiert dabei die Zeit in Arbeitstagen und die y-Achse die einzelnen Betonierabschnitte und Geschossebenen. Hierbei wird aufgezeigt, wann und welche Tätigkeiten im jeweiligen Betonierabschnitt ausgeführt werden. Außerdem lassen sich parallele und überschneidende Tätigkeiten identifizieren. Nach Festlegung der einzelnen Arbeitsschritte ist das Bauablaufkonzept mit Gruppen-, Projekt- und Bauleitung, Teamleitung ZRP und Team BKP abzustimmen. Notwendige Änderungen sind vom Bauzeitplaner anzupassen.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU WIEN Bibliothek Your knowledge hub

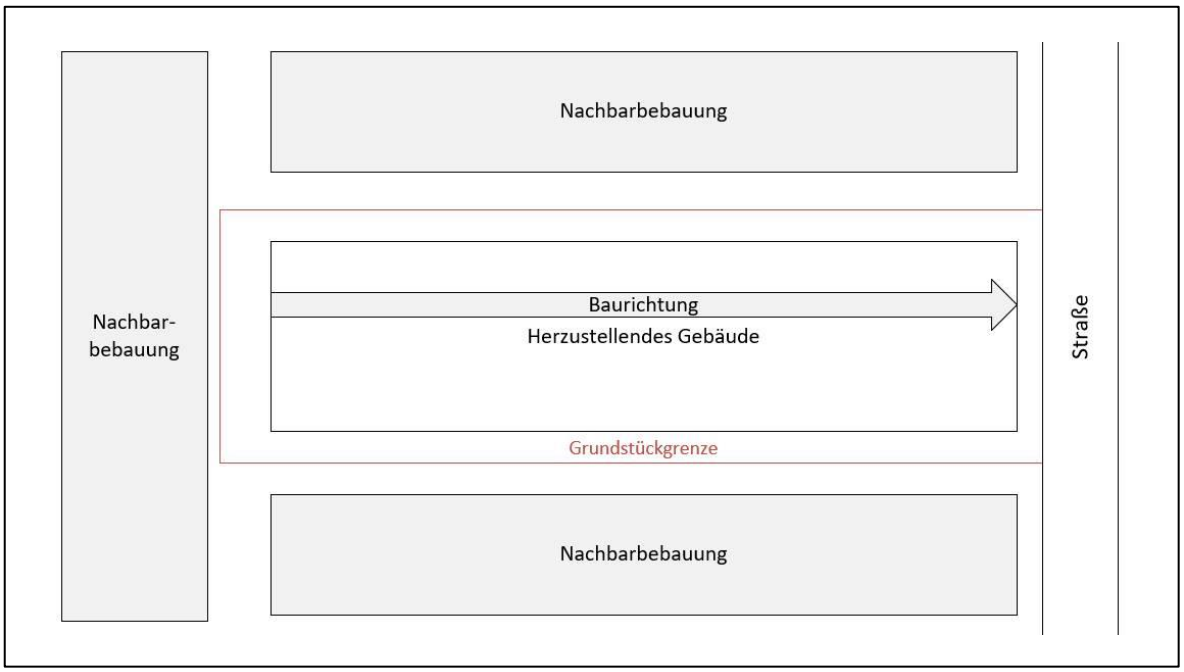


Abbildung 3.16: Fixierte Baurichtung aufgrund örtlicher Zwangspunkte

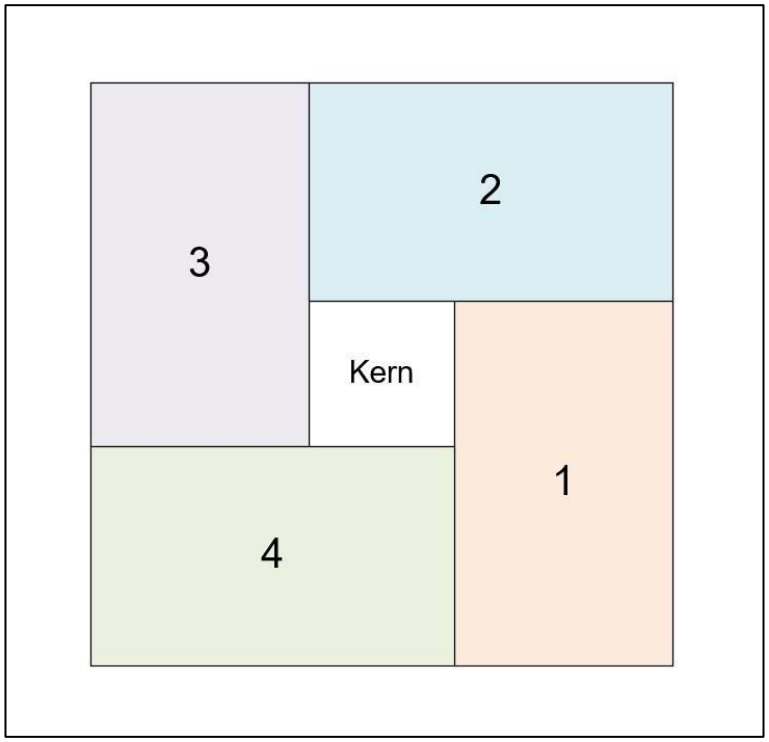


Abbildung 3.17: Einteilung von Betonierabschnitten

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

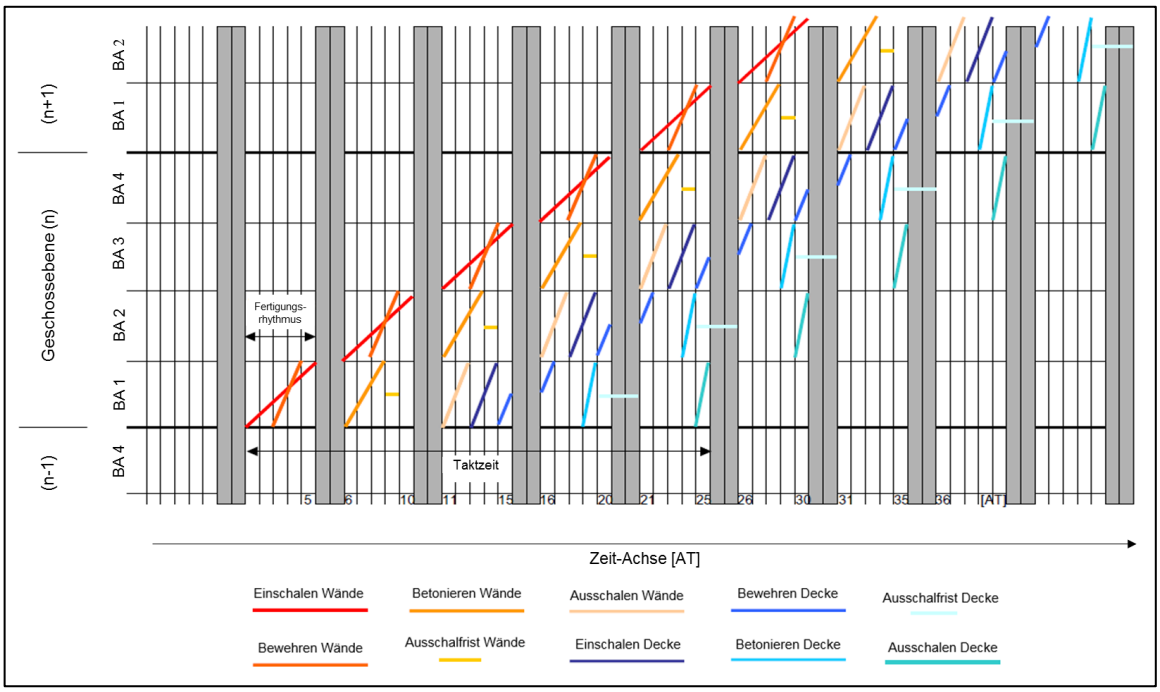


Abbildung 3.18: Getaktete Betonierabschnitte[134]

5) Erstellung des Baugrubenkonzepts

Neben dem Bauablaufkonzept wird ein Baugrubenkonzept erstellt. Das Baugrubenkonzept wird ebenfalls durch den zuständigen Bauzeitplaner erstellt und mit Gruppen-, Projekt- und Bauleitung, Teamleitung ZRP und Team BKP abgestimmt. Dabei werden einzelne Vorgänge sowie Ablaufphasen hinsichtlich der Baugrubenarbeiten ermittelt. Wesentliche Inhalte des Baugrubenkonzepts sind:

- vorbereitende Maßnahmen
- Art der Baugrubensicherung
- Arbeitsplanum verschiedener Tätigkeiten (z. B. Schlitzwandplanum oder Ankerplanum)
- Ablauf der Erdbauarbeiten (z. B. Abtransport des Erdaushubs)
- benötigter Arbeitsraum (z. B. für Drehbohrgerät)

Bei umfangreichen Baugrubenarbeiten werden die Abläufe vom Team BKP zusätzlich in einem Bauphasenplan dargestellt.

6) Erstellung des Montagekonzepts für Fertigteile

Das Montagekonzept für Fertigteile wird für gewöhnlich vom Nachunternehmer geliefert, da Herstellung und Montage von Fertigteilen grundsätzlich von Nachunternehmern erbracht wer-

[134] in Anlehnung an: Technische Universität Berlin; Fachgebiet Bauwirtschaft und Baubetrieb: *www.tu-berlin.de/uploads/media/Taktplanung.pdf*, Zugriff am 28.09.2019.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek WIEN Your knowledge hub

den. Zum Zeitpunkt der Erstellung des Arbeitsbauzeitplans ist der Nachunternehmer im Regelfall noch nicht bekannt, daher werden durch den Bauzeitplaner erste Überlegungen zum Ablauf der Montagearbeiten angestellt. Wesentliche Inhalte des Montagekonzepts sind:

- Vorlaufzeiten für Planung, Produktion und Lieferung
- Montagezeiten
- erforderliche Krandimensionierung
- Kranstandorte

Für die Ermittlung der Dauern von Planung, Produktion und Lieferung sowie Montage von Fertigteilen werden Erfahrungswerte verwendet. Die Krandimensionierung sowie die Aufstellorte sind mit dem Team BKP abzustimmen.

7) Erstellung des Baustelleneinrichtungsplan

Die Baustelleneinrichtungs- und Kranplanung wird in Abstimmung mit der Teamleitung ZRP und dem Bauzeitplaner durch das Team BKP erstellt. Als Grundlage dient der Entwurf für die Baustelleneinrichtungs- und Kranplanung aus der Angebotsphase (siehe Abschnitt 3.2.1). Dieser wird hinsichtlich des festgelegten Bauverfahrens sowie potenziellen Abweichungen zur Angebotsphase überarbeitet (z. B. Abstimmung Kranfundament mit Statiker). Hierbei werden die Baugruben- und die Montagekonzepte für Fertigteile berücksichtigt. Für jede einzelne Bauphase ist ein separater Baustelleneinrichtungsplan durch das Team BKP zu erstellen.

Wesentliche Inhalte des Baustelleneinrichtungsplans sind:

- Kranstellplätze inklusive Kranfundament
- Verkehrsflächen (z. B. Zufahrt, Verlauf der Transportwege und Stellflächen)
- Containerflächen (z. B. Baustellenbüros, Unterkünfte für Personal und Magazine)
- Lagerflächen (z. B. Fertigteile oder Bewehrung)
- Medienversorgung (z. B. Hauptanschlüsse für Energie und Wasser)
- Personentransport (z. B. Treppentürme)

Außerdem wird die Verfügbarkeit erforderlicher Krane bei der Tochtergesellschaft PORR Equipment Services GmbH (PES), welche die Gerätschaften des Konzerns verwaltet, überprüft. Stehen während der geplanten Ausführungszeit erforderliche Krane nicht oder nur begrenzt zur Verfügung, werden fehlende Gerätschaften durch die Tochtergesellschaft PES angemietet. Bei etwaigen Änderungen, die im Zuge der Abstimmung auftreten, ist der Baustelleneinrichtungsplan durch das Team BKP zu überarbeiten.

8) Erstellung des Arbeitsbauzeitplans (Fein- bzw. Detailterminplan)

Der Arbeitsbauzeitplan wird parallel zum Baustelleneinrichtungsplan erstellt. Als Grundlage dient dem Bauzeitplaner der Angebotsterminplan (siehe Abschnitt 3.2.1). Die darin enthaltenen Meilensteine, Sammelvorgänge und Vorgänge werden feiner strukturiert. Hierbei werden zuvor getroffene Festlegungen (z. B. aus Startgespräch oder Abstimmung zum Bauverfahren) berücksichtigt. Im Arbeitsbauzeitplan werden die Herstelldauern einzelner Kranfundamente

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek WIEN Your knowledge hub

ergänzt. Diese werden auf Basis von Erfahrungswerten bestimmt und als eigene Vorgänge dargestellt. Die Vorgänge für die Herstellung der Baugrube sind aus dem zuvor erstellten Baugrubenkonzept zu entnehmen. Die Dauern der einzelnen Vorgänge werden über Leistungsansätze (Erfahrungswerte) und Mengen (z. B. Erdaushubmenge) ermittelt. Die Struktur sowie die einzelnen Vorgangsdauern der Beton- und Stahlbetonarbeiten sind aus dem Angebotsterminplan zu übernehmen und werden bei neuen Entwicklungen angepasst oder ergänzt. In Anlehnung an das Bauablaufkonzept werden Geschossebenen und Bauteile in Betonierabschnitte unterteilt. Gebäudehülle, Innenausbau, TGA und Außenlagen werden, wie im Bauablaufkonzept festgelegt, detaillierter strukturiert. Bei den Ausbauarbeiten werden beispielsweise einzelne Vorgänge (z. B. Malerarbeiten) einer Geschossebene ergänzt. Auch hierbei werden die Vorgangsdauern durch Erfahrungswerte festgelegt. Zum Erstellungszeitpunkt des Arbeitsbauzeitplans liegt der Fokus auf den zeitnah durchzuführenden Baugruben- und Rohbauarbeiten. Generell nimmt der Genauigkeitsgrad der Zeit- und Ressourcenplanung mit Abstand zum Planungszeitpunkt ab (siehe Abschnitt 2.2). Daher werden spätere Tätigkeiten (z. B. Innenausbau und TGA) erst während der Bauausführung durch die Bauleitung detaillierter geplant. Die Vorgangsdauer einzelner Vorgänge der Baugruben- und Rohbauarbeiten sollen 20 Tage nicht überschreiten. Leistungen, die durch Nachunternehmer erbracht werden, sind hinsichtlich der notwendigen Arbeitsschritte mit diesen abzustimmen. Für gewöhnlich sind die Nachunternehmer erst nach der Erstellung des Arbeitsbauzeitplans bekannt. Daher ist der Arbeitsbauzeitplan während der Ausführung durch den Bauzeitplaner oder die Bauleitung kontinuierlich anzupassen. Nachträgliche Abstimmungen mit Nachunternehmern werden im Prozessablauf nicht dargestellt. Arbeitsbauzeitplan und Baustelleneinrichtungsplan sind mit der zuständigen Gruppen-, Projekt- und Bauleitung und der Teamleitung ZRP abzustimmen und hinsichtlich etwaiger Änderungen vom Bauzeitplaner oder Team BKP zu überarbeiten.

9) Hinterlegung der Ressourcen im Arbeitsbauzeitplan

Analog zur Angebotsphase werden für die Erstellung des Ressourcenplans die Mengen für Schalung, Bewehrung, Beton, Erdaushub und BGF den jeweiligen Vorgängen in MS Project hinterlegt (siehe Abschnitt 3.2.1).

10) Erstellung des Ressourcenplans

Die Ressourcenauswertung konzentriert sich, wie auch in der Angebotsphase (siehe Abschnitt 3.2.1), auf die Rohbauarbeiten und wird auf Grundlage der Krankapazität bewertet. Für die Ausführungsphase wird der Ressourcenplan für gewöhnlich auf die Woche genau dargestellt. Die generelle Vorgehensweise erfolgt analog zur Angebotsphase (siehe Abschnitt 3.2.1) und wird im Anschluss von der Teamleitung ZRP überprüft. Etwaige Änderungen sind durch den Bauzeitplaner anzupassen. Zusätzlich sind Änderungen, die sich auf die Baustelleneinrichtungs- und Kranplanung auswirken, durch das Team BKP anzupassen.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU WIEN Bibliothek Your knowledge hub

11) Optimierung des Ressourcenplans

Die Überarbeitung bzw. Optimierung der Ressourcenplanung erfolgt analog zur Angebotsphase (siehe Abschnitt 3.2.1).

12) Abstimmung von Arbeitsbauzeit-, Ressourcen- und BE-Plan

Im nächsten Schritt sind Arbeitsbauzeit-, BE- und Ressourcenplan mit der Teamleitung ZRP, der Gruppen-, Projekt-, Bauleitung und ggf. dem Polier (falls dieser schon bekannt sein sollte) abzustimmen. Etwaige Änderungen, die Arbeitsbauzeit- und Ressourcenplans betreffen, sind durch den Bauzeitplaner anzupassen. Bei Änderungen, die sich auf die Baustelleneinrichtungs- und Kranplanung auswirken, ist der Baustelleneinrichtungsplan durch das Team BKP anzupassen.

13) Erstellung eines Technischen Berichts

Wie auch in der Angebotsphase sind die Ergebnisse der Zeit- und Ressourcenplanung sowie der Baustelleneinrichtungs- und Kranplanung abschließend vom Bauzeitplaner und Team BKP in einem technischen Bericht zusammenzufassen.

14) Übergabe der Unterlagen

Arbeitsbauzeit-, Ressourcen-, BE-Plan, Konzepte (Bauablauf, Baugrubenarbeiten, Montagearbeiten für Fertigteile) und technischer Bericht werden nach Freigabe durch die Teamleitung ZRP per Mail vom Bauzeitplaner an die Gruppen-, Projekt- und Bauleitung gesendet. Diese Unterlagen dienen der Bauleitung zur Planung nachfolgender Schritte, wie z. B. der Detailgeräteplanung sowie Personal-, Material- und Dienstleistungsdisposition. Außerdem dienen sie im Rahmen von Baustellencontrolling und -steuerung als Grundlage für die Soll-Ausführungszeit.

15) Aktualisierung des Arbeitsbauzeitplans

Bei umfangreichen Bauvorhaben, die eine Auftragssumme von zwei Millionen Euro überschreiten, erfolgt die Aktualisierung von Arbeitsbauzeit- und Ressourcenplan während der Ausführungsphase üblicherweise durch einen Bauzeitplaner. Erfolgt die Aktualisierung des Arbeitsbauzeitplans hingegen durch die Bauleitung endet der Prozess für das Team ZRP an dieser Stelle. Die tatsächliche Ausführungszeit (Ist-Ausführungszeit) einzelner Vorgänge wird zu einem Stichtag (monatlich oder wöchentlich) in dem Arbeitsbauzeitplan ergänzt. Die tatsächliche Ausführungszeit ergeht aus verschiedenen Dokumentationen der Bauleitung (z. B. Bautagesberichte) oder den Erkenntnissen des Wochenprogramms. Die Ergänzung der tatsächlichen Ausführungszeit stellt eine wiederholende Tätigkeit bis zum Bauende dar. Die Anpassung des Arbeitsbauzeitplans durch den Bauzeitplaner erfolgt in MS Project und die daraus folgende Anpassung der Ressourcen in dem Excel-Sheet. Etwaige Abweichungen zur Soll-Ausführungszeit (z. B. infolge einer Bauablaufstörung) und deren Auswirkungen auf nachfolgende Tätigkeiten

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

sowie die Gesamtbauzeit (z. B. entstehende Bauzeitverlängerung) werden in einem aktualisierten Arbeitsbauzeitplan übersichtlich dargestellt. Der aktualisierte Arbeitsbauzeitplan dient der Bauleitung neben der Dokumentation als Grundlage für die Einleitung von Maßnahmen, um gestörten Bauabläufen (siehe Abschnitt 2.5.2) entgegenzuwirken. Hierbei schlägt der Bauzeitplaner der Bauleitung geeignete Maßnahmen vor. Nachdem diese durch die Bauleitung eingeleitet wurden, ist das Intervall der Gegenüberstellung zwischen tatsächlicher und geplanter Ausführungszeit zu verkürzen. Durch die Verkürzung der Intervalle soll die Wirkung der Maßnahmen überprüft werden. Falls sich eingeleitete Maßnahmen nicht positiv auf den Bauablauf auswirken, sind weitere Maßnahmen in Betracht zu ziehen und abzustimmen. Bei vorhanden Bauablaufstörungen, die nicht in der Sphäre des Auftragnehmers liegen, dienen der Bauleitung und der Abteilung Bauwirtschaft aktualisierte Arbeitsbauzeit- und Ressourcenpläne als Grundlage für die Bearbeitungen von Mehrkostenforderungen. Wirken sich Maßnahmen auf die Baustelleneinrichtungs- oder Kranplanung aus, ist der Baustelleneinrichtungsplan vom Team BKP anzupassen. Die aktualisierten Unterlagen (Arbeitsbauzeit-, Ressourcen- und BE-Plan) werden daraufhin per Mail an die Bauleitung versendet. In Abbildung 3.19 ist ein Ausschnitt aus einem aktualisierten Arbeitsbauzeitplan dargestellt. Diesem ist zu entnehmen, dass die Herstellung des Betonierabschnitts BA 3 der Bodenplatte Süd verzögert beginnt. Folglich beginnt die Herstellung des Betonierabschnitt BA 4 ebenfalls verzögert. Außerdem dauert die Herstellung des Betonierabschnitt BA 4 länger als ursprünglich geplant.

Im Rahmen der Angebotsbearbeitung wird ein Angebotsterminplan (Grobterminplan) vom Team ZRP erstellt. Unter Berücksichtigung der Ausschreibungsunterlagen und weiterer Vorgaben wird die Herstelldauer eines Bauwerks ermittelt. Hierbei wird der Zeitbedarf der Baugrubenarbeiten über Mengen (z. B. Erdaushubmenge) und Leistungsansätze bestimmt. Die Ausführungszeit der Rohbauarbeiten wird in Abhängigkeit der Krananzahl über die BGF ermittelt. Der Zeitbedarf nachfolgender Ausführungen, wie u. a. die Herstellung von Gebäudehülle (z. B. Dach und Fassade), TGA, Innenausbau und Außenanlagen wird jeweils über pauschale Erfahrungswerte, die in Abhängigkeit von der Gebäudeart variieren, festgelegt. Außerdem wird anhand zu verarbeitender Mengen (z. B. Beton) und herzustellender BGF die Anzahl der erforderlichen Ressourcen (z. B. Krane) bestimmt. Der Fokus bei der Zeit- und Ressourcenplanung liegt auf den Rohbauarbeiten, da diese den größten Teil der Ausführungszeit in Anspruch nehmen. Hierbei werden Zeit- und Ressourcenplanung und Baustelleneinrichtungsplanung aufeinander abgestimmt. Nach Auftragserhalt erstellt das Team ZRP in enger Abstimmung mit Gruppen-, Projekt- und Bauleitung einen Arbeitsbauzeitplan. Hierbei dienen die Vertragsunterlagen sowie die Unterlagen (Termin-, Ressourcen- und Baustelleneinrichtungsplanung) aus der Angebotsphase als Grundlage. Unter Berücksichtigung möglicher Abweichungen zur Angebotsphase werden zunächst einzelne Arbeitsschritte für die Herstellung des Bauwerks bestimmt. Für die Erstellung des Arbeitsbauzeitplans werden darauf aufbauend die einzelnen Vorgänge inkl. ihrer Dauern im Angebotsterminplan angepasst oder ergänzt (z. B. Betonierabschnitte). Das Hauptaugenmerk liegt dabei auf den Rohbauarbeiten. Die Ressourcenplanung erfolgt analog zur Angebotsphase. Der Baustelleneinrichtungsplan aus der Angebotsphase wird durch das Team BKP überarbeitet. Im Rahmen der Aktualisierung von Arbeitsbauzeit- und Ressourcenplan werden die Auswirkungen von Störungen festgestellt und Gegensteuerungsmaßnahmen festgelegt.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

Vorgangsname	Anfang	Ende	IST Anfang	IST Ende
BODENPLATTE SÜD	**Mon 09.07.18**	**Fre 31.08.18**	**NV**	**NV**
BA 1a - Bewehrungsplan	Mon 09.07.18	Mon 09.07.18	NV	NV
BA 1a	Mon 23.07.18	Die 31.07.18	Mon 23.07.18	Die 31.07.18
BA 1b - Bewehrungsplan	Mit 18.07.18	Mit 18.07.18	NV	NV
BA 1b	Mit 01.08.18	Die 07.08.18	Mit 01.08.18	Die 07.08.18
BA 2a - Bewehrungsplan	Mit 25.07.18	Mit 25.07.18	NV	NV
BA 2a	Mit 08.08.18	Die 14.08.18	Mit 08.08.18	Die 14.08.18
BA 2b - Bewehrungsplan	Don 02.08.18	Don 02.08.18	NV	NV
BA 2b	Don 16.08.18	Mon 20.08.18	Don 16.08.18	Mon 20.08.18
BA 3 - Bewehrungsplan	Die 07.08.18	Die 07.08.18	NV	NV
BA 3	Die 21.08.18	Mon 27.08.18	Don 23.08.18	Mit 29.08.18
BA 4 - Bewehrungsplan	Die 14.08.18	Die 14.08.18	NV	NV
BA 4	Die 28.08.18	Fre 31.08.18	Don 30.08.18	Fre 07.09.18

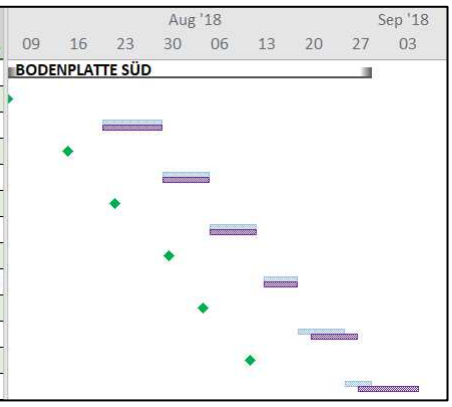


Abbildung 3.19: Ausschnitt eines aktualisierten Arbeitsbauzeitplans[135]

3.3 Zukünftige Vorgehensweise bei der Zeit- und Ressourcenplanung

Der optimierte Prozessablauf (Soll-Prozess) wird als „*Bauzeitplanung 2.0*“ bezeichnet. Zukünftig wird dieser nicht mehr nach Angebots- und Ausführungsphase differenziert, sondern als einzelner Prozess, der sich sowohl über die Angebots- als auch über die Ausführungsphase streckt, betrachtet. Die *Bauzeitplanung 2.0* soll den Mitarbeitern als ein standardisierter Leitfaden dienen, der Vorgehensweisen, Aufgaben sowie Verantwortungsbereiche definiert. Zukünftig soll der Bauablauf in der Angebotsphase detaillierter geplant werden (Erstellung Bauablauf-, Baugrubenkonzept etc.). Bisher wurden detaillierte Planungen zum Bauablauf erst zu Beginn der Ausführungsphase erstellt und mit Gruppen-, Projekt- und Bauleitung (PORR Bau GmbH) abgestimmt. Um zukünftig ungünstige Annahmen bei der Ablaufplanung während der Angebotsphase zu vermeiden, sollen Gruppen-, Projekt- und Bauleitung stärker involviert werden. Durch eine genauere Ablaufplanung und deren Terminierung können Herstellkosten von der Abteilung Angebotsmanagement genauer kalkuliert werden. Folglich sollen in der Ausführungsphase weniger gravierende und kostentreibende Abweichungen hinsichtlich der Termin- und Ablaufplanung entstehen. Außerdem erfolgt die Dauerermittlung der Rohbauarbeiten aufgrund erheblicher Ungenauigkeiten zukünftig nicht mehr über die Bruttogeschossflächen.

3.3.1 Zukünftige Zeit- und Ressourcenplanung

In diesem Abschnitt werden nachfolgend einzelne Prozessschritte für die zukünftige Zeit- und Ressourcenplanung während der Angebotsphase sowie zu Beginn der Ausführungsphase beschrieben. Als Grundlage der Beschreibung des optimierten Prozessablaufs dienen mit Teamleitung und Mitarbeitern des Teams ZRP geführte Fachgespräche. Die Darstellung des optimierten Prozessablaufs (Zukünftige Zeit- und Ressourcenplanung – Angebots- und Ausführungsphase) erfolgt im technischen Bericht von Pippert und Steinhofer[136].

[135] PORR Design & Engineering GmbH: *Arbeitsbauzeitplan zum Bauvorhaben Quartier Belvedere Central (QBC 1 und QBC 2).*
[136] D. Pippert; S. Steinhofer: *Technischer Bericht zur Prozessanalyse.* S. 4.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

1) Startgespräch (Angebotsphase)

Der Prozess beginnt, wie auch bei der *BGF-Methode*, mit einem Startgespräch (Kickoff-Meeting). Dieses wird in der Angebotsphase von der Abteilung Angebotsmanagement und zu Beginn der Ausführungsphase (Folgegespräch) von der Gruppen-, Projekt- und Bauleitung initiiert. Die Teilnehmer sind identisch zur *BGF-Methode*. Einzig wird zusätzlich das Team Lean Logistic Construction (Team LLC) in den Prozessablauf eingebunden. Während des Startgesprächs wird das Bauvorhaben vorgestellt, wobei der Leistungsumfang der PORR aufgezeigt wird und die Teilnehmer einen Projektüberblick erhalten. Weiterhin werden im Zuge des Startgesprächs die Ziele hinsichtlich der ZRP grob definiert. Außerdem wird fixiert, welche Unterlagen vom Team ZRP ausgearbeitet werden sollen. Die Kalendervorlage wird abgestimmt und bei Bedarf werden Annahmen für die Termin- und Ablaufplanung getroffen. Die notwendigen Unterlagen werden via SharePoint an alle Beteiligten übergeben. Abschließend wird ein Startgesprächsprotokoll, welches durch die Abteilung Angebotsmanagement erstellt wird, per Mail an alle Teilnehmer versendet.

2) Erstellung des 10-ZEILERS

Bei einem *10-ZEILER* handelt es sich um eine Form einer Machbarkeitsanalyse, die vom Bauzeitplaner vor der eigentlichen intensiven Projektbearbeitung durchgeführt werden soll. Eine genaue Terminplanung ist hierbei nicht das Ziel. Vielmehr soll anhand eines zehnzeiligen Terminplans aufgezeigt werden, ob die Umsetzung eines Projektes überhaupt in dem vorgegebenen Zeitfenster realisierbar ist. Der *10-ZEILER* wird über ein vordefiniertes Excel-Sheet erstellt. Die Zeilenanzahl kann je nach Projektumfang variieren und über die zehn Zeilen hinausgehen. Dennoch wird die Bezeichnung *10-ZEILER* verwendet. Bevor ein *10-ZEILER* erstellt werden kann, sind die Ausschreibungs- und sonstigen Unterlagen zu analysieren. In diesem Schritt sind insbesondere folgende Punkte zu berücksichtigen:

- Leistungsumfang der PORR
- Baugrubenplanung vom Auftraggeber
- Logistikkonzept des Auftraggebers
- Tragwerkspläne
- Beschreibungen (z. B. Bauablauf) des Auftraggebers
- Meilensteine, Pönaltermine, Rahmenterminplan

Für die Erstellung des *10-ZEILERS* wird der Bauablauf grob definiert. Hierbei können grobe Planungs- und Ausschreibungsfehler frühzeitig identifiziert werden. Für die Baugrubenarbeiten sind die jeweiligen Mengen (z. B. Erdaushub oder Anzahl der Bohrpfähle) zu ermitteln. Zudem ist ein grobes Bauablaufkonzept für die Baugrubenarbeiten, welches u. a. die Abfolge der Tätigkeiten, Geräteanzahl und deren Leistung (z. B. Aushubmenge pro Zeiteinheit) beinhaltet, zu erstellen.

Für das herzustellende Gebäude sind die Bruttogeschossflächen der Geschossebenen sowie das Volumen der Bodenplatte anhand der zur Verfügung stehenden Unterlagen (3D-Modell, Pläne oder BGF-Aufstellung) zu ermitteln. Zudem ist die Baurichtung unter Berücksichtigung

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

von Randbedingungen (siehe Abschnitt 3.2.2) festzulegen. Der *10-ZEILER* ist grundsätzlich wie folgt strukturiert:

- Meilensteine
  - Meilensteine Auftraggeber
  - Meilensteine PORR, die im Zuge des *10-ZEILERS* ermittelt werden
- Vorlaufzeit
  - Planungsvorläufe (z. B. für Ausführungsplanung oder Fertigteile)
  - Arbeitsvorbereitungszeit (z. B. Personal-, Material- und Dienstleistungsdisposition)
  - Dispositionszeit (z. B. Fertigteile)
- Baugrubenarbeiten
  - Vorarbeiten (z. B. Abbrucharbeiten)
  - Baugrubensicherung
  - Erdaushub
- Rohbaudauer
  - Vorlaufzeiten (z. B. für die Herstellung einer Sauberkeitsschicht oder Pfahlkopf-Stemmarbeiten)
  - Bodenplatte
  - Geschossebenen (Untergeschosse, Erdgeschoss, Regelgeschosse)
  - Ggf. Schlechtwetterzeiten und Puffertage
- Nachlaufzeit (nach Rohbau)
  - Gebäudehülle
  - Ausbau
  - Inbetriebnahmen, Probebetrieb und Abnahmen

Für die Dauer von allgemeinen *Vorlaufzeiten* (z. B. Personal-, Material- und Dienstleistungsdisposition) sind durchschnittliche pauschale Erfahrungswerte aus der Wissensdatenbank zu verwenden. Die Dauer der *Baugrubenarbeiten* ist über Leistungsansätze aus der Wissensdatenbank und den zuvor ermittelten Mengen zu errechnen, wobei zeitliche Überschneidungen mit den Rohbauarbeiten zu berücksichtigen sind. Auch für die Dauer von Vorlaufzeiten bei Rohbauarbeiten sind durchschnittliche Erfahrungswerte der Wissensdatenbank zu entnehmen. Über einen Bewehrungsgrad (Tonne pro Kubikmeter) und dem Volumen der Bodenplatte (Kubikmeter) wird die Bewehrungsmenge (Tonnen) der Bodenplatte ermittelt. Sollte der Bewehrungsgrad den zur Verfügung stehenden Unterlagen nicht zu entnehmen sein, so ist ein durchschnittlicher Bewehrungsgrad, der aus ähnlichen vergangenen Projekten abgeleitet wurde, anzunehmen. Über einen Aufwandswert, der den Zeitbedarf einer Arbeitskraft für das Verlegen der Bewehrung pro Tonne beschreibt, und der Anzahl der Arbeitskräfte einer durchschnittlichen Arbeiterpartie wird die grobe Dauer für die Bewehrungsarbeiten der Bodenplatte bestimmt. Für die Ermittlung der Gesamtdauer für die Herstellung einer Bodenplatte sind projektabhängig u. a. die Dauern folgender Tätigkeiten zu berücksichtigen:

- Sauberkeitsschicht herstellen
- ggf. Pfahlköpfe abstemmen

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

- Schalung aufstellen (Randschalung)
- Bodenplatte betonieren

Bei den Dauern der aufgezählten Tätigkeiten handelt es sich um pauschale Erfahrungswerte (Tage). Außerdem sind für die Ermittlung der Gesamtdauer Nachlaufzeiten (z. B. Ausschalfristen) einzurechnen. Die Dauer der Herstellung diverser Geschossebenen und die Krananzahl wird analog zur *BGF-Methode* (siehe Abschnitt 3.2.1) über die tägliche Kranleistung an herzustellender BGF bestimmt. Für die Rohbauarbeiten sind Schlechtwetterzeiten und Puffertage vom Bauzeitplaner abzuschätzen. Für den *10-ZEILER*-Abschnitt *Nachlaufzeit* sind für die Dauer pauschale Erfahrungswerte aus der Wissensdatenbank zu übernehmen.

3) Überprüfung des 10-ZEILERS

Nach Erstellung des *10-ZEILERS* wird dieser von der Teamleitung ZRP überprüft und ist bei Änderungen vom Bauzeitplaner zu überarbeiten.

4) Abstimmung des 10-ZEILERS

Die Teamleitung ZRP und der Bauzeitplaner stellen die Ergebnisse des *10-ZEILERS* der zuständigen Gruppen-, Projekt- und Bauleitung, der Leitung der Abteilung Angebotsmanagement, dem Kalkulator sowie dem Team BKP vor. Stellt sich heraus, dass die vom Auftraggeber ausgeschriebene Ausführungszeit erheblich von der zur erwartenden Ausführungszeit abweicht, wird gemeinsam abgestimmt, ob die Angebotsbearbeitung weiterhin verfolgt wird. Bei Ablehnung einer weiteren Angebotsbearbeitung, endet der Prozess an dieser Stelle. Wird die Angebotsbearbeitung weiterhin verfolgt, werden bei Unklarheiten gemeinsam Fragen an den Auftraggeber formuliert. Die Ziele der Zeit- und Ressourcenplanung sind im Zuge der Abstimmung genauer zu definieren. Es werden weiterhin gemeinsame Festlegungen und Annahmen getroffen (z. B. Anpassung der Arbeitszeit). Im Anschluss wird gemeinsam Bauverfahren und Baurichtung unter Berücksichtigung der zuvor beschriebenen Aspekte (siehe Abschnitt 3.2.2) abgestimmt. Hierbei werden die Überlegungen, die der Bauzeitplaner während der Erstellung des *10-ZEILERS* getroffen hat, berücksichtigt. Außerdem werden weitere Festlegungen, wie beispielsweise der Umgang mit Schlechtwetterzeiten getroffen.

5) Erstellung der Konzepte für Bauablauf

Der grobe Bauablauf für die Baugrubenarbeiten, welcher im Zuge der Erstellung des *10-ZEILERS* festgelegt wurde, wird hinsichtlich einzelner Teilabläufe verfeinert. Bei Bedarf (z. B. bei umfangreichen Baugrubenarbeiten) wird der Ablauf durch das Team BKP in Bauphasenplänen dargestellt (analog zu Abschnitt 3.2.2). Weiterhin wird für die Erstellung des Bauablaufkonzepts der Bauablauf aus dem *10-ZEILER* für die Herstellung von Rohbau, TGA, Ausbau und Außenanlagen unter Berücksichtigung der Abhängigkeiten und sonstigen Randbedingungen verfeinert (analog zu Abschnitt 3.2.2). Dabei sind Festlegungen aus der vorherigen Abstimmung zu berücksichtigen. Die Einteilung der Betonierabschnitte sowie die Anordnung von Ar-

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU WIEN Bibliothek Your knowledge hub

beitsfugen sind mit einem Statiker abzustimmen und in einem Plan oder in einem vorhandenem 3D-Modell darzustellen. Zudem werden erste Überlegungen zur Montage von Fertigteilen hinsichtlich Leistungsansätzen und logistischen Randbedingungen (z. B. Krandimensionierung und Standortwahl) getroffen (analog zu Abschnitt 3.2.2). Der geplante Bauablauf ist im Anschluss mit der Teamleitung ZRP, dem Team BKP, der Gruppen-, Projekt- und Bauleitung und ggf. mit dem Polier (falls dieser schon bekannt ist) abzustimmen. Anschließend sind Änderungen hinsichtlich der Konzepte vom Bauzeitplaner anzupassen.

6) Entwurf für Baustelleneinrichtungs- und Kranplanung erstellen

Analog zur *BGF-Methode* wird vom Team BKP die Baustelleneinrichtungs- und Kranplanung (siehe Abschnitt 3.2.1) durchgeführt.

7) Erstellung des Angebotsterminplans

Die Erstellung des Angebotsterminplans erfolgt parallel zur Erstellung der Baustelleneinrichtungs- und Kranplanung. Der Bauzeitplaner hat die aktuelle Vorlage in MS Project sowie den vordefinierten Kalender zu verwenden. Der vorab abgestimmte Umgang mit Schlechtwetterzeiten ist zu berücksichtigen und bei Bedarf als eigener Vorgang darzustellen. Die Struktur des Aufbaus gleicht der Struktur der *BGF-Methode* in der Ausführungsphase (siehe Abschnitt 3.2.1). Die Meilensteine (z. B. Auftragserteilung, Baubeginn oder Übergabe einbautenfreies Feld) sind aus dem zuvor erstellten *10-ZEILER* zu entnehmen. Die vorgegebenen Meilensteine des Auftraggebers sind gesondert darzustellen. Weiterhin sind dem *10-ZEILER* die Vorlaufzeiten für Planleistungen und Arbeitsvorbereitung zu entnehmen. Hierbei sind die Vorlaufzeiten für Planleistungen (z. B. Entwurfs-, Ausführungsplanung) zusätzlich mit der zuständigen Planungsabteilung abzustimmen. Die Vorgänge der Terminplanabschnitte *Baugrubenarbeiten, Gebäudehülle, Innenausbau* und *TGA* werden, wie im Bauablaufkonzept ermittelt, strukturiert. Dabei wird die Dauer der einzelnen Vorgänge für die Baugrubenarbeiten anhand von Leistungsansätzen und unter Berücksichtigung der Abhängigkeiten, die u. a. im Bauablaufkonzept fixiert wurden, ermittelt. Bei den *Beton- und Stahlbetonarbeiten* werden die Vorgänge gemäß den Bauteilen (Bodenplatte, Decken, Wände und Stützen) angelegt. Diese werden nach Gebäudeteil, Geschossebene und Betonierabschnitt strukturiert. Zusätzlich erfolgt eine Differenzierung von Bauteilen, die mit Ortbeton oder Fertigteilen hergestellt werden. Wie bei der *BGF-Methode* werden die Vorgänge aller Abschnitte generell mit einer Ende-Anfang-Beziehung (Normalfolge) verknüpft. Die Dauerberechnung bei Ortbetonarbeiten erfolgt künftig nicht über die Bruttogeschossfläche, sondern über pauschale Erfahrungswerte und über die Menge an zu verlegender Bewehrung pro Bauteil (z. B. Menge an Bewehrung eines Bodenplattenabschnitts). Die Erfahrungswerte beziehen sich auf die Größe eines Betonierabschnitts. Sie wurden aus vergleichbaren Projekten abgeleitet und in einer Wissensdatenbank hinterlegt. Die Menge an Bewehrung in Tonnen pro Bauteil (z. B. Bodenplatte, Wand oder Decke) eines Betonierabschnitts wird mit einem Aufwandswert (Erfahrungswert) multipliziert (siehe Formel 5). Der Aufwandswert beschreibt, wie viele Stunden eine Arbeitskraft je Tonne an Bewehrung zum verlegen benötigt. Darauf aufbauend kann anhand der Anzahl der Arbeitskräfte einer

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

durchschnittlichen Arbeitspartie sowie der täglichen Arbeitszeit die Dauer für die Bewehrungsarbeiten pro Bauteil ermittelt werden (siehe Formel 6).

$$\text{Dauer Bewehrungsarbeiten pro Arbeitskraft (h)} = \text{Bewehrungsmenge (t)} \times \text{Aufwandswert (h/t)} \tag{5}$$

$$\text{Gesamtdauer Bewehrungsarbeiten (AT)} = \text{Dauer Bewehrungsarbeiten pro AK (h)} \times \frac{1}{\text{Arbeitskräfte der Partie (AK)}} \times \frac{1}{\text{tägliche Arbeitszeit (h/AT)}} \tag{6}$$

Für die Ermittlung der Gesamtherstelldauer eines Bauteils werden neben der Dauer für die Bewehrungsarbeiten weitere Zeiten berücksichtigt. Bei diesen zusätzlichen Zeiten handelt es sich um auf Erfahrung basierenden Annahmen, die nach Bauteilart variieren und einen wesentlichen Einfluss auf den kritischen Weg haben. Für die Ermittlung der Herstelldauer einer Bodenplatte eines Betonierabschnitts sind neben den Bewehrungsarbeiten zudem durchschnittliche Zeitwerte (Tage) für die Abschalung (z. B. Rand- und Streckmetallabschalung), das Betonieren sowie für die Installation von Einbauten zu berücksichtigen. Außerdem sind für die Herstellung der Bodenplatte diverse Vorleistungen, wie beispielsweise Herstellung eines Feinplanums, Abstemmen des Pfahlkopfes oder Herstellung einer Sauberkeitsschicht, zeitlich zu berücksichtigen. Für diese Vorleistungen werden ebenfalls durchschnittliche Zeitwerte angenommen. Für die Ermittlung der gesamten Herstellungsdauer der vollständigen Bodenplatte sind die Dauern aller einzelner Betonierabschnitte unter Berücksichtigung der technischen Abhängigkeiten aufzusummieren. Neben der Dauer der Bewehrungsarbeiten der Decke sind für die Ermittlung der Gesamtherstelldauer der Decke eines Betonierabschnitts ebenfalls durchschnittliche Zeitwerte zu berücksichtigen. Diese berücksichtigen neben der Ausschalfrist u. a. folgende Tätigkeiten:

- Aufstellung der Deckenschalung bei Flachdecken
- Herstellung der Randschalung
- Einbau von Standardeinbauteilen (z. B. Leerrohre)
- Einbau Sondereinbauteile (z. B. Schweißgründe, Sprinkleranlage oder Betonkernaktivierung)
- Betonieren der Decke

Bei einer komplexen Deckengeometrie (z. B. massive Unterzüge) ist eine zusätzliche Detailplanung durch den Bauzeitplaner erforderlich. Für die Ermittlung der Herstelldauer von Wänden und Stützen eines Betonierabschnitts ist die gleiche Dauer wie für die Herstellung der Decke des jeweiligen Betonierabschnitts zu verwenden. Weiterhin ist darauf zu achten, dass aus platztechnischen Gründen mit der Herstellung der Wände und Stützen in der tiefsten Ge-

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

schossebene erst begonnen werden kann, wenn die ersten beiden Betonierabschnitte der Bodenplatte fertiggestellt sind. Die Dauerberechnung bei Herstellung mittels Fertigteilelementen erfolgt über Leistungsansätze (Stück pro Tag), die je nach Bauteilart variieren. Diese Leistungsansätze sind aus dem Bauablaufkonzept zu übernehmen. Die Herstelldauer eines Betonierabschnitts ist gleich der Summe der Herstelldauern der in diesem Betonierabschnitt liegenden Bauteile (Wände, Stützen und Decken). Nachdem die Wände und Stützen in einem Betonierabschnitt hergestellt wurden, können parallel zur Herstellung der Decke die Wände und Stützen im nächsten Betonierabschnitt hergestellt werden. Folglich ergeben die Herstelldauern der einzelnen Betonierabschnitte, unter Berücksichtigung der zeitgleichen Ausführungen, die Gesamtdauer für die Herstellung einer Geschossebene. In Abbildung 3.20 sind zeitgleiche Ausführungen in Betonierabschnitten einer Geschossebene dargestellt.

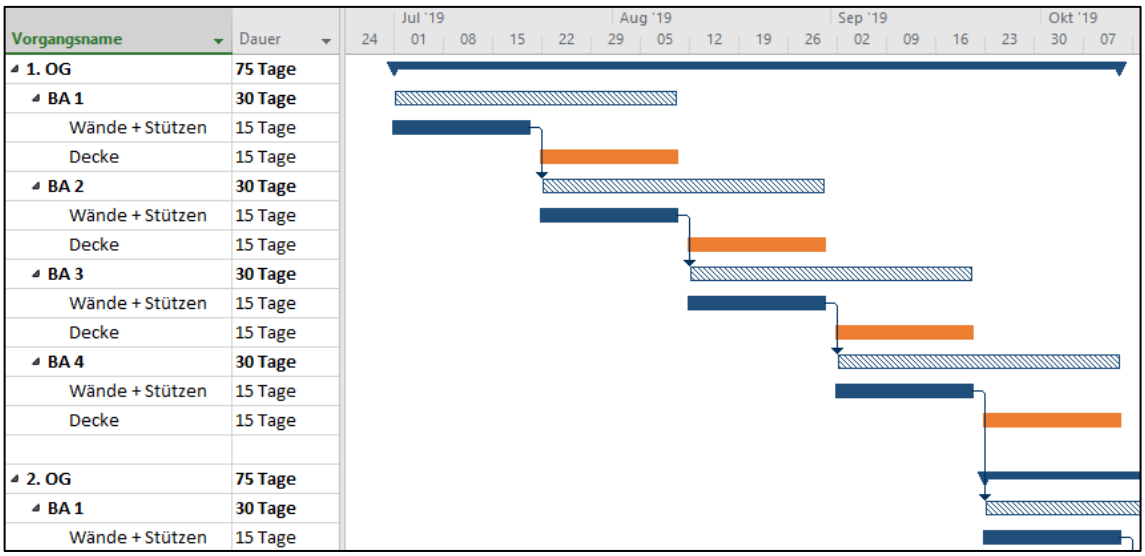


Abbildung 3.20: Zeitgleiche Ausführungen in unterschiedlichen Betonierabschnitten

Zudem ist eine ideale Verteilung der produktiven Mannstunden für die Beton- und Stahlbetonarbeiten zu ermitteln. Die Gesamtmengen an Bewehrung, Schalung und Beton werden mit den jeweiligen Aufwandswerten (Stunde pro Mengeneinheit) multipliziert. Die Summe der einzelnen Produkte ergibt die produktiven Gesamt-Mannstunden. Die produktiven Gesamt-Mannstunden stellen nach der Beschreibung von Hofbauer[137] den idealen Höchststand für die Hauptbauzeit (70 % von der Gesamtdauer Rohbauarbeiten) dar. In der Anlauf- und Auslaufphase (jeweils 15 % der Gesamtdauer) nimmt der ideale Stand linear zu bzw. ab. Über die tägliche Arbeitszeit und den zur Verfügung stehenden Ausführungszeitraum kann die Anzahl der benötigten Arbeitskräfte ermittelt werden. Über die Anzahl der erforderlichen Arbeitskräfte kann nachfolgend die Krananzahl (20 AK pro Kran) abgeleitet und mit der Krananzahl aus dem *10-ZEILER* verglichen werden. In Abbildung 3.21 ist die ideale Verteilung der produktiven Mannstunden schematisch dargestellt. Diese zeigt auf, dass während der Hauptbauzeit drei Krane

[137] vgl. *Protokoll Nr. 4*, S. 5.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek WIEN Your knowledge hub

benötigt werden. Die Vorgänge für die Herstellung der Terminplanabschnitte *Gebäudehülle* sowie *TGA* und *Innenausbau* werden aus dem Bauablaufkonzept übernommen. Die einzelnen Dauern dieser Vorgänge werden, wie bei der *BGF-Methode*, anhand von Erfahrungswerten pauschal angenommen. Zukünftig soll mit dem Team, welches die TGA kalkuliert hat, eine Abstimmung hinsichtlich der Ausführungsdauer der TGA erfolgen. Die TGA ist zumeist äußerst komplex und individuell. Eine Abstimmung soll zukünftig unrealistische Annahmen verhindern. Die Herstellung der Außenanlagen startet frühestens nachdem 50 % der Ausbauarbeiten fertiggestellt wurden und endet mit der Gesamtübergabe. Allerdings sind hierbei weitere interne Vorgaben, wie z. B. Ausführungsunterbrechung im Zeitraum Dezember bis März (Witterungsverhältnisse), zu berücksichtigen. Abschließend erfolgt eine Abstimmung des Terminplans mit der Leitung Angebotsmanagement und der Gruppen-, Projekt- und Bauleitung. Der Terminplan ist hinsichtlich Änderungen und Ergänzungen vom Bauzeitplaner zu überarbeiten.

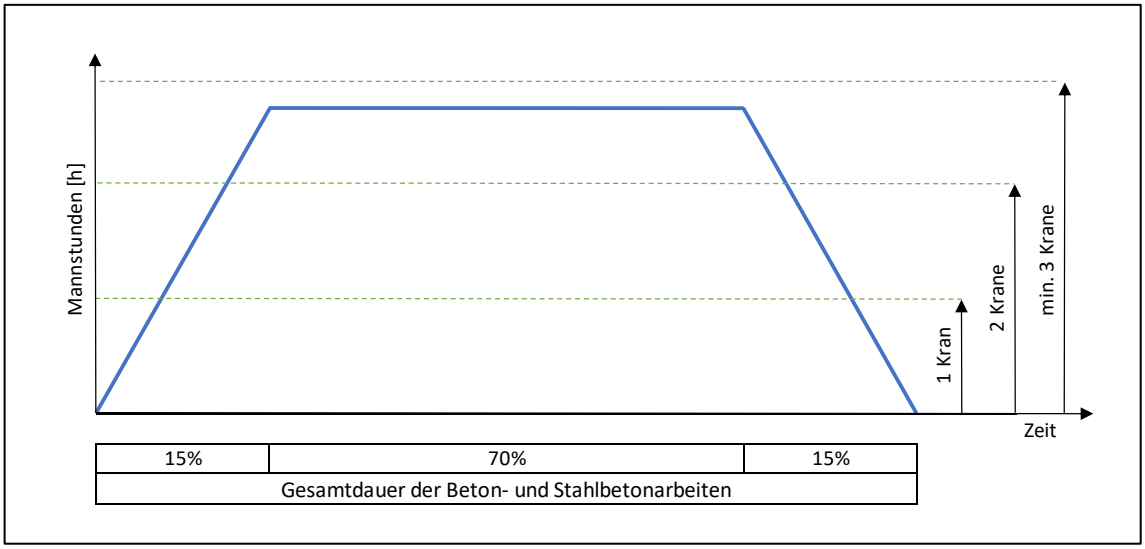


Abbildung 3.21: Ideale Verteilung der produktiven Mannstunden[138]

8) Erstellung des Logistikkonzepts

Nachdem der Angebotstermin- und der Baustelleneinrichtungsplan erstellt wurden, soll zukünftig zu jeder Zeit- und Ressourcenplanung eines Bauvorhabens ein Logistikkonzept ausgearbeitet werden. Dies wird zukünftig vom Team LLC in Abstimmung mit dem Bauzeitplaner, der Teamleitung ZRP und dem Team BKP erstellt. Als Basis für die Erstellung dienen dem Team LLC die zum Zeitpunkt zur Verfügung stehenden Unterlagen (z. B. Leistungsverzeichnis, Planunterlagen, Konzepte sowie Entwurf für Baustelleneinrichtungs- und Kranplanung). Ziel eines Logistikkonzepts ist es entsprechend der Beschreibung von Steinhauser[139] die Material-, Geräte- und Personalströme auf der Baustelle zu regeln. Hierbei liegt der Fokus auf der Anlie-

[138] in Anlehnung an *Protokoll Nr. 4,* S. 10.

[139] vgl. PORR Design & Engineering GmbH; D. Steinhauser: *Logistikkonzept GU2 für das Bauvorhaben ERNST-REUTER-PLATZ 6 – 10587 Berlin*, S. 3.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

ferungs-, Verteilungs- und Entsorgungssituation hinsichtlich einzelner Logistikphasen für Rohbauarbeiten, Arbeiten zur Herstellung der Gebäudehülle und Ausbauarbeiten inkl. TGA. Neben den allgemeinen Projektangaben (z. B. Projektbeschreibung, Baustellenadresse, Verkehrssituation und Kontaktpersonen) beinhaltet das Logistikkonzept die Planung und Beschreibung folgender Punkte:

- Baustellenzugänge (Anbindung an öffentlichen Verkehr, Zugang für Personal)
- Baustelleneinrichtung (Baustelleneinrichtungspläne abgestimmt auf Bauphasen)
- Beschaffungs- / Anlieferungslogistik (Ladezonen, Lagerflächen und Baustellenverkehr)
- Produktionslogistik (Krane, Bauaufzüge)
- Entsorgungslogistik (Abtransport anfallender Abfallstoffe)

Das Logistikkonzept dient hinsichtlich optimierter Randbedingungen als Grundlage für einen reibungslosen Bauablauf. Die beiden nachfolgenden Abbildungen sind Teil eines Logistikkonzepts. In Abbildung 3.22 sind im Rahmen der Beschaffungslogistik geplante Ladezonen und Lagerflächen in einem Baustelleneinrichtungsplan dargestellt. Als Teil der Produktionslogistik ist in Abbildung 3.23 die geplante Situierung von Bauaufzügen dargestellt.

9) Hinterlegung der Ressourcen im Terminplan

Im Zuge der Ressourcenplanung werden, wie bei der *BGF-Methode*, die zu verarbeitenden Mengen an Schalung, Bewehrung, Beton und ggf. Erdaushub den jeweiligen Vorgängen in MS Project hinterlegt (siehe Abschnitt 3.2.1).

10) Erstellung des Ressourcenplans

Die Ressourcenauswertung konzentriert sich, wie bei der *BGF-Methode*, hauptsächlich auf die Rohbauarbeiten und abhängig vom Bauvorhaben auf die Baugrubenarbeiten (z. B. Aushubmenge). In dem für Erstellung des Ressourcenplans vorgegebenen Excel-Sheet werden die monatlich bzw. wöchentlich zu verarbeitenden Mengen sowie die erforderlichen produktiven Mannstunden ermittelt (siehe Abschnitt 3.2.1).

11) Optimierung des Ressourcenplans

Grundsätzlich erfolgen Bewertung und Optimierung analog zur *BGF-Methode* (siehe Abschnitt 3.2.1). Zusätzlich wird für die Rohbauarbeiten der Verlauf der produktiven Mannstunden aus dem Excel-Sheet mit der idealen Verteilung der Mannstunden verglichen. Um eine kontinuierliche Personalstärke während der Ausführungszeit der Rohbauarbeiten zu erreichen, ist die Ressourcenplanung dem idealen Verlauf möglichst anzupassen. Abschließend ist die Ressourcenplanung mit der Gruppen-, Projekt-, Bauleitung und ggf. dem Polier abzustimmen. Bei Änderungen ist der Angebotstermin- und Ressourcenplan durch den Bauzeitplaner zu überarbeiten. Änderungen, die hingegen Baustelleneinrichtungs- oder Logistikplanung betreffen, sind durch die Teams BKP und LLC anzupassen.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

12) Erstellung eines Technischen Berichts

Wie auch bei der *BGF-Methode* sind die Ergebnisse der Zeit- und Ressourcenplanung und der Baustelleneinrichtungs- und Kranplanung abschließend vom Bauzeitplaner und Team BKP in einem technischen Bericht zusammenzufassen.

13) Übergabe der Unterlagen

Nach Freigabe der Unterlagen durch die Teamleitung ZRP übermittelt der Bauzeitplaner Angebotstermin-, Ressourcenplan, technischen Bericht, Entwurf für Baustelleneinrichtungs- und Kranplanung sowie Logistik-, Bauablauf-, Baugruben- und Montagekonzept für Fertigteile per Mail an folgende Prozessbeteiligte:

- Leitung Angebotsmanagement
- Leitung Generalplanung
- Gruppen-, Projekt- und Bauleitung

Erhält das Unternehmen PORR nicht den Auftrag für das Bauvorhaben, endet der Prozess für das Team ZRP an dieser Stelle.

14) Folgegespräch (Beginn Ausführungsphase)

Nachdem die PORR den Auftrag für das Bauvorhaben erhalten hat, werden in einem Folgegespräch, welches von der Gruppen-, Projekt- und Bauleitung initiiert wird, alle relevanten neuen Erkenntnisse und Abweichungen zur Angebotsphase aufgezeigt. Weiterhin werden analog zur *BGF-Methode* Annahmen getroffen und die Aufgaben sowie Ziele hinsichtlich der Zeit- und Ressourcenplanung festgelegt. Am Folgegespräch nehmen folgende Prozessbeteiligte teil:

- Gruppen-, Projekt- und Bauleitung (ggf. Polier)
- Teamleitung ZRP und Bauzeitplaner
- Team BKP
- Team LLC

Im Anschluss werden die Vertragsunterlagen via SharePoint von der Gruppen-, Projekt- und Bauleitung an die Teamleitung ZRP und alle weiteren Beteiligten übergeben. Die Teamleitung ZRP stimmt im Anschluss mit dem Bauzeitplaner die weitere Vorgehensweise ab. Ein Gesprächsprotokoll, welches durch das Team ZRP erstellt wird, wird anschließend an alle Beteiligten per Mail versendet.

15) Analyse der Vertragsunterlagen

Analog zur *BGF-Methode* werden die zur Verfügung stehenden Vertragsunterlagen und sonstigen Unterlagen (z. B. verkehrsrechtliche Anordnungen) vom Bauzeitplaner auf neue Erkenntnisse und Abweichungen zur Angebotsphase analysiert.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU WIEN Bibliothek Your knowledge hub

16) Überarbeitung von Konzepten, Angebotstermin- und Ressourcenplan

Neue Erkenntnisse und Abweichungen zur Angebotsphase, welche Bauablauf-, Baugruben- bzw. Montagekonzept betreffen, sind mit der Gruppen-, Projekt- und Bauleitung (ggf. Polier), der Teamleitung ZRP und den Teams BKP und LLC abzustimmen. Wird hierbei von Vorgaben des Auftraggebers (z. B. Bauverfahren) abgewichen, sind diese Abweichungen durch die Gruppen-, Projekt- und Bauleitung mit dem Auftraggeber abzustimmen. Die Konzepte (Baugruben-, Bauablauf- und Montagekonzept) werden daraufhin vom Bauzeitplaner adaptiert. Daraufhin werden für die Erstellung des Arbeitsbauzeitplans die Inhalte des Angebotsterminplans den neuen Erkenntnissen und Abweichungen angepasst. Weiterhin hat der Bauzeitplaner analog zur *BGF-Methode* (siehe Abschnitt 3.2.2) die Ressourcenauswertung zu aktualisieren. Der Arbeitsbauzeit- und Ressourcenplan ist anschließend mit der Gruppen-, Projekt- und Bauleitung, der Teamleitung ZRP und den Teams BKP und LLC abzustimmen. Hierbei festgelegte Optimierungen sind durch den Bauzeitplaner in die jeweiligen Unterlagen einzuarbeiten.

17) Überarbeitung des Baustelleneinrichtungsplans

Parallel zur Erstellung des Arbeitsbauzeitplans (überarbeiteter Angebotsterminplan) und des Ressourcenplans (überarbeiteter Ressourcenplan aus Angebotsphase) wird der Baustelleneinrichtungsplan aus der Angebotsphase vom Team BKP überarbeitet. Hierbei sind die überarbeiteten Konzepte zu berücksichtigen. Der Baustelleneinrichtungsplan ist anschließend mit der Teamleitung ZRP sowie dem Bauzeitplaner abzustimmen. Außerdem hat das Team BKP den Einsatz der vorgesehenen Krane der PES zu melden.

18) Überarbeitung des Logistikkonzepts

Bei Änderungen gegenüber der Angebotsphase, die sich auf das Logistikkonzept auswirken, ist dieses vom Team LLC zu überarbeiten. Hierbei sind die Vertragsunterlagen sowie die vom Bauzeitplaner und Team BKP überarbeiteten Unterlagen zu berücksichtigen. Diese Anpassungen sind mit Gruppen-, Projekt- und Bauleitung, Team BKP und Teamleitung ZRP abzustimmen.

19) Erstellung eines Technischen Berichts

Der technische Bericht wird, analog zur *BGF-Methode* (siehe Abschnitt 3.2.2) gemeinsam vom Bauzeitplaner und Team BKP erstellt.

20) Übergabe der Unterlagen

Nach Freigabe durch die Teamleitung ZRP werden die überarbeiteten Unterlagen (Arbeitsbauzeit-, Ressourcen- und Baustelleneinrichtungsplan, Bauablauf-, Baugruben-, Montage- und Logistikkonzept und techn. Bericht) durch den Bauzeitplaner an alle Beteiligten versendet. Wird während der Ausführung die Aktualisierung des Arbeitsbauzeitplans durch die Bauleitung übernommen, endet der Prozess für das Team ZRP an dieser Stelle.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

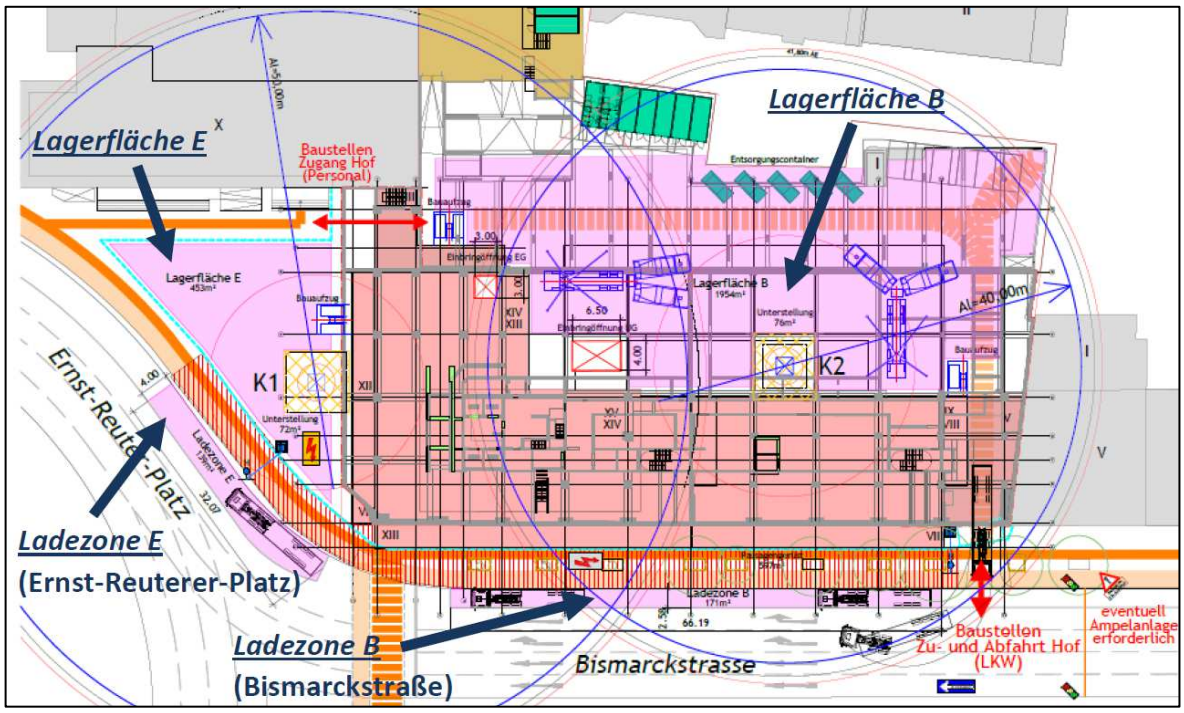


Abbildung 3.22: Darstellung von Ladezonen und zugehörigen Lagerflächen[140]

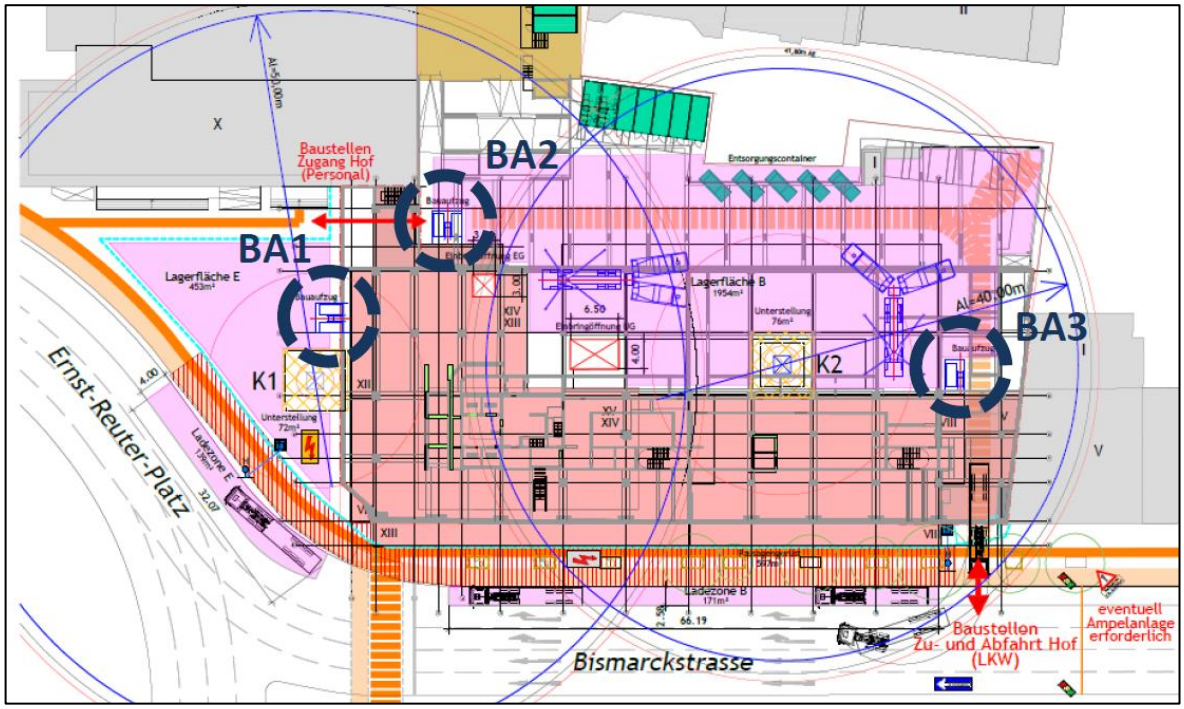


Abbildung 3.23: Darstellung von Bauaufzügen (BA1, BA2 und BA3)[141]

[140] PORR Design & Engineering GmbH; D. Steinhauser: *Logistikkonzept GU2 für das Bauvorhaben ERNST-REUTER-PLATZ 6 – 10587 Berlin*, S. 14.

[141] PORR Design & Engineering GmbH; D. Steinhauser: *Logistikkonzept GU2 für das Bauvorhaben ERNST-REUTER-PLATZ 6 – 10587 Berlin*, S. 18.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

21) Aktualisierung des Arbeitsbauzeitplans

Die Aktualisierung des Arbeitsbauzeit- und Ressourcenplans im Rahmen der Ausführung erfolgt analog zur *BGF-Methode* (siehe Abschnitt 3.2.2).

3.3.2 Zusammenfassung – Wesentliche Unterschiede zwischen bisheriger und zukünftiger Vorgehensweise

Im folgenden Abschnitt werden die wesentlichen Unterschiede zwischen der *BGF-Methode* und der *Bauzeitplanung 2.0* aufgezeigt. Die Zeit- und Ressourcenplanung wird zukünftig in der Angebotsphase hinsichtlich Baugruben- und Rohbauarbeiten annähernd so detailliert wie in der Ausführungsphase durchgeführt. Hierbei werden zukünftig die Konzepte für Baugruben-, Bauablauf- und Montagearbeiten von Fertigteilen, die bisher erst zu Beginn der Ausführungsphase angefertigt wurden, erstellt und mit den für die Ausführung verantwortlichen Personen (Gruppen-, Projekt-, Bauleitung und ggf. Polier) abgestimmt. Durch die frühzeitigere Einbindung der für die Ausführung verantwortlichen Personen fließt zusätzliches Fachwissen mit in die Planung ein. Die Genauigkeit der Erstellung dieser Konzepte ist insbesondere von Qualität und Umfang der zur Verfügung stehenden Ausschreibungsunterlagen abhängig.

Aufgrund von detaillierteren Planungen zum Bauablauf während der Angebotsphase können Abweichungen zur Ausführung vermindert oder sogar verhindert werden. Bei Bauabläufen, die erst zu Beginn der Ausführungsphase detailliert geplant und abgestimmt werden, können gröbere Abweichungen hinsichtlich Annahmen, die während der Angebotsphase getroffen wurden, entstehen. Beispielsweise können während der Angebotsphase Zeitumfänge einzelner Abläufe unterschätz werden. Durch die frühzeitigere Aufstellung dieser Konzepte kann der Angebotsterminplan ausführlicher erstellt und im Idealfall unter minimalen Anpassungen als Arbeitsbauzeitplan verwendet werden. Gleiches trifft für die Erstellung des Ressourcenplans zu. Angesichts geringer notwendiger Anpassungen für die zukünftige Erstellung von Arbeitsbauzeit- und Ressourcenplänen sind erhebliche Zeit- und Kosteneinsparungen zu erwarten. Weiterhin kann fortan mit einem *10-ZEILER* frühzeitig überprüft werden, ob ein Bauprojekt in der vorgegebenen Ausführungszeit realisierbar ist. In solchen Fällen kann zukünftig frühzeitig entschieden werden, ob eine Angebotsbearbeitung weiterverfolgt werden soll oder der Fokus auf die Bearbeitung eines neuen Projekts gerichtet wird. Zudem können bei Unklarheiten frühzeitig weitere oder bislang fehlende erforderliche Informationen hinsichtlich Ausführungszeit oder Bauablauf vom Auftraggeber eingeholt werden. Im Rahmen der *BGF-Methode* wurden vorab nur die Ausführungszeiträume der Beton- und Stahlbetonarbeiten betrachtet.

Bei der Auswertung vergangener Projektabwicklungen durch das Team ZRP wurden wiederholte Abweichungen zwischen der geplanten Ausführungsdauer der Rohbauarbeiten (Soll-Ausführungszeit) und der tatsächlichen Ausführungsdauer (Ist-Ausführungszeit) festgestellt. Es hat sich nach der Aussage von Hofbauer[142] herausgestellt, dass die Dauerberechnung für Rohbauarbeiten

[142] vgl. *Protokoll Nr. 5*, S. 7.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

über die *BGF-Methode* zu ungenau ist. Die Dauerberechnung für eine Geschossebene inklusive aller Bauteile erfolgt bei der *BGF-Methode* über einen variablen BGF-Leistungsansatz je Kran (BGF in Quadratmeter pro Kran-Woche). Dabei können die Dimensionen der Bauteile (z. B. bei komplexen Bodenplatten, großen Rüstungshöhen oder hohen Anzahl von Unterzügen) nur gering berücksichtigt werden. Bei der *Bauzeitplanung 2.0* werden für die Dauerberechnung einzelne Betonierabschnitte und Bauteile einer Geschossebene betrachtet. Hierbei werden variable Leistungsansätze je Bauteil, die sich auf die Bewehrungsarbeiten beziehen, verwendet. Außerdem können weitere Erfahrungswerte, wie beispielsweise Zeitansätze für Schalarbeiten je Bauteil und Betonierabschnitt, berücksichtigt werden. Bei einer Bodenplatte berücksichtigen diese Erfahrungswerte beispielsweise Vor- und Nachlaufzeiten sowie Zeitansätze für Schalungs- und Betonierarbeiten. Die Dauerermittlung über die Methode der *Bauzeitplanung 2.0* ist wesentlich genauer als über die *BGF-Methode*. Zwischen der tatsächlichen Ausführungszeit und der nach der *Bauzeitplanung 2.0* ermittelten Ausführungszeit wurden bei der unternehmensinternen Nachrechnung vergangener Projekte wiederholt geringere Abweichungen als bei Anwendung der *BGF-Methode* festgestellt. Im Gegensatz zur *BGF-Methode* wird im Zuge der *Bauzeitplanung 2.0* eine ideale Verteilung der Mannstunden für Beton- und Stahlbetonarbeiten ermittelt. Diese Verteilung dient als Orientierung. Die Verteilung der Mannstunden, die im Rahmen der Ressourcenauswertung ermittelt wird, kann mit der idealen Verteilung verglichen und an diese angepasst werden. Außerdem kann über die ideale Verteilung die Krananzahl zusätzlich überprüft werden. Einen weiteren essenziellen Mehrwert bringt die zukünftige Erstellung eines Logistikkonzeptes mit sich. Bisher wurde ein Logistikkonzept nur bei Bauvorhaben, die mit Lean-Management-Methoden abgewickelt wurden, erstellt. Eine frühzeitige und detaillierte Planung der Material-, Geräte- und Personalströme auf der Baustelle kann wesentlich zu einem koordinierten Bauablauf beitragen und den für die Ausführung verantwortlichen Personen (z. B. Bauleitung) eine Unterstützung bieten.

3.4 Ressourcenplanung

In diesem Abschnitt wird der derzeitige Stand der Ressourcenplanung im Team ZRP auf Grundlage der geführten Fachgespräche vertiefend beschrieben. Des Weiteren werden Maßnahmen aufgezeigt, mittels derer Mehrwerte für das Team ZRP zu erwarten sind. Im Rahmen der Ressourcenplanung werden derzeit die Mengen der maßgebenden Baustoffe und Bauhilfsstoffe für die Rohbauarbeiten (i. d. R. Schalung, Bewehrung und Beton), die erforderlichen produktiven Mannstunden sowie die daraus resultierenden benötigten Arbeitskräfte aufgezeigt. Mit einem Ressourcenplan kann in kurzer Zeit über den Verlauf der zu verarbeitenden Mengen und der erforderlichen Mannstunden die Plausibilität eines Angebots- oder Arbeitsbauzeitplans beurteilt werden. Zudem kann die Auslastung der Krane in Abhängigkeit des gewählten Arbeitszeitmodells überprüft werden. In der Angebotsphase dient der Ressourcenplan u. a. als Entscheidungsgrundlage für eine notwendige Überarbeitung eines Angebotsterminplans. Die Krananzahl wird beispielsweise erhöht, wenn die Ressourcenplanung eine Überlastung der bisher geplanten Krane aufzeigt. Zudem werden Ressourcenpläne gelegentlich vom Auftraggeber im Rahmen der Angebotsabgabe gefordert. In der Ausführungsphase dient der Ressourcenplan den für die Ausführung verantwortlichen Personen (z. B. Bauleitung) insbesondere als Grundlage für die frühzeitige Disposition von Personal, Gerätschaften und Materialien. Bei auftretenden Bauablaufstörungen können in einem

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek WIEN Your knowledge hub

aktualisierten Ressourcenplan deren Auswirkungen auf den Ressourceneinsatz ermittelt und übersichtlich dargestellt werden. Zudem dient der Abteilung Bauwirtschaft ein aktualisierter Ressourcenplan als Unterstützung für die Prüfung und Bearbeitung von Mehrkostenforderungen. Die Kranauslastung soll zukünftig nicht mehr über das komplette Bauvorhaben überprüft werden. Bisher werden die produktiven Mannstunden pro Monat, abgeleitet aus den zu verarbeitenden Baustoffen und Bauhilfsstoffen, in gleichen Teilen auf die Krane verteilt. Exemplarisch veranschaulicht Abbildung 3.24 eine gleiche Verteilung der produktiven Mannstunden auf zwei Krane. Da die jeweilige Krankapazität in diesem Beispiel nur 3.400 Stunden pro Monat beträgt, wird die Krankapazität bei einem Gesamtbedarf von 10.000 Stunden pro Monat jeweils um 1.600 Stunden pro Monat und Kran überschritten. Abbildung 3.25 veranschaulicht hingegen die Kranauslastung bei einem Einsatz von drei Kranen. Hierbei liegt die erforderliche Krankapazität pro Kran bei ca. 3.333 Stunden pro Monat. Somit verfügt jeder Kran über einen Puffer von ca. 67 Stunden pro Monat.

Ziel ist es zukünftig, die Auslastung der einzelnen Krane anhand der tatsächlich zu bewegenden Mengen (Baustoffe, Bauhilfsstoffe etc.) zu beurteilen. Hierfür müssen vorab definierte Bereiche eines Bauvorhabens (z. B. Gebäudeabschnitt) sowie deren Mengen (z. B. Beton) einzelnen Kranen zugeteilt werden. Dies kann mittelfristig über eine prozentuale Zuteilung der Mengen, die in einem Excel-Sheet durchgeführt wird, erfolgen. Langfristig soll darauf hingearbeitet werden, die Kranzuteilung in einem mit Mengen hinterlegten 3D-Modell durchzuführen. Für die Bewertung der Kranauslastung können Leistungsansätze für den Transport unterschiedlicher Materialien pro Zeiteinheit aus einschlägiger Literatur verwendet werden. Zudem können durch Zeitmessungen einer Krankamera Leistungsansätze bei derzeitigen Bauprojekten erfasst und definiert werden. Über Leistungsansätze und den monatlich, wöchentlich oder täglich zu transportierenden Mengen an Schalung, Bewehrung und Beton eines zugewiesenen Bereichs (z. B. Gebäudeabschnitt) kann jeweils der erforderliche Zeitbedarf (Stunden) ermittelt werden. Die Summe des Zeitbedarfs (Stunden) aller Mengen (monatlich, wöchentlich oder täglich) kann mit der in dem Arbeitszeitmodell festgelegten monatlichen, wöchentlichen oder täglichen Arbeitszeit (Stunden) verglichen werden. Übersteigt beispielsweise der erforderliche Zeitbedarf für den Transport der täglich zu verarbeitenden Mengen (gem. Terminplan) die tägliche Arbeitszeit, ist ein Kran überlastet. Des Weiteren kann über den zeitlichen Verlauf der zu verarbeitenden Mengen (z. B. an Bewehrung) aufgezeigt werden, wann und in welchem Umfang Lagerflächen (z. B. Flächenbedarf für Schalungsätze) benötigt werden. Zudem kann die zur Anlieferung und Abfuhr notwendige Lkw-Anzahl für Baugruben- sowie Rohbauarbeiten bestimmt werden. Anhand der Lkw-Anzahl können Logistikaspekte (z. B. Anzahl und Größe der Be- und Entladeplätze, Zufahrtstraßen) beurteilt werden. Um die Logistik vorab ganzheitlich präziser planen zu können, soll zukünftig die Lkw-Anzahl (z. B. tägliche Anzahl) über den kompletten Baubetrieb ermittelt werden. Hierfür sind Kennzahlen für die Herstellung von Gebäudehülle, TGA, Innenausbau und Außenanlagen zu ermitteln. Diese Kennzahlen beschreiben Abmessungen und Gewicht der unterschiedlichen Materialien (z. B. Baustoffe für die Ausbauarbeiten). Zudem sind die Abmessungen (z. B. Ladefläche) und das maximale Ladegewicht einzelner Lkw-Typen zu ermitteln. Anschließend kann die Menge unterschiedlicher Materialien, die mit einem Lkw transportiert werden können, ermittelt werden. Unter Berücksichtigung der täglich zu verarbeitenden Gesamtmenge unterschiedlicher Materialien kann die jeweilige tägliche Lkw-Anzahl bestimmt werden. Bisher wird während der Ressourcenplanung

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek WIEN Your knowledge hub

nur die notwendige Menge an Schalung in Quadratmeter bestimmt. Zukünftig sollen nicht nur die Schalungsmenge pro Betonierabschnitt, sondern auch einzelne Schalungssätze (z. B. bestehend aus Schalungselementen für Wände und Deckentische) betrachtet werden. Anhand des Terminplans kann abgeleitet werden, zu welcher Zeit, in welcher Menge und in welchem Betonierabschnitt spezifische Schalungssätze benötigt werden. Dementsprechend kann die Vorhaltemenge und -dauer spezifischer Schalungssätze bestimmt werden.

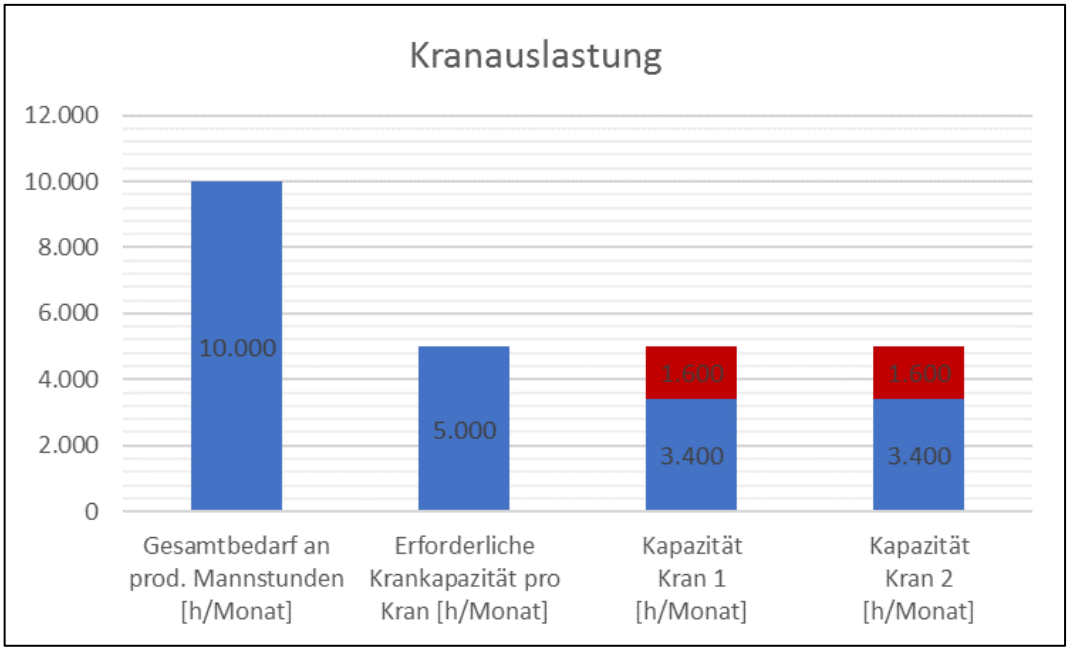


Abbildung 3.24: Kranauslastung bei zwei Kranen

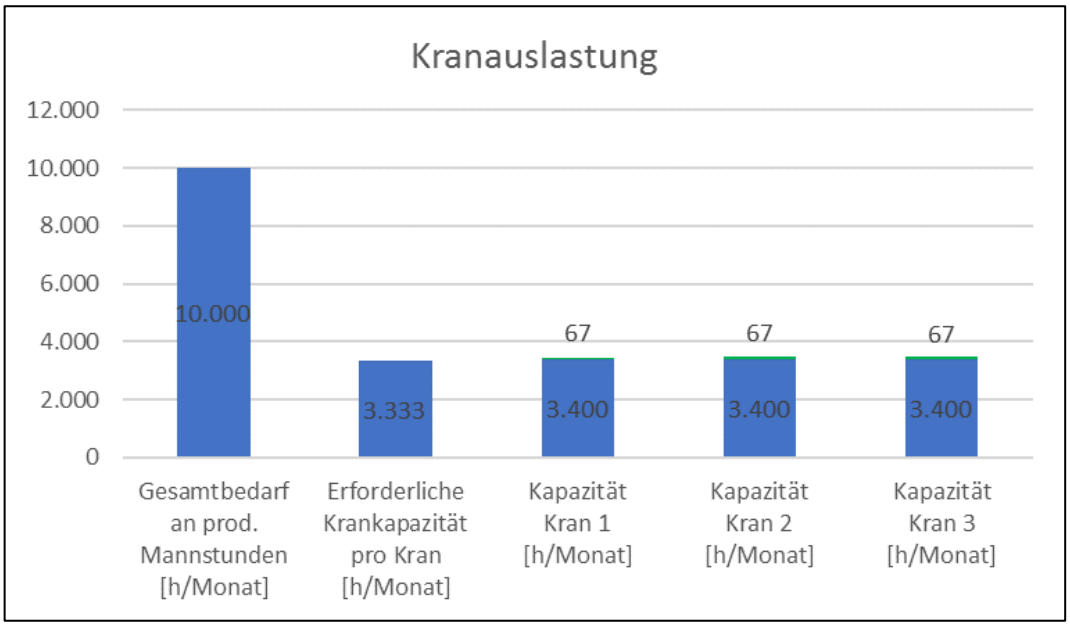


Abbildung 3.25: Kranauslastung bei drei Kranen

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

3.5 Wochenplanung

Die derzeitige Vorgehensweise der Wochenplanung wird im folgenden Abschnitt auf Grundlage der geführten Fachgespräche beschrieben. Die Darstellung des Prozessablaufs (Erstellung Wochenprogramm) erfolgt im technischen Bericht von Pippert und Steinhofer[143]. Darüber hinaus werden Maßnahmen aufgezeigt, die dem Unternehmen PORR zukünftig einen Mehrwert bringen können.

Der Baustellenablauf wird während der Ausführungsphase wöchentlich durch die Bauleitung und den Polier detailliert geplant. Der Planungszeitraum ist hierbei abhängig vom Bauvorhaben und den Anforderungen des Auftraggebers, umfasst jedoch für gewöhnlich die kommenden ein bis drei Wochen. Bei umfangreichen Bauvorhaben (Auftragssumme übersteigt zwei Millionen Euro) kann die Wochenplanung auf Wunsch der Bauleitung durch einen Bauzeitplaner vor Ort auf der Baustelle erstellt werden. Im Zuge der Wochenplanung werden geplante Tätigkeiten und deren Örtlichkeiten (z. B. Herstellen der Decke im Betonierabschnitt A – 1. OG) in einem Wochenprogramm beschrieben. Dies impliziert auch die Koordination von Nachunternehmern bei Leistungsübernahmen (Verfügbarkeit und Abhängigkeiten). Die für die folgenden Wochen vorgesehen Tätigkeiten werden dem Arbeitsbauzeitplan entnommen, detaillierter strukturiert (z. B. Unterteilung der Tätigkeit Decke herstellen in Decke schalen, bewehren und betonieren) in das Wochenprogramm übertragen und einzelnen Arbeitstagen zugeteilt. Hierbei ist das vorherige Wochenprogramm zu evaluieren (z. B. nicht abgeschlossene Tätigkeiten). Das Wochenprogramm wird für gewöhnlich von einem Bauzeitplaner in einem vordefinierten Excel-Sheet (Listenform) erstellt und bei Bedarf zusätzlich in einem Balkenplan visualisiert. Bei einer Erstellung durch die für die Ausführung verantwortlichen Personen variiert Struktur und Aufbau des Wochenprogramms. Weiterhin sind Verantwortlichkeiten (z. B. Nachunternehmer) und erforderliche Ressourcen (z. B. Arbeitskräfte und Großgeräte) den vorgesehen Arbeiten zuzuteilen. Anhand der zugeteilten Ressourcen können Bauleitung oder Polier nachfolgend die Disposition dieser Ressourcen durchführen. Ein Wochenprogramm, welches durch einen Bauzeitplaner erstellt wird, ist mit der Bauleitung und dem Polier abzustimmen und bei Anmerkungen zu überarbeiten. Das Wochenprogramm ist anschließend von der Bauleitung an den Auftraggeber zu übermitteln, sofern dies vertraglich vorgesehen ist. Außerdem hat die Bauleitung eine Empfangsbestätigung des Wochenprogramms einzuholen. In Abbildung 3.26 ist ein Wochenprogramm eines vergangenen Bauvorhabens dargestellt. Bei Bedarf können neben den geplanten Tätigkeiten zusätzlich die Anzahl an Arbeitskräften sowie wichtige Geräte in einem Wochenprogramm festgehalten werden.

Zukünftig sollte Hofbauer[144] zufolge Wert auf eine einheitliche Führung des Wochenprogramms gelegt werden, auch wenn eine Erstellung nicht vertraglich mit dem Auftraggeber vereinbart wurde. Für eine nachvollziehbare Übersicht ist hierbei die Verwendung einer einheitlichen Vorlage der für die Ausführung verantwortlichen Personen von Vorteil. Wird am Ende einer Woche der Fertigstellungsgrad der jeweiligen Tätigkeiten (prozentual oder Masse bzw. Menge der verarbeiteten Materialen) dokumentiert, kann ein Wochenprogramm zukünftig als Grundlage für Ist-

[143] D. Pippert; S. Steinhofer: *Technischer Bericht zur Prozessanalyse*, S. 5.
[144] vgl. *Protokoll Nr. 5*, S. 2.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

Werte verwendet werden. Dies würde dem Bauzeitplaner bei der Aktualisierung des Arbeitsbauzeitplans unterstützen, da derzeit Ist-Ausführungszeitdaten gelegentlich nicht rechtzeitig übermittelt werden. Im Idealfall kann zukünftig auf Grundlage der Fertigstellungsgrade über eine Software, mit der ein Wochenprogramm aufgestellt wird und in der ein Arbeitsbauzeitplan hinterlegt ist, automatisch ein Soll-Ist-Vergleich der Ausführungszeiten erstellt werden. Außerdem wäre es denkbar, auf Grundlage der Fertigstellungsgrade und der daraus abzuleitenden Ausführungsgeschwindigkeit den weiteren zeitlichen Verlauf der Ausführung (z. B. mögliche Bauzeitverlängerungen) zu prognostizieren. Hierfür sind mögliche Software-Lösungen diverser Anbieter zu testen.

ARBEITSGEMEINSCHAFT STRABAG PORR pb HBF WIEN - BL01

Wochenprogramm inkl. Wochenvorschau

ARGE Hauptbahnhof Wien

3 Wochen - Auszug KW 29-31/2010

Monat				Juli							Juli							August				
Kalenderwoche				KW 29							KW 30							KW 31				
Wochentag	Fr	Sa	So	Mo	Di	Mi	Do	Fr	Sa	So	Mo	Di	Mi	Do	Fr	Sa	So	Mo	Di	Mi	Do	Fr
Datum	16. 07			19. 07	20. 07	21. 07	22. 07	23. 07			26. 07	27. 07	28. 07	29. 07	30. 07			02. 08	03. 08	04. 08	05. 08	06. 08
Vorgang																						
Bereich Süd-Ost																						
Unterzüge BA 2.3	x			x	x	x																
Unterzüge BA 2.4												x	x	x	x	x		x	x			
Unterzüge BA 2.5																						
Unterzüge BA 2.6	x	x		x	x	x																
Unterzüge BA 2.7	x			x	x	x	x	x														
Unterzüge BA 2.8													x	x	x	x		x	x	x		
Decke ü. 1.UG BA 2.1	x	x		x	x																	
Decke ü. 1.UG, BA 2.2									x		x	x	x									
Decke ü. 1.UG, BA 2.3																		x	x	x	x	x
Decke ü. 1.UG, BA 2.6											x	x	x	x	x							
Decke ü. 1.UG, BA 2.12																		x	x	x	x	x
Magerbetonauffüllung UG1, Laderampe													x	x								
Decke Laderampe															x	x		x	x			
Bodenplatte BA 3.10					x																	
Stützen + Wände UG2	x	x		x	x	x	x	x	x		x	x	x									
Decke ü. UG2, BA 3.2	x	x		x	x	x																

Abbildung 3.26: Einfaches Wochenprogramm inklusive Wochenvorschau[145]

3.6 Bauablaufstörungen

Der derzeitige Umgang mit Bauablaufstörungen wird im folgenden Abschnitt auf Grundlage der geführten Fachgespräche dargelegt. Außerdem werden mögliche Maßnahmen hinsichtlich der Dokumentation von Soll-Ist-Vergleichen aufgezeigt.

Im Rahmen der Ausführung ist durch die Bauleitung oder bei umfangreichen Bauvorhaben auf Wunsch der Gruppen-, Projekt- und Bauleitung durch einen Bauzeitplaner regelmäßig (wöchentlich bis monatlich) die tatsächliche Ausführungszeit (Ist-Bauzeit) mit der geplanten Ausführungszeit (Soll-Bauzeit) zu vergleichen (siehe Abschnitt 3.2.2). Hierbei ist die geplante mit der tatsäch-

[145] in Anlehnung an PORR Design & Engineering GmbH: *Wochenprogramm inkl. Wochenvorschau – ARGE Hbf Wien – BL01.*

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

lichen Ausführungszeit auf Abweichungen zu überprüfen. Bei größeren Abweichungen, die außerhalb des Streubereichs (siehe Abschnitt 2.5) liegen, ist die Ursache zu analysieren. Dies gilt vor allem für Leistungen, die auf dem kritischen Weg liegen. Liegt die Ursache von Störungen in der Sphäre der PORR (z. B. eigenverschuldete oder durch Nachunternehmer verschuldete Verzögerungen), sind unmittelbar abhängig vom Bauvorhaben geeignete Gegensteuerungsmaßnahmen (siehe Abschnitt 2.5.2) durch die Bauleitung einzuleiten. Um die Wirksamkeit eingeleiteter Gegensteuerungsmaßnahmen zu überprüfen, sind in kürzeren Intervallen erneute Soll-Ist-Vergleiche zu erstellen und zu beurteilen. Es sind weitere Gegensteuerungsmaßnahmen einzuleiten, wenn sich die bisher eingeleiteten Maßnahmen nicht positiv auf den weiteren Verlauf auswirken. Durch Gegensteuerungsmaßnahmen soll insbesondere die Überschreitung von Fertigstellungsterminen im Zuge von Bauablaufstörungen verhindert werden oder möglichst gering ausfallen. Liegt die Ursache hingegen in der Sphäre des Auftraggebers, sind durch die Bauleitung unter Berücksichtigung der ÖNORM B 2110[146] die Auswirkungen auf den weiteren Bauablauf aufzuzeigen sowie mögliche Gegenmaßnahmen dem Auftraggeber vorzuschlagen. Nachdem eine Anordnung vom Auftraggeber vorliegt, können diese Maßnahmen umgesetzt und im Anschluss auf Wirksamkeit überprüft werden (siehe Abschnitt 3.2.2). Neben erheblichen Abweichungen der Ausführungszeit (Soll-Ist-Vergleich) weisen nicht eingehaltene Wochenprogramme ebenfalls auf Störungen im Bauablauf (z. B. Verzögerungen) hin. Anhand von Ressourcenauswertungen kann der Bauzeitplaner Ausführungsabschnitte ermitteln, die anfällig für Bauablaufstörungen sind. Sensible Ausführungsabschnitte können in der Ressourcenauswertung durch kurzfristige Überschreitungen der Kapazitätsgrenze ausfindig gemacht werden. Auch handelt es sich um sensible Abschnitte, wenn erforderliche Ressourcen über einen längeren Zeitraum hinweg an die Kapazitätsgrenze stoßen. Dementsprechend verfügen diese Abschnitte über wenig oder keinen Puffer. Um Verzögerungen zu vermeiden, ist die Einhaltung des planmäßigen Bauablaufs in diesen Abschnitten essenziell.

Dokumentation von Soll-Ist-Vergleichen

Hofbauer[147] zufolge ist MS Project für die Erstellung von Soll-Ist-Vergleichen nicht ideal. In der Praxis existieren häufig duplizierte MS Project-Dateien, die oftmals nicht auf dem aktuellen Stand sind. Im Falle eines Personalwechsels droht die Gefahr, diese Dateien nicht mehr nachvollziehen zu können. Für die Zukunft wäre daher eine standardisierte datenbankbasierte Anwendung, in der Terminplanung, Kalkulation und ein 3D-Modell integriert und miteinander verknüpft sind, von Vorteil. Jeder Benutzer würde über notwendige Zugriffs- und Bearbeitungsberechtigungen gemäß seiner Rolle (z. B. Bauzeitplaner, Bauleitung oder Kalkulator) verfügen. Folglich könnten Kosten unterschiedlicher Terminplanvarianten oder Kosten, die infolge von Abweichungen zur Soll-Ausführungszeit entstehen, automatisch aufgezeigt werden. Eine zweckmäßige Software sollte es ermöglichen, weitere Inhalte, wie u. a. die Baustellendokumentation, den Schriftverkehr und die Mehrkostenforderungen infolge gestörter Bauabläufe, für alle Benutzer sichtbar zu hinterlegen. Mögliche Software-Lösungen diverser Anbieter müssten selektiert und getestet werden.

[146] vgl. Austrian Standards: *ÖNORM B 2110: 2013 03 15*, S. 8 f.
[147] vgl. *Protokoll Nr. 5*, S. 3.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

Die nächsten beiden Kapitel geben eine Einführung zu den Grundlagen des Lean Managements. Außerdem wird das Vorgehen bei Bauvorhaben beschrieben, die in der PORR Design and Engineering GmbH mit Lean-Management-Ansätzen (Lean-Ansätze) abgewickelt werden.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU WIEN Bibliothek Your knowledge hub

4 Lean Management

In diesem Kapitel wird die Entstehung der Lean Philosophie von ihren Anfängen in der Fließbandfertig durch Henry Ford bis hin zu den ersten Schritten des Lean Thinkings im Toyota-Konzern dargestellt. Der Automobilhersteller Toyota etablierte ein System welches, auf die Anwendung der Lean-Philosophie gründet und später unter dem Begriff „Toyota Production System“ (TPS) erfolgreich in der Wirtschaft etablierte wurde. Abschließend wird in Bezug auf die Bauproduktion die Anwendung der Lean-Management-Methoden in diesem Fachbereich auf literarischer Basis erläutert.

4.1 Die Entwicklung des Lean Grundgedanken

Nach der Interpretation von Gorecki und Pautsch[148] wird nachstehend die Entstehung des Lean Thinkings erläutert. Diese sprechen William Edwards Deming dem Erfinder der PDCA-Methodik (Plan, Do, Check, Act) sowie den Begründern des *Lean Managements*, James P. Womack und Daniel T. Jones, eine tragende Rolle bei der Entstehung des Lean Thinkings zu. Im Weiteren definieren sie, dass die Einführung der Fließbandarbeit in die Automobilindustrie durch Henry Ford die Automobilebranche revolutionierte, denn zu dieser Zeit wurde noch von einer *Automanufaktur* gesprochen. Man ging davon aus, dass jedes Auto ein Unikat darstelle und von Hand angepasst werden müsse. Durch die Einführung der Fließbandarbeit wurde die Fertigung so ausgerichtet, dass ein Arbeiter immer denselben Arbeitsschritt an einem festen Arbeitsplatz ausführt und das Produkt so, von Arbeiter zu Arbeiter durch die Fertigung geführt wird. Mit dieser Veränderung der Arbeitsplätze und Tätigkeiten führte Henry Ford das sogenannte „Fluss Prinzip“ in die Wirtschaft ein. Nach dem Zweiten Weltkrieg entstand ein neues System, welches von Toyota entwickelt wurde, das sogenannte „TPS – Toyota Production System“. Eine besondere Bedeutung hierfür hatte der Projektingenieur Taiichi Ohno; dieser war ab dem Jahr 1950 Produktionsleiter bei Toyota.

Zufolge Heidemann[149] wird nachstehend die Einflussnahme von Toyota auf das Lean Thinking beschrieben. Das Ziel von Toyota war es, Marktführer in der Automobilindustrie zu werden. Dabei ging es primär darum, kleine Stückzahlen von unterschiedlichen Modellen bei geringer Nachfrage zu liefern. Da die Weltwirtschaft durch den Zweiten Weltkrieg sehr in Mitleidenschaft gezogen wurde, war die konsequente Vermeidung von Verschwendung als auch die Erhöhung der Wirtschaftlichkeit der Produktion von enormer Bedeutung für Toyota. Zu Beginn des TPS wurden alle Prozesse beseitigt, welche keine Wertsteigerung bedeuteten. In dieser Zeit trat es immer deutlicher hervor, dass Kunden eine individuelle Persönlichkeit und eigene Bedürfnisse haben. Daraus entstand die Kundenorientierung in der Produktion, welche als Grundstein für das Pull-System gilt. Hierzu werden die für die Produktion benötigten Materialien zum richtigen Zeitpunkt vom Produzenten „herangezogen“ (engl. Pull). Dadurch wird sichergestellt, dass ein Fertigungsfluss geschaffen wird, der eine gleichmäßige Produktion sicherstellt.

[148] vgl. P. Gorecki; P. Pautsch: *Praxisbuch Lean Management*, S. 6.

[149] vgl. A. Heidemann: *Kooperative Projektabwicklung im Bauwesen unter der Berücksichtigung von Lean Prinzipien - Entwicklung eines Lean Projektabwicklungssystems*, S. 5.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

Nach der Auffassung von Gorecki und Pautsch[150] sei es William Edwards Deming zuzuschreiben, dass man erstmals eine neue Herangehensweise zur Optimierung von Prozessen sei. Ihnen zufolge vertrat Deming die Ansicht, dass die Optimierung der Aufgaben in kleinen Schritten zu vollziehen sei. Er habe erkannt, dass es schwer sei die Auswirkungen von Veränderungen der Prozessschritte im Voraus zu erkennen. Seine Erkenntnisse spiegeln sich im sogenannten PDCA-Zyklus bzw. im Deming-Zyklus nieder. Nachfolgend wird die Definition der Phasen nach Heidemann[151] erläutert:

- Planen „Plan“: Das Problem bzw. eine Alternative zu einer Grundsache soll aus möglichst vielen Perspektiven betrachtet werden, um das zentrale Problem herauszufinden und um mehrere Lösungen genieren zu können.
- Tun „Do“: In diesem Schritt wird der zuvor ausgearbeitete Plan möglichst zeitnah umgesetzt.
- Prüfen „Check“: Hier werden die Ergebnisse des umgesetzten Plans gemessen oder zuvor getroffene Aussagen mit den zielenden Vorhersagen verglichen.
- Aktion „Act“: Sind die gemessenen Ergebnisse zufriedenstellend, so werden diese Aktionen als Standard festgelegt und umgesetzt.

Wie zuvor schon erwähnt und in Berufung auf Gorecki und Pautsch[152] gelten die Autoren des Buches „Lean Thinking: Banish waste and create wealth in your corporation“, James P. Womack und Daniel T. Jones, als Mitbegründer und Erfinder des Lean Management. Die beiden Forscher des Massachusetts Institute of Technology (MIT) haben in ihrer Arbeit die westlichen Automobilhersteller mit den erfolgreichen japanischen Konkurrenten miteinander verglichen und dabei gravierende Unterschiede in den Produktionsprozessen aufgedeckt. Mit diesen als Lean Management bezeichneten Forschungsergebnissen und Prinzipien veränderten sie die Sichtweise der Automobilindustrie.

4.1.1 Toyota-Production-System TPS

Das bereits erwähnte Toyota-Production-System wird nach der Interpretation von Linker[153] als Basis der Lean Philosophie verstanden. Die Entstehung des TPS und dessen Bestandteile werden anhand der Auffassung Fiedlers[154] in diesen Abschnitt weiter erläutert. Dieses System ist eine Sammlung von Methoden und Prinzipien, die von Taiichi Ohno entworfen wurden. Unter dem Begriff TPS-Haus, welches in Abbildung 4.1 dargestellt wird, werden diese Prinzipien symbolisch in Form eines Hauses dargestellt. Damit soll die Gesamtheit dieser Methoden und die sich daraus ergebende Stabilität verbildlicht werden. Im folgenden Text werden die einzelnen Bestandteile des Hauses näher erläutert.

[150] vgl. P. Gorecki; P. Pautsch: *Praxisbuch Lean Management*, S. 7.

[151] vgl. A. Heidemann: Kooperative *Projektabwicklung im Bauwesen unter der Berücksichtigung von Lean Prinzipien - Entwicklung eines Lean Projektabwicklungssystems*, S. 63.

[152] vgl. P. Gorecki; P. Pautsch: *Praxisbuch Lean Management – Der Weg zur operativen Excellence*, S 6.

[153] vgl. J. K. Liker: *Der Toyota Weg – 14 Managementprinzipien des weltweit erfolgreichsten Automobilkonzerns,* S 42.

[154] vgl. M. Fiedler: *Lean Construction – Das Managementhandbuch*, S. 47ff.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek WIEN Your knowledge hub

Das Fundament des *TPS-Hauses* stellt die Methode der kontinuierlichen Verbesserung (Kaizen) dar. Ziel der Methodik ist es, keine sprunghaften Veränderungen im Unternehmen zu bewirken, sondern eine kontinuierliche Verbesserung in kleinen Abschnitten zu etablieren. Dieser Prozess beinhaltet den zuvor erwähnten *PDCA - Zyklus*, welcher in seiner Anwendung eine ständige Verbesserung beinhaltet und neue Standards einführt. Dieser Zyklus wird in Abbildung 4.2 grafisch dargestellt.

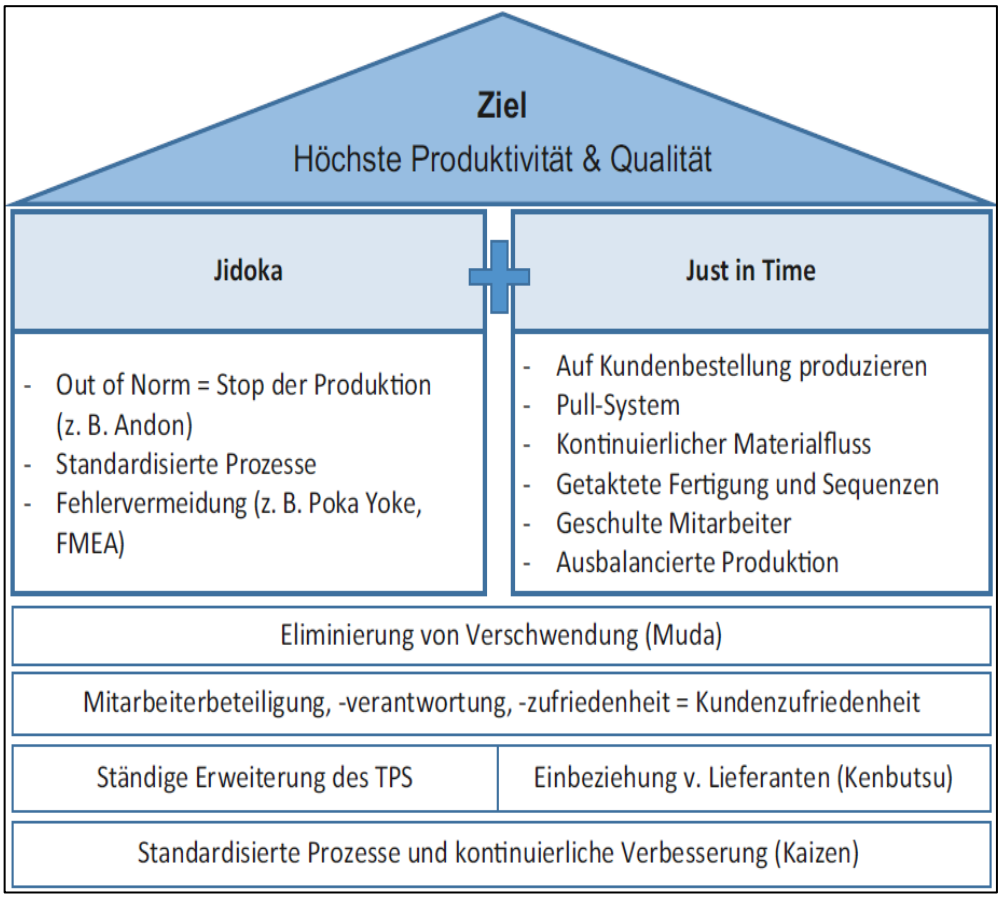


Abbildung 4.1: Das Toyota Haus[155]

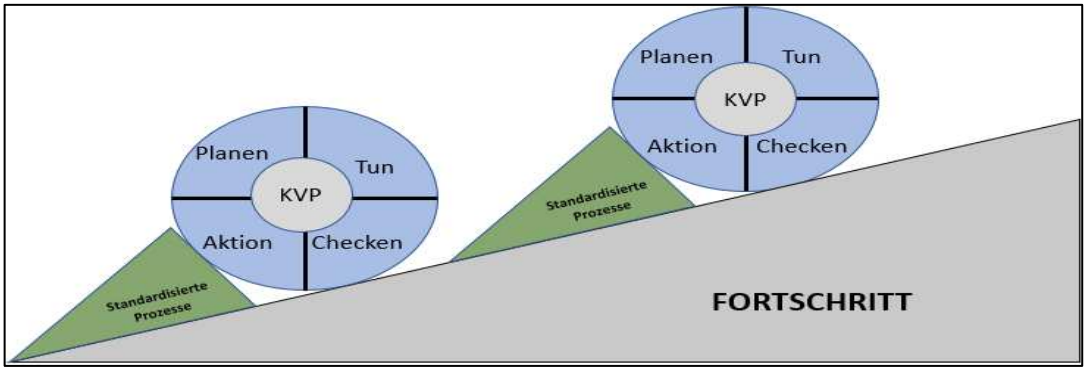


Abbildung 4.2: Der KVP Prozess[156]

[155] vgl. M. Fiedler: *Lean Construction – Das Managementhandbuch*, S. 50.
[156] in Anlehnung an German Lean Constuction Institut – GLCI e. V: *Lean Construction – Begriffe und Methoden*, S. 11.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek WIEN Your knowledge hub

Die nächste Stufe des TPS-Hauses bildet die *ständige Erweiterung des TPS* und *die Einbeziehung von Lieferanten* in das Gesamtsystem (Kenbutsu). Dies soll das Haus nicht als ein starres Konstrukt darstellen, sondern beschreibt es als einen Handlungsspielraum, in dem es ständig zu einer Verbesserung des Systems kommen soll. Es versteht sich als ein System, welches zu Denkanstößen und Handlungsempfehlungen anregen soll. Die Auslegung, wie ein Unternehmen dies bewerkstelligt, ist stets individuell zu handhaben. Durch die Einbeziehung der Lieferanten sollen die vorgelagerten, firmenexternen Produktionsprozesse in die eigene Produktion integriert werden. Dies ermöglicht es, eine Einheit zu generieren, in welche eine gleiche Vorstellung von Qualität und Produktivität herrscht und die bis hin zum Kunden einen kontinuierlich Prozessfluss durchläuft.

Toyota hob die Bedeutung seiner Mitarbeiter für das Erreichen der Unternehmensziele besonders hervor. Die Ziele wurden an der Zufriedenheit der Kunden gemessen, demnach anhand der Qualität der gelieferten Produkte des Unternehmens. Toyota beteiligte seine Mitarbeiter an strategischen Entscheidungen. Der Automobilhersteller fordert die Mitarbeiter auf, sich mit den einzelnen Entscheidungen und Strategien soweit zu beschäftigen, dass ein fundierter Lösungsansatz zustande kommt. Der Umstand, dass Verantwortung auf Mitarbeiter übertragen und sie in Entscheidungen miteingebunden wurden, förderte deren Zufriedenheit im Unternehmen. Dies wiederum hob das Betriebsklima und sorgte für eine Steigerung der Qualität, denn zufriedene Mitarbeiter sind ein Erfolgsfaktor für ein erfolgreiches Unternehmen.

Der am häufigsten verwendeten Begriff im TPS ist *Muda*, was ins Deutsche übersetzt *Verschwendung* bedeutet. Er wird im übertragenen Sinn für alles verwendet, was aus Sicht des Kunden keine Wertschöpfung impliziert und somit unternehmens- bzw. kundenbezogen eine Verschwendung darstellt. Grundsätzlich kann jede durchgeführte Tätigkeit Verschwendungen mit sich bringen. Nach der Definition von Ohno[157] können sieben verschiedene Arten von Verschwendungen unterschieden werden:

- Überproduktion
- Wartezeiten
- Transporte
- Unnötige Bearbeitung
- Lagerbestände
- Ineffiziente Bewegungsabläufe
- Mängel/Fehler

Die nachfolgenden Erläuterungen der aufgezeigten Verschwendungsarten werden in Berufung auf Fiedler[158] aufgezeigt.

Die **Überproduktion,** welche als erstes der sieben Verschwendungen aufgelistet ist, wird durch die zu viel produzierte Menge, die nicht den Kundenbedarf entspricht, definiert. Sie ist die Folge von einer zu geringen Abnahme durch externe bzw. interne Kunden. Ferner kann sie auch durch eine Pufferbildung in der eigenen Produktionskette entstehen. Dieser so erarbeitete Puffer wird

[157] vgl. T. Ohno: *Toyota Production System – Beyond Large-Scale Production*, S. 49 f.
[158] vgl. M. Fiedler: *Lean Construction – Das Managementhandbuch*, S. 54 f.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek WIEN Your knowledge hub

für Unregelmäßigkeiten in der Fertigung eingeplant. Daraus können weitere Formen von Verschwendung abgeleitet werden.

Die **Lagerbestände** von fertigen bzw. noch halbfertigen Produkten oder Rohmaterialien ist eine sehr verbreitete Form der Verschwendung. Ob der Tatsache, dass eine solche Lagerhaltung Personal sowie Raumkapazitäten bindet und dies nicht direkt auf ein Produkt bezogen werden kann, sind die dabei entstehenden Kosten in den Gemeinkosten aufgeführt. Dadurch kommt es zu Kostensteigerungen, welche auf das Endprodukt aufgeschlagen werden. Einen Puffer zu generieren ist aus Sicht der Aufrechterhaltung der Produktion bei einem Ausfall von Maschinen, Menschen, Materialien nachvollziehbar. Daraus kann man jedoch keinen Rückschluss auf entstandene Fehler in der Produktionskette ziehen, da diese durch die Pufferbildung verschleiert werden. Im Sinne des „Flow“ einer Produktion sind solche Unregelmäßigkeiten abzustellen.

Als **ineffiziente Bewegungsabläufe oder auch Motion** wird jede Art von menschlicher Bewegung verstanden, welche in der Produktion anfällt. Im Gegensatz dazu steht der *Transport*, worunter in seiner klassischen Bedeutung eine Bewegung fertiger Materialien und Werkzeugen zu verstehen ist. Der im Rahmen von Motion verwendete Begriff der Bewegung bzw. des Transportes bezeichnet die Bewegung von Mitarbeitern im Umfeld der Produktion, worin sich keine unmittelbare Wertschöpfung aufzeigt.

Unter **Unnötige Bearbeitung** versteht man ein Übermaß an Bearbeitung oder Ausstattung, das dem Kunden keinen Mehrwert und dem Produkt keine Verbesserung bietet. In eine solche Überarbeitung fließen nicht verrechenbare Arbeitsstunden und Materialien mit ein, da der Kunde diesen Mehraufwand nicht als nötigt betrachtet oder diesen gar nicht wünscht. Um diese Verschwendungsart besser zu verstehen, muss man sich in die Position des Bestellers versetzen und aus dessen Perspektive das Produkt betrachten.

Wartezeiten sind Unterbrechungen des Produktionsflusses. Diese Lücken in der Produktion können mit bestimmten Tätigkeiten aufgefüllt werden. Zum Beispiel können die Mitarbeiter in dieser Zeit ihren Arbeitsplatz organisieren oder auch säubern. Sind diese Tätigkeiten aber bereits erledigt, führen diese Wartezeiten zu einer Erhöhung der Durchlaufzeit (DLZ) des zu fertigenden Produktes. Ist eine Produktion erledigt und der Mitarbeiter wartet auf seine neue Aufgabe, hat er keinen Einfluss mehr auf die DLZ des Werkes. Hingegen steigt die DLZ, wenn der Mitarbeiter auf Produktionsmaterial warten muss. Dies geschieht nicht nur in der Produktionsebene. Auch in der Planung der Gewerkezüge kann es zu Wartezeiten kommen, wenn die geplanten Puffer nicht dazu verwendet werden, Arbeiten zu erledigen, die für diesen Zeitraum angedacht worden sind.

Im Gegensatz zur ineffizienten Bewegung, unter welcher nicht die Bewegung des Mitarbeiters verstanden wird, bezieht sich die Bewegung beim **Transport** allein auf die Materialien und Werkzeuge, die keine Wertschöpfung für die laufende Produktion aufweisen. Fallen Lieferungen zu gering aus, kann die Gefahr bestehen, dass die Produktion ins Stocken gerät. Wird zu viel angeliefert, steigt die Gefahr an Beschädigungen. Des Weiteren müssen die nicht benötigten Materialien eingelagert werden, was zu einer Lagerhaltung führt, welche die Lagerkosten unnötig steigen lassen.

Mängel und Fehler führen zwangsläufig zu einem Ausscheiden des Produktes aus der Wertschöpfungskette oder zu einer Erhöhung der Arbeitszeit, da Nacharbeiten nötig werden. Diese Mängel bzw. Fehler in der Produktion haben keinen Mehrwert für das Unternehmen, sind aber

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

am einfachsten zu identifizieren und lassen sich auf eine mangelnde Qualität der Produktion zurückführen. Sie führen in einer weiteren Betrachtung zur Verzögerung der Auftragsabwicklung, bei einer zu späten Erkennung können Mängelfolgekosten bzw. Imageschäden für das Unternehmen entstehen.

Die nachfolgenden Begriffe **Just-in-Time** sowie das **Jidoka-Prinzip** werden entsprechend Fiedler[159] erläutert. Die zwei tragenden Säulen des TPS-Hauses sind das *Just-in-Time-Prinzip* und das *Jidoka-Prinzip*. Die erste tragende Fläche ist die *Just-in-Time* (JIT) Fertigung. Sie fußt auf dem Grundgedanken, dass die richtige Menge an Material zum richtigen Zeitpunkt in der richtigen Qualität am richtigen Arbeitsplatz vorhanden ist. Hier greift auch das Pull-Prinzip, welches erst eine Lieferung des Materials auslöst, wenn ein Kunde ein Produkt anfordert.

Toyota hat für diesen Zweck das *Kanban-System* (Kanban = Karte) eingeführt, welches aus den Supermärkten der Vereinigten Staaten übernommen wurde, nachdem Taiichi Ohno dieses auf seiner Reise in den USA kennenlernte. Das Kanban-System setzt auf die Präsenz der Waren im Fertigungsbereich und vermeidet somit Lagerbestände, da eine Nachbestellung der Waren erst eintritt, wenn der Kunde eine bestimmte Ware abruft. Am Beispiel eines Supermarktes kann man das Prinzip gut veranschaulichen: Zunächst wird ein bestimmter Warenbestand in der Verkaufsfläche platziert. Entnimmt der Kunde eine bestimmte Menge an Waren aus dem Regal, wird nur genau diese Menge an Waren nachbestellt. In der Fertigung wird das Prinzip genauso angewendet. Entnimmt ein nachgelagerter Produktionsprozess (Kunde) die benötigten Waren aus einem Zwischenlager, so muss der vorgelagerte Produktionsprozess (Lieferant) nur genau diese Menge an Gütern nachliefern. Der vordefinierte Grundstock an Material ist an einer Karte am Behälter befestigt. Der Entnehmer der Ware ist dazu verpflichtet, die entnommenen Mengen auf der Karte festzuhalten, um den Lieferanten somit ein Signal zur Wiederbefüllung zu geben. In Abbildung 4.3 werden diese Prozessschritte grafisch dargestellt.

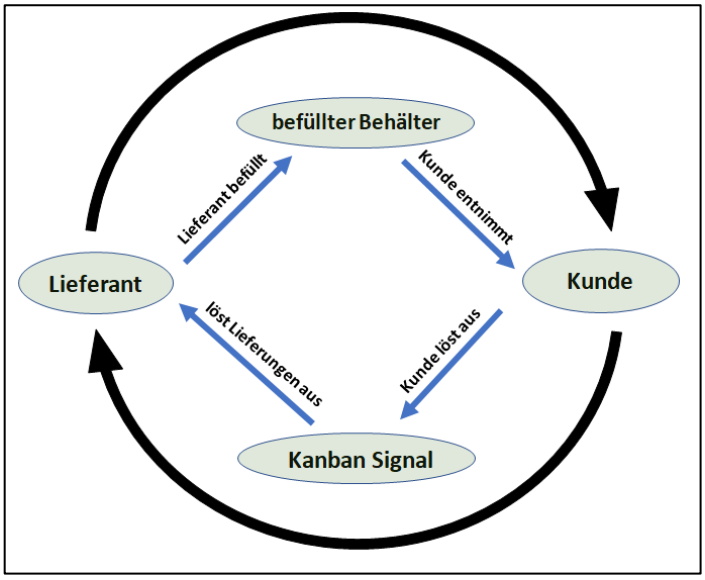


Abbildung 4.3: Kanban-System[160]

[159] vgl. *M. Fiedler: Lean Construction – Das Managementhandbuch*, S. 48 f.
[160] vgl. Kanban-System: *https://www.kanban-system.com/de/kanban-system-was-ist-das*, Zugriff 25.05.2019

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

Jidoka ist die zweite tragende Säule des TPS-Hauses. Diese spiegelt die Kombination von Menschen und Maschine wider. Es soll eine Verbesserung dieser Verbindung erreicht werden. Ein Mitarbeiter, welcher eine nicht in der Norm befindliches Produkt herstellt, muss dieses umgehend melden und die Produktion stoppen. Es werden anschließend die Gründe für dieses Ausscheiden analysiert und sofern nötig, der Fertigungsprozess so angepasst, dass ein solches Ausscheiden in zukünftigen Arbeitsschritten nicht mehr vorkommt. Dies wird durch das **Andon-Verfahren** repräsentiert, welches den Mitarbeiter in die Pflicht nimmt, die Fertigung anzuhalten, sobald dieser ein fehlerhaftes Produkt erhält oder selbst ein solches produziert. Auf diese Weise wird jedem Mitarbeiter klar, dass er keine fehlerhaften Produkte weitergibt, da dies sofort zu einem Stillstand in der Fertigung führen.

Weitere wichtige Werkzeuge bzw. Begriffe sind **Poka Yoke** und das **Total Produktive Maintenance-System** (TPMs). Die hier angeführten Begriffe werden nach Heidemann[161] erklärt. Poka Yoke wird als ein Verfahren verstanden, mit dessen Hilfe Fehlerursachen schon vor dem Eintritt eines Fehlers erkannt und dadurch vermieden werden. Die Arbeitsplätze werden so gestaltet, dass der Arbeiter bzw. Mitarbeiter keine andere Möglichkeit hat, als genau das Werkzeug zu verwenden, das für den spezifischen Arbeitsschritt nötig ist. Mit TPM wird ein System bezeichnet, in dem mehrere, Produktionsmethoden sicherstellen sollen, dass Maschinen zu jeder Zeit für den Produktionsprozess funktionstüchtig sind.

Diese Sammlung an Methoden bildet den Grundstock für das erfolgreiche Toyota-Production-System. Aus diesem Ansatz wurde das Lean Thinking entwickelt. Das Lean Thinking greift auf diese Grundlage zurück, indem es die Anwendungen, welche auf die industrielle Fertigung ausgerichtet waren, neu formuliert und diese auf andere Anwendungsbereiche überträgt. In dem folgenden Kapitel wird das Lean Thinking näher beschrieben und in seinen Grundzügen erklärt.

4.1.2 Lean Thinking

Im Lean Thinking soll der Kern aller Anstrengungen in einem Unternehmen darin liegen, den Nutzen des Produktes für den Kunden zu erkennen und festzuhalten, wie dieser am besten verwirklicht werden kann. Im Zuge dessen werden Verschwendungen aufgedeckt und vermieden. In der Folge konzentriert man sich auf die Wertsteigerung im Unternehmen. Nach Womack und Jones[162] werden folgende fünf Grundprinzipen für das Lean Thinking definiert und in der Abbildung 4.4 grafisch dargestellt:

- Specify Value : Wert des Kunden
- Identify the Value Stream: Identification des Wertstorms
- Flow: Fluss des Wertes ohne Unterbrechung
- Pull: Auslösen der Produktion durch den Kunden
- Perfection: Streben nach Perfektion

[161] vgl. A. Heidemann: *Kooperative Projektabwicklung im Bauwesen unter der Berücksichtigung von Lean Prinzipien - Entwicklung eines Lean Projektabwicklungssystems*, S. 11 f.

[162] vgl. J. Womack; D. Jones: Lean Thinking, *Ballast abwerfen, Unternehmensgewinne steigern*, S. 24 - 28.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

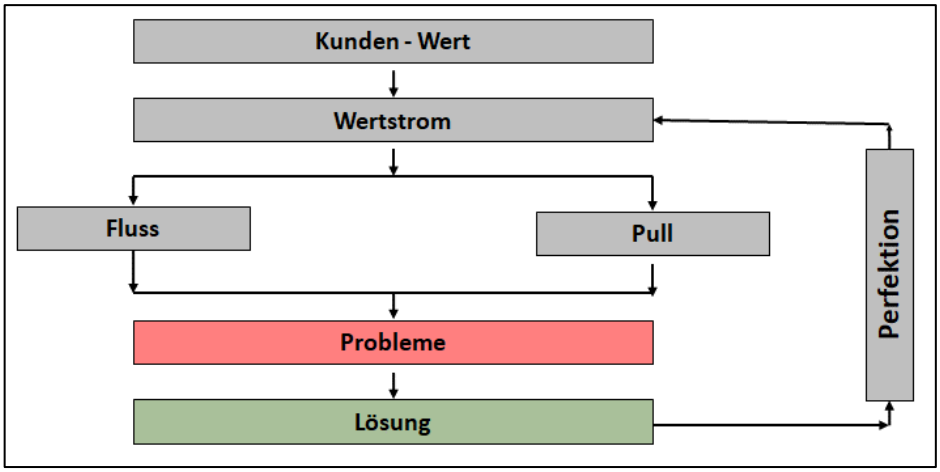


Abbildung 4.4: Grundprinzip des Lean Thinking[163]

Diese Grundprinzipien werden nach ihrer Reihung durchgeführt, wobei im Mittelpunkt der Wert aus Sicht des Kunden steht. Die Definition des Wertes erfolgt über ein Produkt, welches der Kunde für einen bestimmten Preis als Bedarf in Anspruch nimmt.

Die darauffolgenden Schritte werden nach Womack und Jones[164] erläutert. Der erste Prozessschritt ist die **Identifikation des Wertstroms**. In diesem werden die für die Herstellung des Produktes notwendigen Tätigkeiten bzw. Prozesses systematisch analysiert und differenziert. Es werden drei verschiedene Tätigkeiten bzw Wertströme unterschieden. Der erste Tätigkeitstyp schafft einen tatsächlichen Wert für den Kunden. Der zweite Wertstrom ist über die Tätigkeiten definiert, welche keinen direkten Wert erzeugen, aber aktuell für die Produktentwicklung, Auftragsabwicklung oder andere Produktionssysteme notwendig sind und daher nicht beseitigt werden können. Dieser wird als *Muda Type I* bezeichnet. Der dritte Typ des Wertstroms schafft keinen Wert aus Sicht des Kunden und kann somit sofort eliminiert werden. Dieser wird als *Muda Type II* bezeichnet. Durch diese Analyse wird der optimale Ablauf für die Produktion bestimmt und festgelegt, welcher nötig ist, um verschwendungsfrei zu produzieren.

Ist der Wertstrom identifiziert und die nicht-wertschöpfenden Tätigkeiten beseitigt, so kann nach den zuvor genannten Autoren Womack und James das nächste Grundprinzip zur Anwendung kommen, das sogenannte **Flow-Prinzip** (deut. Flussprinzip). Man lässt die betrachteten Prozesse bildhaft entlang eines Wertschöpfungsflusses fließen. Aufgrund der Tatsache, dass der Wert des Produktes bestimmt worden ist und der benötigt Wertstrom aufgezeigt wurde, kann ein idealer Produktionsfluss zum Kunden etabliert werden. Diese Vorgangsweise stellt eine effiziente Arbeitsweise sicher, durch die die Produktivität gesteigert und die Fehlerzahlen minimiert werden. Die große Herausforderung besteht darin, auch bei kleinen Stückzahlen einen kontinuierlichen Fluss sicherzustellen. Das vorletzte Grundprinzip nach Fiedler[165] im Lean Thinking ist das **Pull-Prinzip** (deut. Ziehen), welches in Abbildung 4.5 aufgezeigt wird. Die Kernaussage dieses Grundprinzips ist eine bedarfsorientierte Produktion. Es wird erst dann produziert, wenn das Produkt

[163] in Anlehnung an S. Haghsheno: *Lean Construction – Modeerscheinung, Werkzeugkasten oder Management-Ansatz zur Transformation des Bauwesens*, S. 35.

[164] vgl. J. Womack; D. Jones: *Lean Thinking, Ballast abwerfen, Unternehmensgewinne steigern*, S. 21 ff.

[165] vgl. M. Fiedler: *Lean Construction – Das Managementhandbuch*, S. 82.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

benötigt wird. Der Kunde des Produkts gibt somit den Startschuss für den Beginn der Produktion. Nach dem Auslösen dieses Impulses wird somit das Produkt durch die Produktion gezogen. Die Wertschöpfung orientiert sich am Bedarf des Produktes und nicht – wie sonst üblich – auf Basis von Marktanalysen und Absatzmärkten (Push-Prinzip). Das Ergebnis dieser Anwendung ist die Vermeidung bzw. Verringerung von Überproduktion.

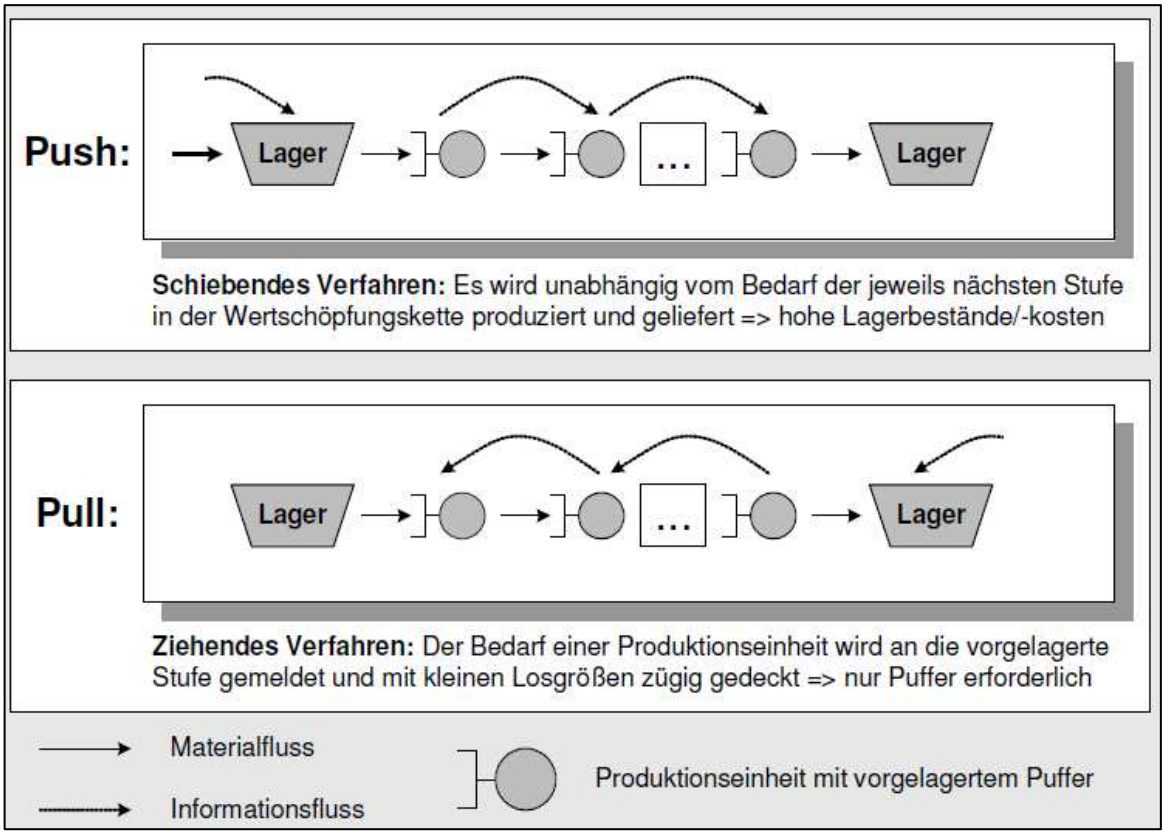


Abbildung 4.5: Darstellung des Pull-Prinzips[166]

Das letzte Grundprinzip nach Womack und Jones[167] im Lean Thinking ist das **Streben nach Perfektion** und nach einer kontinuierlichen Verbesserung der Abläufe bzw. den Tätigkeiten. Nach dem alle vier Methoden zuvor erfolgreich angewendet wurden, kann das Streben nach Perfektion verwirklicht werden. Mittels dieses Strebens nach Perfektion erfolgt ein kontinuierliches Eliminieren der Verschwendung und eine laufende Prüfung interner Prozesse bezogen auf die Wünsche der Kunden.

4.2 Lean Management in der Bauproduktion

Das Thema Lean Management wird in diesem Abschnitt in seinen Grundzügen angeschnitten und aufgezeigt. Das Lean Management hat seine Ursprünge in der Massenproduktion und im Speziellen in der Automobilindustrie. Ihre Anwendung führte hier zu einer erheblichen Steigerung der

[166] vgl. J. Kirsch: *Organisation der Bauproduktion nach dem Vorbild industrieller Produktionssysteme*, S. 38.
[167] vgl. J. Womack; D. Jones: *Lean Thinking, Ballast abwerfen, Unternehmensgewinne steigern*, S. 36.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

Produktivität unter gleichzeitiger Verringerung der Fehlerzahlen. Unter dem Begriff Lean Management versteht man eine Vielzahl von Managementmethoden, welche sich auf die Grundgedanken des Lean Thinking zurückführen lassen. Wie auch in den Leitideen des Lean Thinking, steht im Lean Management die Kundenzufriedenheit im Mittelpunkt der Anstrengungen eines Unternehmens. Der Produktionsfluss vom Rohprodukt bis hin zum Endverbraucher wird auf Verschwendungen untersucht und es wird versucht, diese zu vermeiden. Die in dieser Untersuchung identifizierten, nicht wertsteigernden Tätigkeiten werden im Lean Management nicht nur vermieden und ausgesondert, sondern es werden die Ursachen für die Verschwendung hinterfragt und analysiert, um diese zukünftig komplett aus dem Produktionsprozess zu verbannen. Dies hat zur Folge, dass durch das Lean Management ein kontinuierlicher Verbesserungsprozess gelebt wird.

Die Bauproduktion unterscheidet sich von der stationären Produktion in vielerlei Hinsicht. Es handelt sich im Gegensatz zu der industriellen Fertigung um keine standortbasierte Serienfertigung. Es werden keine maschinellen Einrichtungen wie in der Fließbandarbeit verwendet. Im ursprünglichen Gedankengut des Baugewerbes wurde stets von einer Unikatfertigung ausgegangen. Die Problematik lag darin, die Ideen des Lean Management, von der Serienfertigung auf das Bauwesen zu übertragen. Aus dieser Überlegung entstanden das sogenannte Lean Construction und das Lean Design. Diese neuen Vorgehensweisen im Bauwesen greifen die Grundprinzipien des Lean Thinking auf und formen diese gemäß den Ansprüchen und Bedürfnissen der Bauindustrie um. Diese meist praktischen Anwendungsmethoden zielen auf die Optimierung der Produktionsprozesse im Baugewerbe ab. Sie sollen aber auch die bei näherer Betrachtung immer wiederkehrende Prozesse (Stahlbeton, Schalen, Fließen, Trockenbau) bei der Herstellung eines Bauvorhabens standardisieren und diese somit optimal an den Wertstrom ausrichten, damit der Kunde ein ideales Endprodukt erhält.

In den folgenden Abschnitten werden die Begriffe, Lean Design und Lean Construction näherer beschrieben und diejenigen Methoden näher erläutert, welche im Bauwesen bzw. in der Bauproduktion angewendet werden.

4.2.1 Lean Design

Wie der Begriff *Design* schon impliziert, zielt Lean Design auf die Umsetzung der Lean-Denkweise innerhalb der einzelnen Planungsstufen eines Bauprojekts ab. In der Planungsphase müssen nach Fiedler[168] durch immer komplexer werdende Bauvorhaben, bei feststehender Produktivität Wege gefunden werden, diese Aufgaben adäquat zu lösen.

Verschwendung in der Planung

Planungsleistungen stellen einen geistigen Entwicklungsprozess dar, welcher durch den Einsatz von Kreativität und Fachwissen bewerkstelligt wird. Im Bauwesen werden im Gegensatz zu der industriellen Fertigung keine Produktserien gefertigt, welche bis ins kleinste Detail durchgeplant sind und jeder Handgriff eines Arbeiters genau getaktet ist. Es wird vielmehr bei jedem Bau eines

[168] vgl. M. Fiedler: *Lean Construction – Das Managementhandbuch*, S. 444.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek WIEN Your knowledge hub

Gebäudes ein Unikat hergestellt. Aus diesem Grund konnten die Grundideen des Lean Thinking bzw. des Toyota Production System nicht auf die Planung im Bauwesen übernommen werden. Es mussten die Arten der Verschwendung, welche in diesen Anwendungsbereichen dargestellt wurden, angepasst werden. Knut Bonnie, E. Kalsaas, Bo. Terje und O. Ose[169] haben in ihrer Abhandlung die Arten der Verschwendung im Bauwesen wie folgt dargestellt:

- Aufgabenwechsel
- Schlechte Koordination
- Fehlende Kompetenz
- Kapazitätseinschränkungen
- Unklare Verantwortlichkeit
- Änderung des Ziels
- Fehlender Wissensaustausch

Lean Design mit seinen Methoden und Werkzeugen hat als Ziel diese Verschwendungen im gesamten Planungsprozess zu eliminieren und somit einen konstanten Fluss der Planung zu gewährleisten. Die am häufigsten verwendeten Methoden, dies in den Planungsalltag einzubinden, sind die *Target-Value-Design-Methode,* welche die Kosten der Planung als zentralen Ausgangspunkt der Betrachtung hat, sowie die *Scrum-Methode*, in der das globale Projektziel in viele kleine Arbeitspakete aufgeteilt und sukzessive abgearbeitet wird.

Die **Scrum-Methode** zielt laut Fiedler[170] darauf ab, sich klare Arbeitspakete zu generieren und diese in sogenannten *Sprints* in vierwöchigen Abschnitten abzuarbeiten. In den Planungen der Sprints werden sowohl die gewünschten Ziele des Kunden als auch die Projektziele definiert und festgelegt. Wird ein Sprint abgeschlossen, so wird dieser in einer Nachbetrachtung auf Verbesserungspotentiale untersucht und diese festgehalten. Des Weiteren werden die neuen Ziele des darauffolgenden Sprints definiert. Da durch die Aufgliederung des gesamten Projekts in einzelne Arbeitspakete eine bessere Abarbeitung und Fokussierung auf die einzelnen Themen ermöglicht wird, läuft man Gefahr die langfristigen Projektziele aus dem Auge zu verlieren.

Das **Target-Value-Design** oder auch die *Zielkostenmethode* wird in Berufung auf Heidemann[171] damit beschrieben, dass vor dem Start der Planungen die Zielkosten des Projekts anhand von aktuellen Marktpreisen bestimmt werden. In diesen Zielkosten müssen alle Kosten enthalten sein, die bei dem Projekt anfallen werden. Es werden Alternativen zu der ursprünglichen Abwicklung entwickelt und diese so abgestimmt, dass die Kosten eingehalten werden können. Nach dieser Variantenstudie können schon im frühen Stadium einer Planung die Varianten eingegrenzt werden, die zur Auswahl stehen. Durch eine stetige Optimierung der Varianten bzw. der Kosten lassen sich die zuvor festgelegten Zielkosten erreichen oder im besten Fall sogar unterbieten. Wichtig ist, dass die betrachteten Varianten keine Erhöhung der Ressourcen oder der Kosten mit sich bringen.

---

[169] vgl. K. Bonnier; E. Kalsaas Bo Terje; O. Ose: *Waste in design an Engineering*, S. 7 f.

[170] vgl. M. Fiedler: *Lean Construction – Das Managementhandbuch*, S. 331 ff.

[171] vgl. A. Heidemann*: Kooperative Projektabwicklung im Bauwesen unter der Berücksichtigung von Lean Prinzipien Entwicklung- eines Lean Projektabwicklungssystems*, S. 61 f.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek WIEN Your knowledge hub

Im nachfolgenden Abschnitt wird das Thema Lean Construction vorgestellt und es wird ein Überblick über die umfangreichen Methoden und Werkzeuge gegeben, welche in der Abwicklung von Bauprojekten Anwendung finden.

4.2.2 Lean Construction

Laut Kirsch[172] stellt Lean Construction eine neue Philosophie der Prozessgestaltung im Bauwesen dar, welche darauf ausgerichtet ist, erprobte Methoden und praktische Arbeitswerkzeuge aus der stationären Industrie in die Bauwelt einzuführen. Lean Construction basiert auf den Grundgedanken von Lean Management, Lean Production und Lean Thinking. Die Herstellung in der Bauindustrie baut auf anderen Gesetzmäßigkeiten und Randbedingungen auf als die stationäre Industrie, weswegen die Ansätze des Lean Management bzw. des Lean Thinkings auf die Anforderungen des Bauwesens angepasst werden mussten. Fiedler[173] zufolge entwickelten sich daraus zugeschnittene Methoden und Werkzeuge für diesen Industriezweig.

Fritz Gehbauer führte hier zu Folgendes aus[174]: *„Lean Construction kann beschrieben werden als kluge Zuordnung von Ressourcen für die Transformation von Ausgangsmaterialien in Baustrukturen, während gleichzeitig der Fluss von Material und Informationen geglättet wird und der maximale Kundennutzen angestrebt wird.“*

Lean Construction hat, wie schon erwähnt, seine Ursprünge im Lean Management. Der gemeinsame Ursprung hat auch Auswirkungen auf die verwendeten Werkzeuge. Es werden im Lean Construction einige der Werkzeuge des Lean Management verwendet. Nachfolgend werden die Werkzeuge dargestellt, welche sowohl im Lean Management als auch im Lean Construction angewendet werden. Die von der Lean Construction neu adaptierten Systeme, das Last-Planner-System (LPS) und das Lean Project Delivery System (LPDS) werden in den nächsten Abschnitten näher beschrieben.

4.2.3 Lean Construction Werkzeuge

Zu den gemeinsam verwendeten Werkzeugen des Lean Managements und des Lean Construction zählen das *Just-in-Time-System* (siehe Abschnitt 4.1.1), das *Wertstromdesign*, die *5S-Methode*, die 5W's sowie die Eliminierung der Verschwendung.

Wertstromdesign / Value Stream Mapping (VSM)

Das Wertstromdesgin nach dem German-Lean-Construction-Institut[175] wird als Analyse- bzw. als Visualisierungswerkzeug des Material- und Informationsflusses eines Produktionssystems verwendet. In der Anwendung dieses Werkzeuges werden die Anzahl und Dauer der Prozesse, Ausfallwahrscheinlichkeiten und die Mengen an zu produzierenden Einheiten erfasst. Dadurch kann

[172] vgl. J. Kirsch: *Organisation der Bauproduktion nach dem Vorbild industrieller Produktionssysteme*, S. 28.
[173] vgl. M. Fiedler: *Lean Construction – Das Managementhandbuch*, S. 82.
[174] vgl. F. Gehbauer: *Lean Management im Bauwesen – Grundlagen*, S. 5.
[175] vgl. German Lean Constuction Institut – GLCI e. V: *Lean Construction – Begriffe und Methoden*, S. 8.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

für das Produkt die Durchlaufzeit ermittelt werden. Je geringer die Durchlaufzeit, desto besser wird der Prozessablauf bewertet. Durch diese Methode können auch Wartezeiten und Zeiten, an denen keine Wortschöpfung am Produkt erfolgt, aufgedeckt werden. Dem Gegenüber werden wertschöpfende Prozesse weiter verbessert und präziser ausgerichtet.

Die 5S-Methodik

Der Begriff „5S" stellt zufolge Heidemann[176] einen Sammelbegriff dar, unter welchem man die folgenden Begriffe zusammengefasst hat: *Seiri, Seiton, Seiso, Seikutsu* und *Shikutsu*. *Seiri* ist ein Begriff, der die Trennung und das Ausscheiden von nicht benötigten Teilen oder Materialien beschreibt. Als *Seiton* wird das Organisieren von benötigten Teilen verstanden, damit sie möglichst schnell optimal verwendet werden können. *Seiso* ist die Durchführung einer Reinigungstätigkeit. *Seikutsu* ist eine Wiederholung der Begriffe *Seiri, Seiton* und *Seiso*, um einen Arbeitsplatz bestmöglichst für eine darauffolgende Person bzw. Tätigkeit vorzubereiten. Um eine Routine für die Anwendung dieser beschriebenen Werkzeuge in einem Unternehmen zu etablieren, steht der Begriff *Shikutsu*.

Die 5-Warum-Fragetechnik

Nach Kirsch[177] stellt die *5-Warum-Frage-Technik* die Frage *Warum* insgesamt fünf Mal, um aufzudecken, an welcher Stelle der Produktion ein Problem aufgetreten ist. Sie soll dabei helfen, die eigentliche Ursache des Auftretens von Problemen aufzuzeigen, denn nur die Beseitigung der tatsächlichen Ursache führt dazu, eine dauerhafte Lösung für ein Problem zu finden. Werden hingegen nur die Symptome beseitigt, wird das Problem wieder auftreten.

Werkzeuge, welche auf das Lean Construction zugeschnitten und ergänzt wurden, sind das sogenannte Last-Planner-System, das Lean Project Delivery System sowie die Taktplanung/Taktsteuerung. Diese aufgezeigten Werkzeuge werden in diesem Abschnitt nur in ihren Grundzügen dargestellt und erst im Rahmen der Ressourcenplanung, der Bauablaufstörung sowie der Wochenplanung näher erläutert.

4.2.4 Lean Project Delivery System

Das Lean Projekt Delivery System (LDPS) wird nachstehend in Anlehnung an Heidemann[178] näher erläutert. Die Ziele der *TVF-Theorie* (Transformation, Wert und Fluss) werden in das LPDS einbezogen und umgesetzt, indem sie strukturiert, kontrolliert und verbessert werden. Grundsätzlich kann man davon ausgehen, dass alle Systeme, welche die TVF-Theorie anwenden, als ein LPDS bezeichnet werden können. Das LPDS ist ein Ansatz, welcher sich ganzheitlich über ein Projekt erstreckt, von der Definition des Projekts über die Planung und Ausführung bis hin zur Nutzung

[176] vgl. A. Heidemann: *Kooperative Projektabwicklung im Bauwesen unter der Berücksichtigung von Lean Prinzipien Entwicklung- eines Lean Projektabwicklungssystems*, S. 12.

[177] vgl. J. Kirsch: *Organisation der Bauproduktion nach dem Vorbild industrieller Produktionssysteme*, S. 195.

[178] vgl. A. Heidemann: *Kooperative Projektabwicklung im Bauwesen unter der Berücksichtigung von Lean Prinzipien - Entwicklung eines Lean Projektabwicklungssystems*, S. 15.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

des Objekts. Ein Projekt, welches die Ziele des LPDS verfolgt, muss nach Heidemann seine Zwischenschritte / Arbeitsschritte so gliedern und aufbauen, dass die Lean Prinzipien bestmöglich umgesetzt werden. Diese wären wie folgt zu betrachten:

- Liefern, was der Kunde wünscht,
- zum richtigen Augenblick
- und ohne Verschwendung.

Traditionelle Projekte werden in die Phasen der Planung, Vergabe und Ausführung gegliedert und voneinander getrennt in verschiedenen Personenkreisen bearbeitet. Im LPDS werden im Gegensatz dazu die ausführenden Unternehmen schon in den Entscheidungsprozessen mit eingebunden. In Abbildung 4.6 wird der Prozess des LPDS dargestellt und gibt einen Überblick darüber wie ein solches Modell aufgebaut ist. Die Aufteilung eines Projekts im Sinne des LPDS erfolgt in fünf Phasen.

Die fünf Phasen des LPDS sind:

- Projektdefinition = Project Definition
- Lean Planung = Lean Design
- Lean Lieferung = Lean Supply
- Lean Ausführung = Lean Assembly
- Nutzung = Use

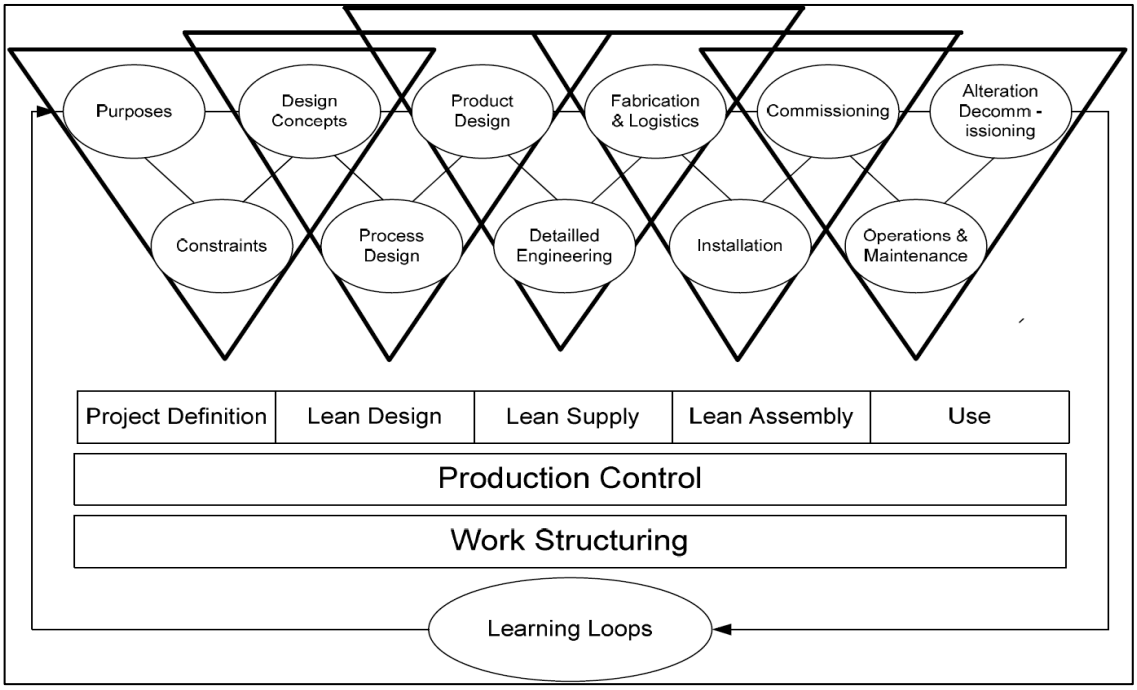


Abbildung 4.6: LPDS-Prozess[179]

[179] vgl. G. Ballard: *The Lean Project Delivery System: An Update*, S. 5.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

Im Gegensatz zu der traditionellen Projektabwicklung werden diese Phasen hier miteinander verknüpft und durch eine Rückkopplung miteinander verbunden. Bei der ersten Phase, welche die Projektdefinition umfasst, ist es die Aufgabe des Projektteams, sowohl den Wunsch als auch die Vorstellung des Kunden herauszufinden und ihm bei der Formulierung dieser zu helfen. Um dies zu bewerkstelligen, müssen dem Projektteam die notwendigen Anforderungen des Bauprojekts und die Erwägungen des Bauherren (Auftraggeber) bekannt sein, damit es ihnen gelingt, diese in das Planungskonzept und in die Planungskriterien zu integrieren. Im Gegensatz zu der traditionellen Projektabwicklung werden im LPDS schon alle Beteiligten aus den jeweiligen Lebenszyklen des Bauwerks mit in die Planung einbezogen. Die darauffolgende Phase wird als Lean-Planungsphase bezeichnet. In dieser wird immerzu nach Möglichkeiten gesucht, den Wert für den Arbeitgeber zu erhöhen und die Verschwendung zu minimieren. Es kann durch diese immerwährende Hinterfragung dazu kommen, dass es notwendig ist, wieder einen Schritt in die erste Phase zurückzugehen. Dieser Rückschritt, in dem die Projektdefinition angepasst wird, stellt die zuvor erwähnte Rückkopplung dar. Es kommt des Weiteren eine Methode aus dem TPS zur Anwendung, das sogenannte Set-Based-Design. Nach dieser Methode werden mögliche Alternativen stets parallel betrachtet und vom Projektteam ausgearbeitet. Die endgültige Entscheidung, welche bzw. ob eine Alternative verwendet wird, erfolgt im Rahmen dieser Methode erst zum spätmöglichsten Zeitpunkt. Vor allem durch die stetige parallele Ausarbeitung der Produkte und die dazugehörige Prozessplanung unterscheidet sich diese Lean-Planungsphase von der traditionellen Projektabwicklung. Die Ausarbeit der Produkte und der Prozessplanung werden in der herkömmlichen stets hintereinander abgearbeitet. In der dritten Phase, die als Lean-Lieferungsphase bezeichnet wird, werden die später verwendeten Produkte mithilfe von Detail-Engineering im Detail und in Vorausschau auf die spätere Lieferung auf die Baustelle geplant. Es werden hier sowohl Spezialisten für die Planung des Produktes als auch die Endnutzer schon zu diesem Zeitpunkt mit in die Planung eingebunden. Charakterisierend für den Lean-Gedanken ist es, dass bereits in der Planung alle späteren Lieferanten und Nachunternehmer, welche eine tragende Rolle im Projekt spielen, eingebunden werden. Die letzte Phase ist die Lean-Abwicklung des Projekts. In der Abwicklung legt das LPDS ein besonderes Augenmerk auf die mögliche Vorfertigung, die Logistik vor Ort, die Ausführung der Installationen und die Übergabe des Bauwerkes. Um das LPDS erfolgreich umzusetzen, legten Ballard, Koskela, Howell und Zabelle[180] folgende Techniken fest:

- Downstream-Players einbinden in Upstream-Entscheidungen
- Entscheidungen werden erst zum spätmöglichsten Zeitpunkt getroffen
- zur gemeinsamen Optimierung werden verschiedene Interessen abgestimmt
- Die Puffer zur Minimierung von Schwankungen werden gemeinsam bestimmt, eingeteilt und festgelegt.

Im LPDS werden negative Abweichungen durch die Verfolgung der Gründe und Ursachen, im Last-Planner-System erfasst.

[180] vgl. G. Ballard; L. Koskela; G. Howell; T. Zabelle: *Production system design in construction, in: Proceedings of the 9th annual conference of the International Group for Lean Construction*, S. 1-15.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

4.2.5 Last-Planner-System

Nach der Auffassung von Heidemann[181] gelten als Entwickler des LPS Gregory Howell und Glenn Ballard, welche auch die Gründer des Lean-Construction-Institutes in den USA sind. Die weiteren Ausführungen werden bezugnehmen auf Heidemann dargestellt. Sie haben den Workflow eines Projektes in seine Komponenten zerlegt und herausgefunden, dass die Leistung, die von Personen erbracht und anschließend an die Nachfolger übergeben wird, die Kernkomponente des Arbeitsflusses im Bauwesen darstellt. Im Baugewerbe ist das Just-in-Time-Prinzip so gestaltet, dass ein Gewerk nach Erledigung seiner Arbeitsschritte bzw. Tätigkeiten seine Arbeit an das darauffolgende Gewerk übergibt. Ein verlässlicher Arbeitsfluss zwischen den Gewerken ist die Basis für eine Bewerkstelligung der Arbeit im Fluss der Wertschöpfungskette. Das Last-Planner-System ist ein Instrument für die Produktionsplanung und die Steuerung, welches das Pull-Prinzip im Bauwesen verwirklicht und im Besonderen auch alle Beteiligten zu einer aktiven Zusammenarbeit auffordert, mit dem Ziel einen Prozess mit höherer Produktivität und verlässlicheren Arbeitsfluss zu schaffen. Hierzu greift das LPS den konventionellen Terminplan bzw. den Meilensteinplan auf und gliedert diesen in den weiteren Arbeitsschritten immer weiter auf.

Der sogenannte Last Planner ist die Person, welche die Verantwortung über die Planung innehat. Eines der wichtigsten Elemente des LPS sind die Last-Planner-Besprechungen, wobei der Ablauf der Gewerke mit allen Beteiligten gemeinsam geplant und erarbeitet wird. Die hier getroffenen Zusagen müssen verlässlich sein. Die Beteiligten müssen auch die Fachkompetenz haben und dazu befugt sein, solche Zusagen zu treffen, damit eine Garantie für die erfolgreiche Umsetzung des Projektes gegeben ist. In solchen Sitzungen wird ein hohes Maß an Kooperation und eine gemeinsame Vertrauensbasis vorausgesetzt. Die Häufigkeit der Sitzungen hängt im Wesentlichen davon ab, in welchem Punkt der Planungsphase man sich in einem Projekt befindet. Sie werden monatlich, wöchentlich bzw. täglich abgehalten[182]. Um einen Vergleichswert generieren zu können, werden die zugesagten Termine bzw. die trotz Zusage nicht eingehaltenen Termine in diesen Sitzungen erfasst und ausgewertet. Der daraus entstehende PEA-Wert (Prozentsatz der erledigten Arbeiten) gibt an, in welchem Maß die geplanten Zusagen eingehalten wurden. Im Falle der Unterlassung einer Einhaltung der zugesagten Tätigkeiten werden die Gründe dafür festgehalten. Diese können beispielsweise fehlende Vorleistung, fehlendes Personal etc. sein.

4.2.6 Taktplanung

Motzko definiertet den Takt wie folgt[183]: „*Der Takt ist der Herzschlag der Produktion. Durch eine Harmonisierung der Arbeitsinhalte, im Sinne einer gleichmäßigen Verteilung der Arbeit über mehrere Arbeitsstationen, wird dieser Herzschlag erreicht.*“.

[181] vgl. A. Heidemann: *Kooperative Projektabwicklung im Bauwesen unter der Berücksichtigung von Lean Prinzipien - Entwicklung eines Lean Projektabwicklungssystems*, S. 14.

[182] vgl. A. Heidemann: *Kooperative Projektabwicklung im Bauwesen unter der Berücksichtigung von Lean Prinzipien - Entwicklung eines Lean Projektabwicklungssystems*, S. 15.

[183] vgl. C. Motzko: *Praxis des Bauprozessmanagements – Termine, Kosten und Qualität zuverlässig steuern*, S.43.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek WIEN Your knowledge hub

In Berufung auf Fiedler[184] wird die Taktplanung sowie die Taktsteuerung nachstehend erläutert. Die Idee der flächenmäßigen Aufteilung und anschließender Abarbeitung ist keine neue Erfindung des Lean Construction, sondern wird schon seit geraumer Zeit bei Linien-Baustellen angewendet.

Vor der Taktplanung wird eine Prozessanalyse des Bauvorhabens durchgeführt, welche aus drei Teilen besteht. Der erste Schritt der Prozessanalyse ist, das geplante Gebäude in Funktionsbereiche zu gliedern, wie etwa die Gebäudehülle (Fassade und Dach), das Treppenhaus und die Außenbereiche. Es wird anschließend für jeden einzelnen Bereich das wiederholbare Element gesucht (die Standardraumeinheit, SRE). Diese SRE wird nun in ihre Arbeitsschritte aufgeschlüsselt. Die Prozessschritte sind in Abbildung 4.7 dargestellt.

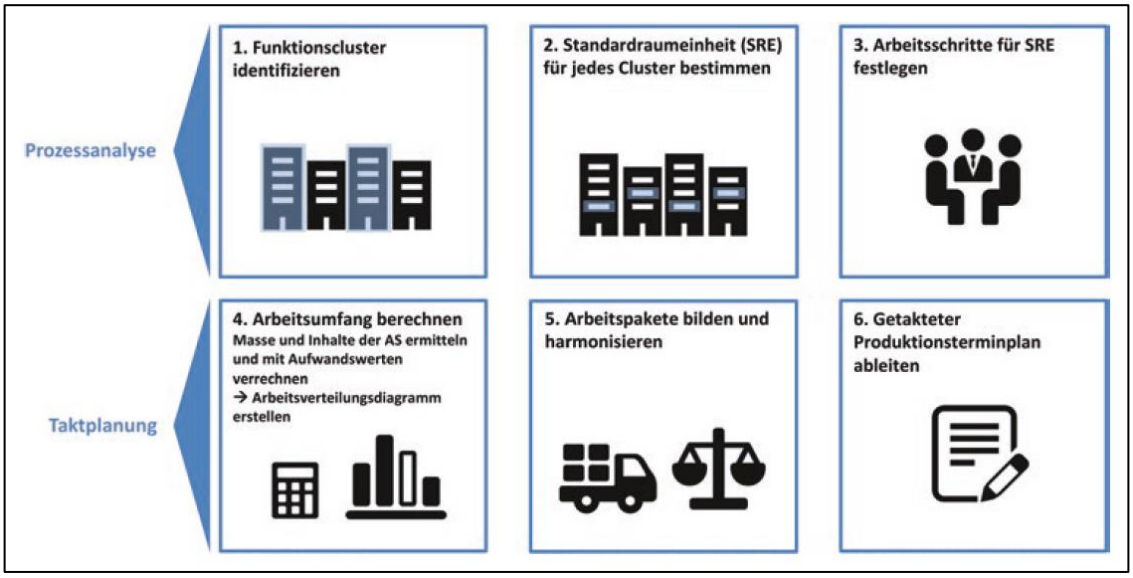


Abbildung 4.7: Übersicht der Prozessschritte in der Taktplanung[185]

Das Arbeitspaket ist das Ergebnis des fünften Schrittes der Taktplanung, es wird in einem Arbeitsverteilungsdiagramm grafisch dargestellt. Diese Arbeitsschritte werden wie eine Kette aneinandergereiht, wobei die Taktzeit und die Taktgröße bestimmt werden. Das Ziel dieser Bestimmung sollte die gleichmäßige Geschwindigkeit der Arbeitspakete sein. Um diese Arbeitspakete bzw. die Taktzeit und die Taktgröße harmonisieren zu können, werden die Arbeitskolonnen erweitert oder ein Springen der Arbeitsschritte vollzogen. Somit ist gewährleistet, dass die Arbeitskolonnen ihre Arbeiten in einer annährend gleichen Bearbeitungszeit vollbringen können. In Abbildung 4.8 ist erkennbar, dass bei einer nicht-harmonisierten Taktplanung die Bearbeitungsdauern der Gewerke sehr unterschiedlich ausfallen. Das Ergebnis der Harmonisierung der Arbeitspakete wird in Abbildung 4.9 dargestellt, es wird deutlich, dass die Bearbeitungsdauern durch Erhöhung der Mannstärken der Kolonnen nivelliert wurde und somit ein kontinuierlicher Fluss sowie eine kürzere Bearbeitungszeit erreicht wurde.

[184] vgl. M. Fiedler: *Lean Construction – Das Managementhandbuch*, S. 165 ff.
[185] vgl. M. Fiedler: *Lean Construction – Das Managementhandbuch*, S. 166.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek WIEN Your knowledge hub

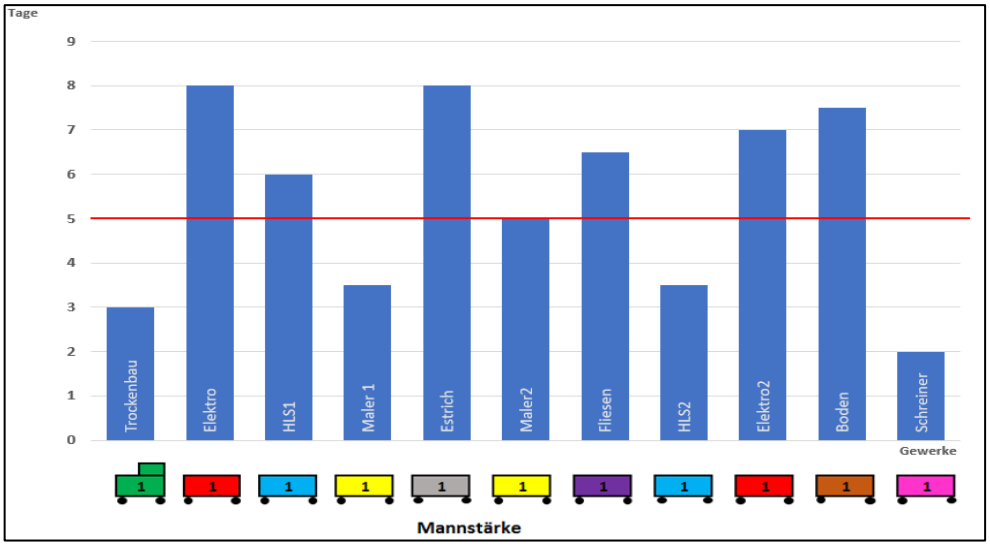


Abbildung 4.8: Nicht-harmonisierte Arbeitspakete[186]

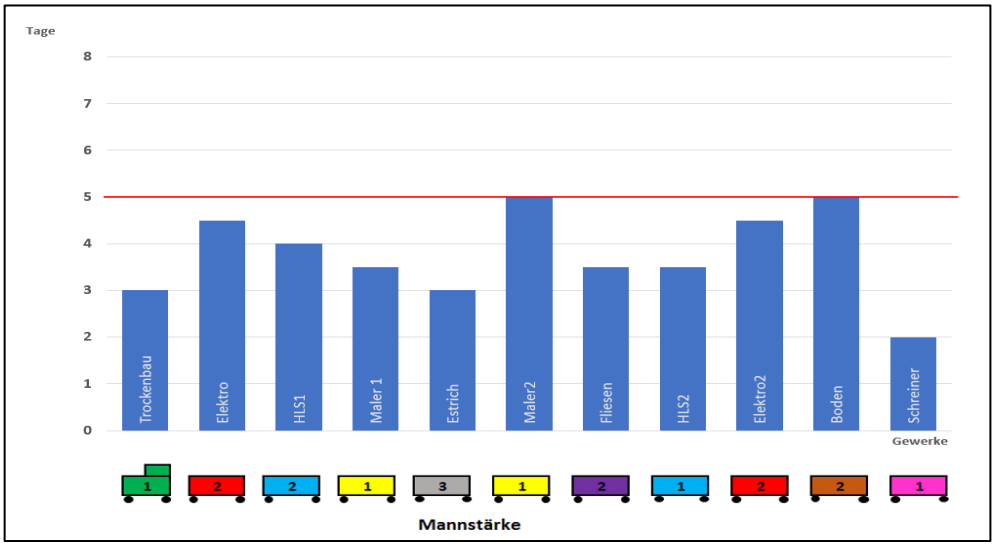


Abbildung 4.9: Harmonisierte Arbeitspakete[187]

Dieses Ergebnis der Taktplanung wird in der Praxis nicht mit einen *Gantt-Diagramm* dargestellt, sondern als Zeit-Ort-Diagramm veranschaulicht. Diese Art der Darstellung hat einen bestimmten Grund, denn in dieser wird das Objekt der Wertschöpfung auf der y-Achse dargestellt und auf diese Weise wird der Kunde in den Fokus der Betrachtung stellt. Auf der x-Achse wird die Zeit in Form der Takte abgebildet

4.2.7 Taktsteuerung

Eine Abweichung vom Geplanten ist im Bauwesen keine Seltenheit und wird mit sehr großer Wahrscheinlichkeit auftreten. Das Ziel der Taktsteuerung ist es, den Taktplan schnellstmöglich

[186] vgl. M. Fiedler: *Lean Construction – Das Managementhandbuch*, S. 168.
[187] vgl. M. Fiedler: *Lean Construction – Das Managementhandbuch*, S. 168.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

wieder anzupassen, sollte es zu Abweichungen kommen. Es gibt für dieses Anpassen verschiedene Möglichkeiten, beispielsweise den Taktzug anzuhalten oder einen Leerzug in den Taktplan zu integrieren. Das entscheidende Erfolgskriterium einer Taktsteuerungen ist die kurzzyklische Betrachtungsweise, welche durch tägliche Besprechungen vor Ort mit den Mitarbeitern und einer Darstellung des Projektstatus in einer grafischen Form realisiert werden. Neben der Ist-Bewertung von Qualitäten, Terminen und der Verfolgung des Taktplanes werden unter anderem auch die folgenden Bestandteile grafisch auf einer Informationstafel dargestellt:

- Termine
- Informationen über den Bauablauf
- Baustellenregeln und die Ansprechpartner
- Bewertungen und Maßnahmen
- Arbeitsschritte und Bemusterung
- Qualitäten

Diese Tafeln bieten dem zuständigen Bauleiter bzw. den Projektleiter, den Nachunternehmern und auch den Bauherren eine Übersicht über den Fortschritt des Bauvorhabens. Für die Steuerung der Baustelle ist der Bauleiter verantwortlich und somit am Ort der Wertschöpfung tätig. Diese Art der Taktsteuerung senkt für diesen den administrativen Aufwand im Büro. Daneben bildet sie auch einen regelmäßigen Abgleich mit dem geplanten Bausoll. Der Bauleiter kann gezielt die Nachunternehmer steuern und gegebenenfalls Maßnahmen schneller einleiten bzw. gensteuern. Die daraus generierten Kennzahlen sind nur eine Darstellung des Prozesses für das Management des Unternehmens.

4.3 Literarische Vorgehensweise in den Punkten Zeit- und Ressourcenplanung, Bauablaufstörung und Wochenprogramm

In der Baubranche werden derzeit viele unterschiedliche Auslegungen des Lean-Construction-Managements gelebt. Um eine gemeinschaftliche Basis zu generieren wird in den folgenden Abschnitten die aktuelle Vorgehensweise im Lean-Construction-Management hinsichtlich der Aspekte der Zeit- und Ressourcenplanung, Bauablaufstörungen und Wochenprogramm aufgezeigt und auf Basis von Fachliteratur näher beschrieben. Es werden die darin angewandten Methoden und Werkzeuge dargestellt und die Anwendung dieser in Bezug auf die Bauproduktion erläutert.

4.3.1 Ressourcenplanung im Lean-Construction-Management

Diese Abschnitte werden in Anlehnung an Fiedler[188] erläutert. Die Ressourcenplanung in der konventionellen Abwicklung eines Bauvorhabens wurde in Abschnitt *2.3* näher erläutert. Dieses Kapitel beschäftigt sich mit der Ressourcenplanung im Lean-Construction-Management, wie dieses Thema darin aufgegriffen und wie damit umgegangen wird. Die Ressourcenplanung ist die Planung mit den verwendeten Materialien, Personen und Betriebsmittel im Bauwesen. Sie dient dem optimalen Einsatz der verwendeten Ressourcen zum richtigen Zeitpunkt. Im Lean Construction

[188] vgl. M. Fiedler: *Lean Construction – Das Managementhandbuch*, S. 185-191.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek WIEN Your knowledge hub

wird für die Einteilung der Ressourcen das sogenannte *Location-Based-Management-System* (LBMS) verwendet. Dieses System bildet eine Alternative zu bisherigen Ansätzen des Kritischen Weges, welcher derzeit im Bauwesen noch angewendet wird. Das Herzstück des LBMS ist, wie auch bei den sonstigen Lean-Ansätzen, die Schaffung eines kontinuierlichen Flusses von Aufgaben und Arbeitskräften, welche durch einzelne Flächen eines Bauvorhabens fließen sollen. Diese Flächen werden in Location-Breakdown-Strukturen hierarchisch aufgebaut und um die Dauer des jeweiligen Arbeitspaketes, bestehend aus der abzuarbeitenden Menge und mit der Produktivität der Arbeiter ergänzt.

Diese flächenorientierten Planungsmethoden stehen handlungsorientierte Planungsmethoden gegenüber, welche aktivitätsbasiert sind. Der Grundstein solcher Betrachtungen ist als *Work-Breakdown-Structure* oder auch als *Projektstrukturplan* bekannt. Das Problem dieser Vorgehensweise ist, dass sich hier keine logischen Zusammenhänge oder ein automatischer Ablauf in der Darstellung erzeugen lässt. Aus diesem Grund haben die aktivitätsgesteuerten Terminpläne Hunderte von Vorgängen, die unübersichtlich und sehr kompliziert dargestellt werden. Diesen sehr komplexen Terminplänen steht das flächenbasierte System, mit der Grundeinheit auf Basis von Flächen, gegenüber. Der Vorteil dieser ist, dass sich einzelne Aufgaben der Gewerke in den jeweiligen Flächen wiederholen. Somit fließen die Tätigkeiten eines jeden Gewerk durch das Gebäude und bilden einen logischen Zusammenhang. Die Summe der Verknüpfungen der unterschiedlichen Gewerke wird hierdurch reduziert. Die Wege des nachfolgenden Gewerkes werden so gewählt, dass sie zeitlich versetzt starten. Dadurch wird die hohe Komplexität der aktivitätenbasierten Ablaufplanung aufgebrochen. Der weitere Vorteil dieser flächenbasierten Ablaufplanung ist, dass sich Arbeitspakete, welche sich von einer Fläche zur nächsten bewegen, kontinuierlich in einen Arbeitsablaufplan einarbeiten lassen. Der Grundgedanke des Lean Thinking ist es, die Produktivität zu steigern und die nicht-wertschöpfenden Tätigkeiten zu eliminieren. Aus diesem Grund wird ein kontinuierlicher Ablauf der Arbeiten als zielstrebend erachtet. Dies setzt aber voraus, dass eine Mannschaft in der Lage sein muss, eine Aufgabe kontinuierlich ohne Pause von einer Fläche zur nächsten abarbeiten zu können. Daraus generiert sich ein gewisser Lerneffekt als auch eine erhöhte Produktivität des Teams und eine klare Definition der Ziele für die ausführenden Unternehmen. Auf der anderen Seite wird das Risiko gesenkt, dass Nachunternehmer das Projekt verlassen oder die Entlohnung dadurch steigt, dass sie die Wartezeiten, welche bei einer nicht im Fluss ausgerichteten Arbeitsabfolge entstehen als Arbeitszeit verrechnen.

Das LBMS hat als Basis seiner Vorgehensweise die Location-Breakdown-Structure. Sie ist das wichtigste Planungselement in dieser Herangehensweise. Als erstes wird ein Projekt in einzelne Gebäude aufgeteilt, welche strukturell unabhängig weiter auf Ebenen und dann weiter in Teilflächen aufgeteilt werden. Diese Aufteilung muss aber in einer Bauphase für alle Gewerke gleich sein. Eine einheitliche Flächenstruktur verringert die Komplexität und steigert die Leistung des Systems. Es ist daher sehr wichtig, dass die Flächenaufteilung schon in der frühen Phase eines Projekts als fixer Bestandteil festgelegt wird.

Die Mengen und Zeitberechnung im LBMS

Arbeitsaufgaben sind in Pakete vordefiniert, diese bestehen wiederum aus einzelnen Arbeitsschritten, welche von der gleichen Mannschaft ohne Pause abgeschlossen werden sollen.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

Diese Aufgaben sind von externen Abhängigkeiten anderer Gewerken gekennzeichnet. Die meisten Aufgaben wiederholen sich in anderen Flächen, dabei jedoch in identischer Reihenfolge ihrer Arbeitsschritte. Der Inhalt eines solchen Arbeitspaketes kann im Hinblick auf die zu erledigenden Mengen unterschiedlich gestaltet werden. So können aus der Ressourcenplanung aus der BIM-Planung oder von der konventionellen Zeit und Ressourcenplanung die Mengen herangezogen werden. In beiden Fällen werden den zu erledigenden Arbeitspaketen die Ressourcen und die benötigten Mengen zugewiesen. Diese Mengen stellen die zur Zielerreichung benötigten Stunden (Mannstunden) und Werkzeuge dar. So kann aus den benötigten Mengen an Material und Arbeitern die gesamte Dauer der Mannstunden je Fläche berechnet werden. Die Grundidee ist, dass die Ausführung der Arbeiten unter einer optimalen Zusammensetzung des Teams bewältigt wird und die gewählte Fläche so groß gestaltet ist, dass die Mitarbeiter auch bei einer Erhöhung der Arbeiteranzahl weiter mit maximaler Effizienz ihre Arbeit durchführen können. Das LBMS geht von keiner negativen Beeinträchtigung der Produktivität aus, wenn die Anzahl der Mannstärke erhöht wird. Es wird lediglich die Risikobewertung einer solchen Fläche erhöht. Die Menge an Mitarbeitern, die an einer Fläche tätig werden, wird zu einem kritischen Faktor. Nachfolgend wird die Berechnungsweise der Anzahl von Schichten dargestellt.

- Anzahl der Mannstunden, die zur Fertigstellung einer Fläche benötigt werden
- Multiplikation mit dem Schwierigkeitsfaktor für die Fläche ergibt den Zeitbedarf
- Division durch die Gesamtzahl der Mitarbeiter ergibt den Zeitbedarf pro Mitarbeiter
- Division durch die Schichtlänge ergibt die Anzahl der Schichten

Diese Ermittlungen können nicht nur auf diesen Bereich angewendet werden, sondern es kann auch aus der Ermittlung des Materialbedarfs pro Fläche und Zeit die Anlieferungen auf die Baustelle terminlich geplant werden.

Die Visualisierung des Flusses

Mengen, welche für die Arbeitserbringung bestimmt wurden, beeinflussen auch die Fläche und die Dauer des Arbeitspaketes fest. Die daraus ermittelten Informationen können zur Erstellung eines Flussdiagramms verwendet werden. In einem solchem Diagramm werden die Flächen der Projektstruktur heruntergebrochen und auf der y-Achse dargestellt; auf der x-Achse wird die Zeitachse abgebildet. Dies ist in Abbildung 4.10 ersichtlich.

Jede Aufgabe wird als Diagonale dargestellt. Die Steigung der Linie gibt die Produktivitätsrate der jeweiligen Aufgabe wieder. Wird davon ausgegangen, dass die Schwierigkeit jeder Fläche gleich ist, so spiegelt die Linie auch die Veränderung der bereits bearbeiteten Flächen wider. Die Sequenz der Arbeiten kann auf der Horizontalen abgelesen werden, wenn mehrere Linien dargestellt sind. Die verschwendete Zeit kann aus diesem Diagramm auch abgelesen werden, sie zeigt sich in den Lücken der beiden Linien. Im Vergleich mit den konventionell verwendeten Gantt-Chart geben diese Flussdarstellungen einen viel besseren Überblick und lassen sofort erkennen, ob ein Ablauf bereits optimiert wurde. Dies lässt sich in einen Gantt-Chart nur über Umwege ersehen. Zudem kann auch jeder Ablaufplan auf den *Kritischen Weg* hin untersucht werden, solange in diesen die Flächen und die dazu benötigten Ressourcen erfasst sind. Der wesentliche Unterschied zwischen den aktivitätsbasierten und flächenbezogenen Ansätzen liegt in der LBMS-Berechnung. In dieser Arbeit wird nicht auf die genaue Herleitung des Algorithmus des Location

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek WIEN Your knowledge hub

Based Managements eingegangen, sondern auf das Fachbuch: Location-Based Management for Construction[189] verwiesen, in welchem die Vorgehensweise ausführlich erklärt wird. Es wird hier auf die Unterschiede zwischen den beiden eingegangen.

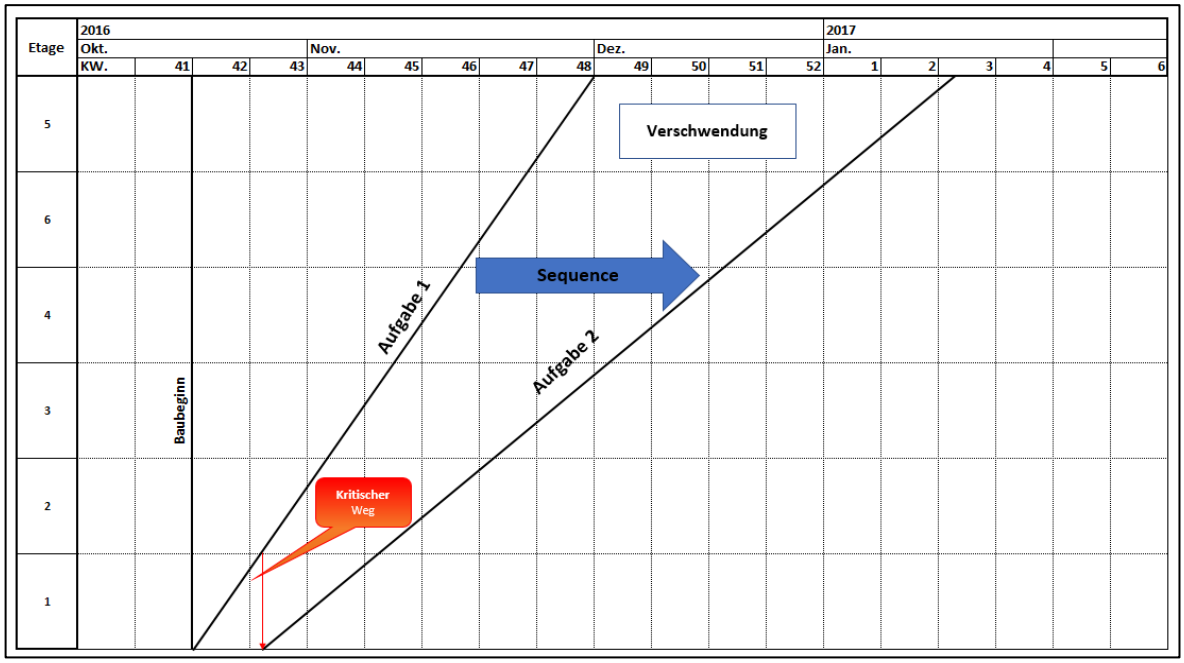


Abbildung 4.10: Einfaches Flussdiagramm[190]

Bei der konventionellen Ablaufplanung unterscheidet sich das LBMS von der Betrachtung des Kritischen Wegs durch ihre Orientierung am kontinuierlichen Fluss und die Berechnung der kritischen Einflussfaktoren. Abbildung 4.11 zeigt mehrere Aufgaben, die sich in ihrer Geschwindigkeit und Kontinuität unterscheiden. Die erste Aufgabe stellt eine Standardaufgabe dar, die zweite Linie soll eine langsamere Aufgabe darstellen und die darauffolgende Linie symbolisiert eine schnellere kontinuierlicher Aufgabe, welche mit dem LBMS-Algorithmus erstellt wurde. Die vierte und letzte Aufgabe stellt eine schnellere Aufgabe dar, welche aber nicht kontinuierlich ausgeführt wird. Die zuvor mit den Mengen beaufschlagten Flächen werden von den nachfolgenden Flächen regelrecht durch das Gebäude gezogen.

Den Ausgangspunkt jeder Optimierung einer solchen Ablaufplanung im LBMS stellt die Zeitplanung dar, welche mit den Ressourcen für jede Teilaufgabe belegt ist. In dieser Planung sind alle Aufgaben kontinuierlich geplant. Dies führt unweigerlich dazu, dass manche Gewerke langsamer sind als andere. Aufgrund der zwingenden Kontinuität im Ablauf der einzelnen Gewerke wird die schnellere Aufgabe vorgezogen. Dies wiederum hinterlässt eine Lücke im Ablaufplan. Aus Abbildung 4.12 ist ersichtlich, dass bei diesem Bauvorhaben eine asynchrone Bau- und Montagegeschwindigkeit eingestellt wurde. Der Optimierungsvorgang konzentriert sich auf die optimale Verkettung der Arbeitspakete in der logischen Reihenfolge, sodass ein Leerlauf möglichst eliminiert wird. Aus Abbildung 4.12 ist ersichtlich, dass das Arbeitspaket *Overhead MEP*

[189] O. Seppänen; R. Kenley: *Location-Based Management for Construction*.
[190] in Anlehnung an. M. Fiedler: *Lean Construction – Das Managementhandbuch*, S. 185-191.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

Install eine Leerlaufphase aufweist, da dieses langsamer ist als sein Vorgänger. Zudem ist eine Leerlaufzeit vor dem Arbeitspaket *Studs,* das schneller ist als sein Vorgänger, zu erkennen. Solche ungenutzten Flächen stellen eine unproduktive Wertschöpfung dar, weil in diesen Geschoßen keine Arbeit verrichtet wird. Dies kann durch eine Veränderung der hinterlegten Ressourcen beseitigt werden. Als Beispiel könnte hier eine Aufstockung des Personals für den Vorgang *Overhead MEP Install* eine Verbesserung des Ablaufs zur Folge haben. Gleichzeitig wird in diesem Beispiel die Arbeitsleistung des Arbeitspakets *Studs* verringert. Als logische Konsequenz daraus würde man davon ausgehen, dass sich die Bauzeit verlängert. Aber genau das Gegenteil ist der Fall: Durch die Reduktion der Geschwindigkeit konnte der Vorgang näher an seinen Vorgänger herangezogen werden und es stellte sich eine Verkürzung der Bauzeit ein, welche in Abbildung 4.13 ersichtlich ist. Es wurde im Weiteren auch die Arbeitsleistung bzw. die Ressourcen des Arbeitsvorgangs *Overhead MEP Install* angepasst und eine Steigerung der Anzahl an *MEP* Kolonen vorgenommen. Zudem wurde der Vorgang „Finish" um Arbeitskräfte erhöht. Diese Optimierungen hatten zur Folge, dass die Bauzeit von 34 auf 22 Kalenderwochen gesenkt werden konnte. Das Ergebnis ist in Abbildung 4.14 dargestellt.

Die in Abbildung 4.14 dargestellte Planung enthält – im optimierten Zustand – keinerlei Puffer, dies erhöht das Risiko für einen Ausfall von Arbeitern. Deswegen ist es sehr ratsam in diesen Arbeitsplan noch gezielt Puffer einzubauen. Die Abbildung 4.15 zeigt den finalen Ablaufplan, in welchen die Puffer eingearbeitet sind. Dieser Ansatz des LBMS mit den richtig hinterlegten Ressourcenansätzen zeigt, wie es möglich ist, durch den Einsatz der Lean-Prinzipien die Ablaufplanung auf einen kontinuierlichen Fluss der Arbeit auszurichten und dadurch sowohl eine möglichst harmonische Auslastung von Arbeitskräften als auch eine Steigerung der Produktivität zu erlangen.

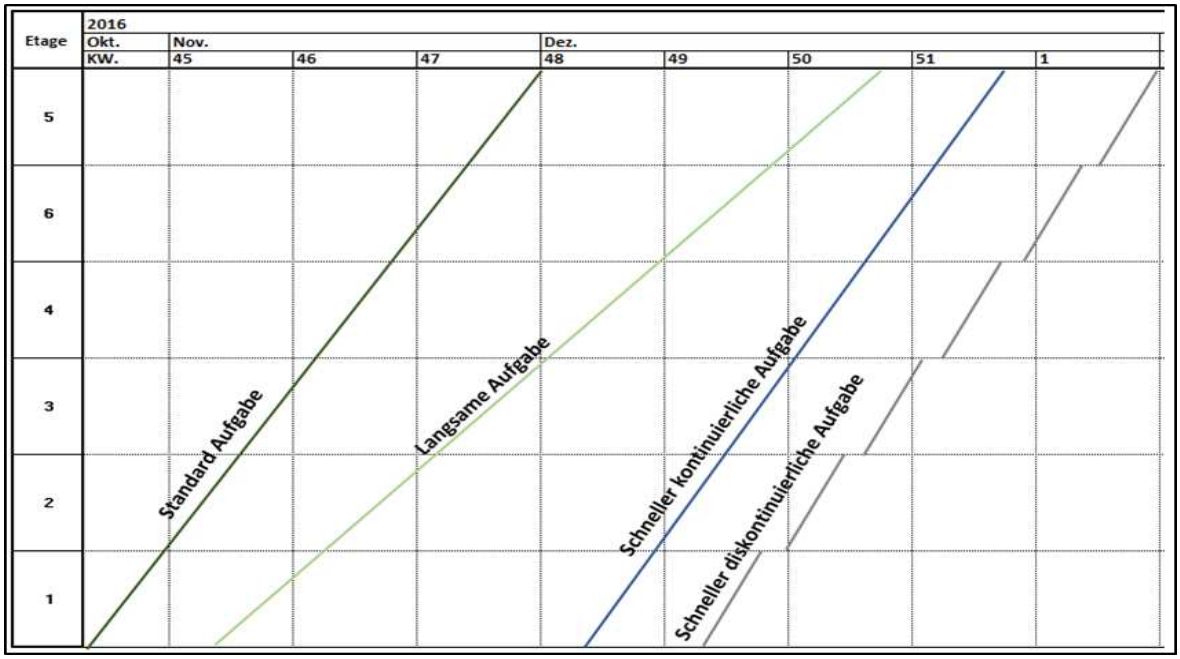


Abbildung 4.11 Flussdiagramm mit vier Arbeitsschritten[191]

[191] In Anlehnung an M. Fiedler: *Lean Construction – Das Managementhandbuch*, S. 187.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

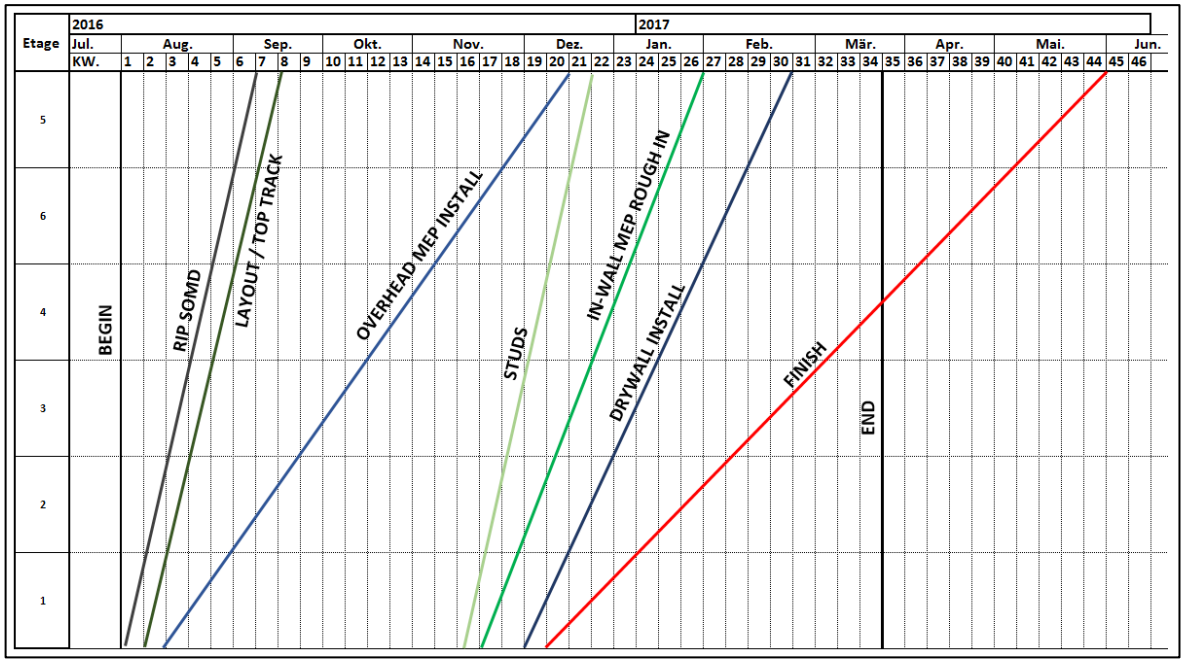


Abbildung 4.12: Beispiel für ein Flussdiagramm in der Ausbauphase mit Bauzeitüberschreitung[192]

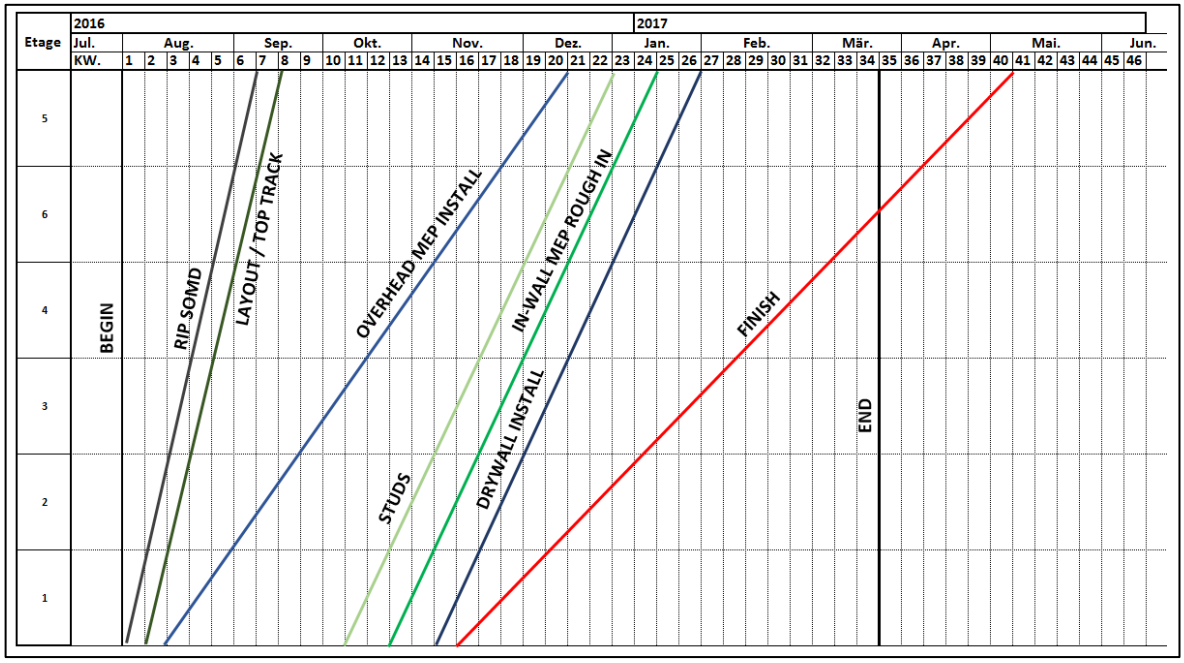


Abbildung 4.13: Zweites Beispiel für ein Flussdiagramm im Ausbau mit Anpassungen[193]

[192] in Anlehnung an M. Fiedler: *Lean Construction – Das Managementhandbuch*. S. 187.
[193] in Anlehnung an M. Fiedler: *Lean Construction – Das Managementhandbuch*, S. 189.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek WIEN Your knowledge hub

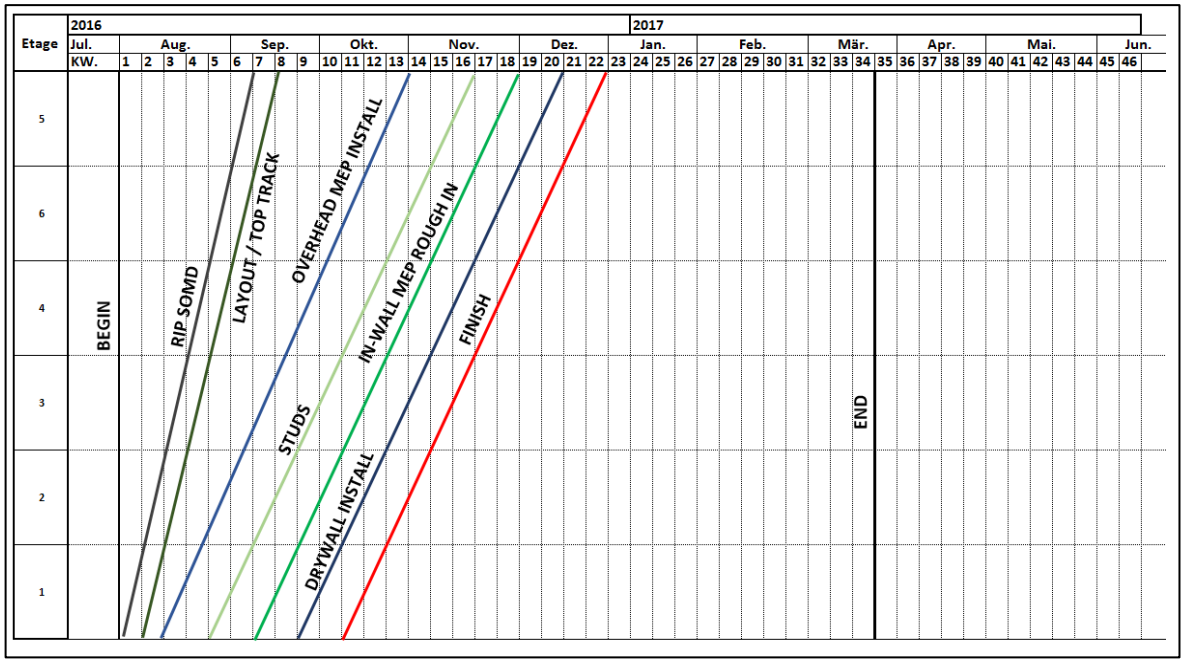


Abbildung 4.14: Drittes Beispiel für ein Flussdiagramm[194]

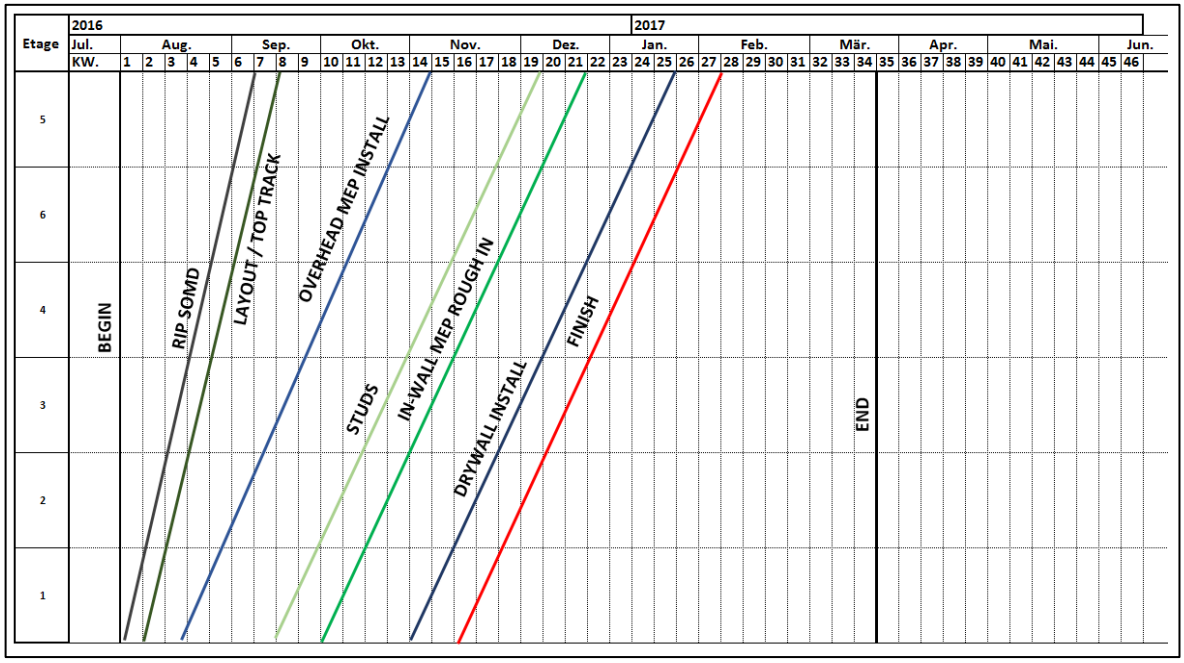


Abbildung 4.15: Viertes Beispiel für ein Flussdiagramm[195]

Im folgenden Abschnitt wird auf die Handhabung von Störungen im Baubetrieb und auf die Wochenplanung im Lean-Construction-Management eingegangen. Darüber hinaus wird beleuchtet, wie die Literatur mit solchen Problemen umgeht.

[194] in Anlehnung an M. Fiedler: *Lean Construction – Das Managementhandbuch*, S. 190.
[195] in Anlehnung an. M. Fiedler: *Lean Construction – Das Managementhandbuch*, S. 190.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

4.3.2 Zeitplanung, der Umgang mit baubetrieblichen Störungen und die Wochenplanung im Lean-Construction-Management

Dieser Abschnitt beschäftigt sich mit der Zeitplanung, dem Umgang von Störungen im Baubetrieb im Lean-Construction-Management sowie mit der Wochenplanung. Die Ursachen, welche eine Störung eines Baubetriebs hervorrufen wurden im vorigen Kapitel (siehe Abschnitt 2.5) erläutert. In der Literatur wird bei einer Störung des Bauablaufs im Lean Construction stets auf das Last-Planner-System verwiesen, da dieses System bereits in seinen Grundzügen wöchentliche Kontrolle der zu planenden Vorwoche inkludiert. In dieser Methode der Abwicklung von Bauvorhaben wird nicht nur auf den Umgang mit solchen Störungen verwiesen, sondern es wird auch auf die Steuerung der Baustelle mithilfe der Wochenplanung eingegangen. Im Weiteren wird hier auf die Vorgehensweise des Last-Planner-Systems eingegangen und die darin verwirklichte Zeitplanung erläutert.

Das Last-Planner-System

Dieses System wurde als ein Produktionsmanagementsystem (PMS) für die Bauproduktion entwickelt.[196] Es stellt ein Bündel von untereinander verbundenen Prozessen zur Festlegung von Projektzielen und zur Steuerung von Projekten zur Erreichung dieser Ziele dar [197].

Das Last-Planner-System besteht aus den folgenden fünf Elementen, welche nach dem German-Lean-Constuction-Institut[198] aufgelistet sind und nachstehend erläutert werden:

1) *Meilensteinplan / Rahmenterminplan und eine Gesamtprozessanalyse* (GPA): Verdeutlicht, was im Projekt aus Prozess- und Meilenstein-Sicht passieren SOLLTE
2) *Phasenplanung (Pull-Planung):* Teilt das Projekt in Phasen ein und zeigt auf, was auf Wochenbasis geschehen SOLLTE
3) *Vorschauplanung*: Unterteilt die Phasen in Aufgaben und zeigt, was passieren KANN
4) *Wochenplanung*: Bildet eine hindernisfreie Woche mit Ihren Tätigkeiten ab, damit klar ist, was geschehen WIRD
5) *Auswertung*: Nach Abschluss bzw. ERLEDIGUNG der Aufgaben soll aus den Erfahrungen gelernt werden und Kennzahlen werden erfasst

Meilensteinplan/Rahmenterminplan

Zu Beginn eines Projekts wird in Abstimmung mit den Bauherren und deren gewünschten Termin zur Fertigstellung ein Rahmenterminplan auf Basis des Meilensteinplans zur Fertigstellung des Bauprojekts festgelegt. Dieser Plan bestimmt den groben Rahmen und die Strategie des Projektes. Die Genauigkeit dieses Planes bleibt jedoch auf der Ebene eines Meilensteines. Es wird mit dem Projektteam schon der gesamte Projektlieferprozess erarbeitet und grafisch dargestellt. Dies hat

[196] vgl. J. Kirsch: *Organisation der Bauproduktion nach dem Vorbild industrieller Produktionssysteme*, S. 67.
[197] vgl. M. Fiedler: *Lean Construction – Das Managementhandbuch*, S. 122.
[198] vgl. German Lean Constuction Institut – GLCI e. V: *Lean Construction – Begriffe und Methoden*, S. 39.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

den Zweck, dass ein gemeinsames Verständnis aller Teilprozesse, welche zur Erreichung des Projektziels notwendig sind, verinnerlicht wird. In dieser Ausarbeitung wird der Detailierungsgrad hinsichtlich der Prozessschritte der Gewerke erhöht, jedoch nicht mit zeitlichen Angaben versehen. Der Kern der Anstrengung liegt dabei darin, schon in diesem Stadium die relevanten Prozessinhalte und Besonderheiten sowie die Projektbeteiligten, Lieferanten, Transportwege, Materialbedürfnisse herauszuarbeiten. Überdies gilt es, die kritischen Prozessschritte sowie mögliche Gefahren zu erkennen. Es werden ferner die Projektschnittstellen definiert bzw. erkannt und mit dem Last Planner abgestimmt. Ein besonderes Augenmerk liegt dabei auf den parallellaufenden Tätigkeiten.

Phasenplan

Anschließend wird der Phasenplan erstellt. In diesem Arbeitsschritt werden die Arbeitspakete erarbeitet, welche für die Erreichung der Meilensteine nötig sind. Die grafische Darstellung eines solchen Terminplanes erfolgt über eine Termintafel. In dieser Phase werden alle Last Planner miteinbezogen. Die hier definierten Arbeitspakete werden auf Post-its festgehalten und in der zuvor definierten Gewerkefarbe aufgeschrieben. Jedes Gewerk bzw. der dafür zuständige Last Planner ist dafür verantwortlich, diese Post-its auf die Termintafel zu kleben. Die Herangehensweise einer solchen Planung erfolgt über die sogenannte Pull-Planung. In dieser wird vom letzten Arbeitspaket, welches zur Erreichung des Meilensteins notwendig ist, ausgegangen und rückwärts bis zum ersten Arbeitspaket geplant. Diese Pull-Planung nach Fiedler[199] hat den Vorteil, dass die Arbeitsschritte ständig hinterfragt werden und geprüft wird, welche vorhergehenden Arbeitspakete zur Erstellung des aktuellen Arbeitspakets notwendig sind. Überdies können daher keine Arbeitspakete vergessen werden. Der hier entstandene Phasenplan dient als Grundlage für die Vorschauplanung und wird in den wöchentlichen Besprechungen aktualisiert. Im Zuge dessen sollte schon ein sogenannter Big-Room installiert werden, welcher für die späteren Besprechungen im LPS genutzt werden kann.

Vorschauplanung

Die Vorschauplanung stellt eine detaillierte und taggenaue Planung der bereits in der Phasenplanung definierten Phasen und Meilensteine, je Gewerk dar. Diese vorausschauende Planung wird wöchentlich in den Last Planner-Besprechungen aktualisiert und angepasst. Das Ziel dieser Besprechungen ist es, Hindernisse und mögliche Störungen im Bauablauf zu erkennen und diese bestmöglich zu verhindern. Der Last Planner oder auch Prozesseigner kann im Rahmen der Sitzungen, im integrierten Team, alle Tätigkeiten innerhalb des betrachteten Zeitfensters auf mögliche Hindernisse überprüfen und diese somit frühzeitig erkennen. Diese Störfaktoren werden sodann, im Team bearbeitet bis eine Lösung gefunden ist. Es werden die Aktionen festgelegt, die notwendig sind, um die Behinderungen des Bauablaufs in den darauffolgenden Wochen wieder aufzufangen. Die Planung des Zeitfensters stützt sich auf ein Netzwerk von Zusagen.

[199] vgl. M. Fiedler: *Lean Construction – Das Managementhandbuch*, S. 129-130.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek WIEN Your knowledge hub

Wochenplanung / Produktionsplanung

Wie schon erwähnt, werden im Last-Planner-System wöchentliche Besprechungen abgehalten, in denen die Produktion in den darauffolgenden Wochen definiert wird. In der Wochenplanung wird die Bauabwicklung so eingeplant und durchgesprochen und die Arbeiten so zugesagt, dass der Ablauf frei von Hindernissen durchgeführt werden kann. Durch die in der Wochenplanung durchgeführten Produktionsevaluations- und Produktionsplanungs-Besprechungen (PEP-Besprechungen) in dem direkt auf der Baustelle installierten Big-Room wird die Vorschauplanung fortlaufend auf den Projektstand aktualisiert. Um zu gewährleisten, dass die Wochenplanung umgesetzt wird, treffen sich die verantwortlichen Last Planner der einzelnen Gewerke ca. 15 min vor der Wochenplanung, um ihre Arbeiten untereinander abzustimmen. Es werden wie bei der Taktplanung auch vor Ort auf der Baustelle Informationstafeln angebracht, um den Arbeitern eine übersichtliche Informationsquelle über den aktuellen Stand der Produktion zu bieten. Zusätzlich zu den Besprechungen werden auch Kennzahlen zu den getroffenen Zusagen und den möglichen Verzögerungsgründen dieser erhoben. Weitere solcher Kennzahlen können eine Aussage darüber geben, ob das terminliche Erreichen von Meilensteinen eingehalten wurde. Diese Kennzahlen werden als *Task-Made-Ready-Kennzahlen* (TMR) bezeichnet. Sie geben ein Feedback darüber, ob die geplanten Tätigkeiten innerhalb eines Zeitintervalls frei von Verzögerungen oder Hindernissen erledigt wurden. Sie geben demnach eine Auskunft darüber, wie zuverlässig die vorausschauende Planung des Teams ist und in welchem Maß die störenden Faktoren beseitigt wurden. Das Last-Planner-System bildet in seiner Anwendung einen optimalen Ausgangspunkt für eine vorausschauende und möglichst störungsfreie Abwicklung von Bauvorhaben. Es integriert ein Frühwarnsystem für Störungen im Bauablauf und bindet in seinen Besprechungen das gesamte Team mit ein, welches für die Erreichung der Ziele verantwortlich ist und liefert einen gemeinsamen Lösungsansatz für auftretende Probleme. In der traditionellen Abwicklung ist für dies nur der Bauleiter der Baustelle verantwortlich. Dieser wird zwangsläufig bei der Koordination der Gewerke an seine Grenzen stoßen. Das LPS fängt hier die ganzen Nachunternehmer ein und bindet sie in die Lösungsfindung ein. Des Weiteren werden in diesem System auch Wochenpläne erstellt, die nicht nur von einer Person angefertigt werden und auf andere delegiert werden, sondern von den Zuständigen gemeinsam zum Zwecke der gesamten Projektziele erarbeitet. Dies impliziert eine größere Zuverlässigkeit des Wochenplanes und hat auch den psychologischen Effekt, dass die Zusagen von denjenigen, die sie getroffen haben, eingehalten werden müssen, da der Säumige vor dem ganzen Team für sein Scheitern geradestehen muss.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU WIEN Bibliothek Your knowledge hub

5 Lean Management in einem Bauunternehmen – Prozessermittlung und -darstellung

Der Aufbau des Unternehmens PORR und die darin eingebundene Sparte der PORR Design and Engineering GmbH wurde zuvor dargestellt (siehe Abschnitt 1). Die nachfolgende Erläuterung des Teams Lean Management (Team LM) beruht auf Fachgesprächen, die mit Mitarbeitern des Teams LM geführt wurden.

Das Team Lean Management des Unternehmens PORR gliedert ihre Tätigkeitsschwerpunkte in die Bereiche Lean Design, Lean Construction und Lean Administration. Die verschiedenen Bereiche der Abteilung unterstützen Bauprojekte in der Planungs- sowie in der Ausführungsphase mit den etablierten Lean-Methoden und Prinzipien. Darüber hinaus werden auch administrative Prozesse im Konzern mit diesen Methoden unterstützt und verbessert.

5.1 Zeit- und Ressourcenplanung und Umgang mit Leistungsstörungen im Team Lean Management

Unter dem Begriff Ressourcenplanung wird im Bauwesen die Planung des optimalen Einsatzes von Menschen, Materialien und Geräten zum richtigen Zeitpunkt und in der richtigen Menge am richtigen Ort verstanden, um einen optimalen Bauablauf zu gewährleisten. Die Betrachtung der Ressourcen im Team LM bezieht sich derzeit auf die Ausbauarbeiten im Hochbau sowie auf die Mannstunden. In diesem Kapitel wird die Vorgangsweise zur Entstehung einer Ressourcengangelinie beschrieben und näher erläutert, desweitern wird der Umgang mit Leistungsstörungen, im Last-Planner-System erklärt. Um dies an einem Beispiel besser zu veranschaulichen, wird auf das Bauvorhaben *Allmandring* näher eingegangen. In diesem Bauvorhaben wurden die Ausbauarbeiten vom Team LM begleitet und betreut. In diesem Abschnitt werden nachfolgend die einzelnen Schritte für die Implementierung eines Last-Planner-Systems näher beschrieben. Hierzu bilden die mit Teamleitung und Mitarbeitern geführten Fachgespräche die Basis der nachfolgenden Beschreibung.

5.1.1 Anwendung und Umsetzung des Last-Planner-Systems in der PORR Design & Engineering GmbH

Das Last-Planner-System teilt sich in fünf Teilbereiche auf (siehe Abschnitt 4.3.2), die sich jeweils in ihrem Detailierungsgrad unterscheiden. Dies kann an den Flughöhen eines Flugzeuges veranschaulicht werden: Je höher dieses Flugzeug fliegt, desto unschärfer ist die Landschaft zu erkennen, und je näher es dem Ziel ist, umso schärfer werden die Konturen der Landschaft sichtbar. In der PORR Design & Engineering GmbH werden diese fünf Phasen des LPS in verschiedenen Workshops auf der Baustelle mit dem Last-Planner-Team (Baustellenteam, Nachunternehmer, Bauherrenvertreter) gemeinsam erarbeitet. In der Ausarbeitung der einzelnen Workshops wird das Augenmerk bereits sehr früh auf die optimale Ressourcenplanung der Baustelle als auch auf die Vermeidung bzw. die Beseitigung von Leistungsstörungen gelegt. In den nachfolgenden Abschnitten wird die Vorgehensweise bzw. die derzeitige Umsetzung näher beschrieben. Die Darstellung des Prozessablaufs (Lean Management – Hauptprozess) erfolgt im

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek WIEN Your knowledge hub

technischen Bericht von Pippert und Steinhofer[200]. Die Betreuung von Bauprojekten durch das Team LM bezieht sich auf die gesamte Abwicklungsphase oder je nach Beauftragung auf die Ausbauphase. Die nachfolgend beschriebene Workshop-Sequenz (Lean-Schulung, Gewerkesequenz-Workshop, Meilenstein- und Phasenplan-Workshop, Wochenvorschau-Workshop, Produktionsevaluations- und Produktionsplanung-Workshop) startet vor Beginn der Ausführung der Rohbauarbeiten und wird vor Beginn der Ausbauarbeiten wiederholt. Die Vorgehensweise in den jeweiligen Workshops (Rohbau- oder Ausbauphase) ist ident, nachfolgend wird diese für die Ausbauphase beschrieben.

Lean-Schulung

In dieser PORR-eigenen Schulung wird versucht anhand eines praxisbezogenen Beispiels die Lean-Management-Methoden bzw. die Lean-Ansätzen den Teilnehmern näherzubringen. Dies soll eine spätere Zusammenarbeit mit dem Team LM erleichtern und die Lean-Philosophie unter den Teilnehmern etablieren. Dies wird mithilfe einer realitätsnahen Bau-Simulation (Stecksystem eines Wohngeschosses) verwirklicht. Dieser Praxisbezug soll die Unterschiede von den bereits bekannten konventionalen Planungs- und Abwicklungsmethoden zu den neuen Lean-Methoden aufzeigen. In der ersten Sequenz der Schulung wird von den Teilnehmern gefordert, das Stecksystem unter Verwendung ihrer alltäglich verwendeten Methoden zu errichten. Die für diese Aufgabe benötigte Zeit wird von den Schulungsleitern dokumentiert. Nach Fertigstellung der simulierten Geschossebene werden die Teilnehmer nach den Schwierigkeiten befragt, die sie während dieser Aufgabe empfunden haben. Diese werden ebenfalls dokumentiert. Zu Beginn der zweiten Sequenz der Schulung wird den Teilnehmern anhand einer Präsentation die vom Team LM verwendeten Lean-Methoden nähergebracht und an Beispielen erläutert. Anschließend wird dieselbe Aufgabe aus der ersten Sequenz wiederholt. Die Teilnehmer sind dabei angehalten, die in der Präsentation vorgestellten Lean-Methoden anzuwenden. Die Schulungsleitern nehmen auch hier wieder die von den Teilnehmern benötigte Zeit auf. Abschließend werden die Ergebnisse der beiden Sequenzen präsentiert und die Ergebnisse diskutiert. Die von den Teilnehmern erlernten Methoden bilden eine solide Basis, auf welcher die folgenden Lean-Workshops (Planung, Abwicklung) gründen.

Gewerkesequenz-Workshop

Die Erarbeitung eines Meilensteinplans bzw. des Rahmenterminplans wird mithilfe mehrerer Workshops auf der Baustelle durchgeführt. Als erstes wird der Gewerkesequenz-Workshop (GSQ) auf der Baustelle durchgeführt. Die Darstellung des Prozessablaufs (Lean Management – Gewerkesequenz-Workshop) erfolgt im technischen Bericht von Pippert und Steinhofer[201]. Die Detailschärfe, welche in diesem Workshop erarbeitet wird, ist noch auf Basis eines Meilensteinplanes. Im GSQ-Workshop werden die einzelnen Zwischenschritte erarbeitet, welche benötigt werden, um einen gewerkeübergreifenden Meilenstein- und Phasenplan bzw. Phasenterminplan zu erhalten. Das Ziel ist es, eine gemeinsame Baustrategie unter den Teilnehmern zu etablieren sowie eine Gesamtprozessanalyse (GPA) des Bauvorhabens durchzuführen (Betrachtung=Baubeginn bis

[200] D. Pippert; S. Steinhofer: *Technischer Bericht zur Prozessanalyse*, S. 6.
[201] D. Pippert; S. Steinhofer: *Technischer Bericht zur Prozessanalyse*, S. 7.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek WIEN Your knowledge hub

Bauende). Der Output dieses Workshops sind die gemeinschaftlich erarbeiteten und abgestimmten Gewerkezüge. Je nach Art und Umfang des Bauvorhabens kann es nötig sein, diesen Workshop auf mehrere Teile aufzusplitten.

Zu diesem Workshop werden alle Projektbeteiligten eingeladen, welche in der späteren Ausführung der Bauabwicklung eine entscheidende Rolle tragen. Die Anzahl der Personen variiert von der jeweiligen Bauphase und in welchen Umfang die Baustelle vom Team LM betreut wird. Wird die Baustelle in der Rohbauphase vom Team LM begleitet, so werden sich die anwesenden Personen auf den Fachkreis der Rohbauarbeiten beschränken. Wird die Baustelle über den Rohbau hinaus bis hin zum Ausbau betreut, so wird sich der Personenkreis auf den Bereich der Ausbaugewerke ausdehnen. Der Workshop wird im sogenannten Big-Room (Abbildung 5.1) auf der Baustelle abgehalten. Dieser dient in weiterer Folge auch den anschließenden Produktionsevaluations- und Produktionsplanungsbesprechungen auf der Baustelle. Dieser Big-Room sollte mindestens mit folgenden Materialien ausgestattet sein:

- ausreichend Platz für Teilnehmer
- Beamer und Internetzugang
- Whiteboard bzw. Flip-Chart
- Wochenvorschautafeln

Sollten zu diesem Zeitpunkt noch nicht alle Gewerke vergeben sein oder einen bindenden Auftrag erhalten haben, werden diese von den zuständigen Gruppen-, Projekt- und Bauleitung vertreten. Diese treffen basierend auf ihren eigenen Erfahrungen die Zusagen für den nicht-anwesenden Nachunternehmer. Die Zusagen, welche zu diesem Zeitpunkt getroffen werden, müssen im Nachgang dringend mit dem in späterer Folge beauftragten Nachunternehmer auf Richtigkeit und Plausibilität geprüft werden und – falls nötig – angepasst werden. Sollte dies nicht geschehen, kann es zu einer immensen Abweichung im Bauablauf kommen.

Abbildung 5.1: Beispiel eines Big-Room[202]

Der erste Schritt in diesem Gewerkesequenz-Workshop ist es, mit allen Teilnehmern eine gemeinsame Wissensbasis für das Bauprojekt zu erarbeiten. Es wird eine *Gesamtprozessanalyse* (GPA)

[202] PORR Design & Engineering GmbH; Stephan Steinberger: *Dokumentation zum Gewerkesequenz-Workshop Allmandring*

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

des Bauvorhabens durchgeführt. In der GPA wird der gesamte Abwicklungszeitraum betrachtet (Baubeginn bis Bauende). Die für die GPA verwendeten Dokumente sind:

- Ausführungspläne
- Angebotsterminplan
- Werk- und Montagepläne (falls vorhanden)
- Vertragsunterlagen

Auf dieser Grundlage werden für die Erstellung des Bauwerks notwendige Gewerke definiert. Diesen Gewerken wird anschließend, wie in Abbildung 5.2 aufgezeigt, eine bestimmte Post-it-Farbe zugewiesen. Dieser Farbcode wird über das gesamte Projekt beibehalten. Die dabei entstandene Matrix wird als *Gewerkematrix* bezeichnet.

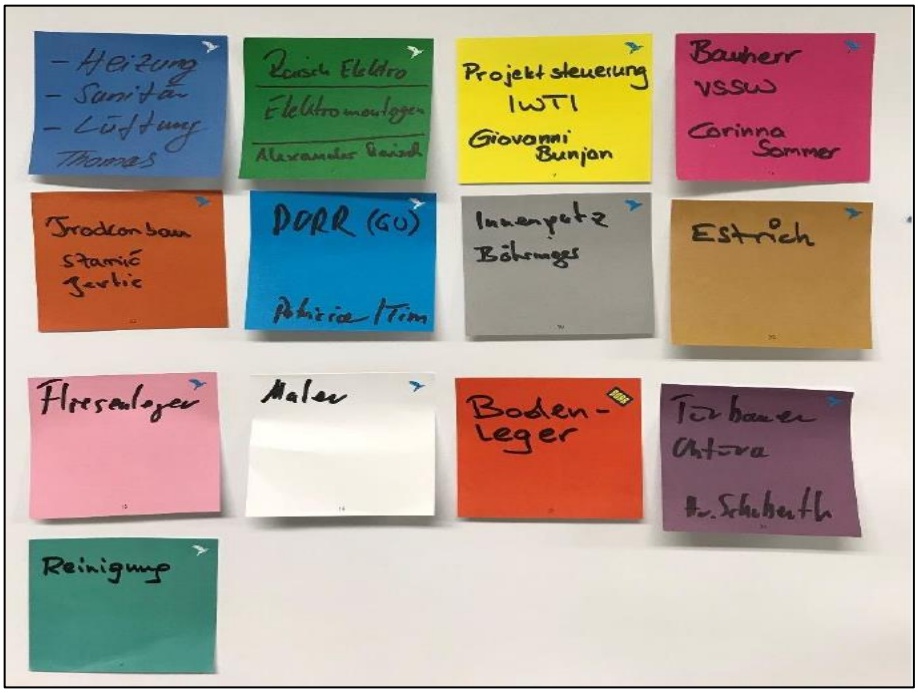


Abbildung 5.2: Gewerkematrix[203]

Nach der Erstellung der Gewerkematrix wird das Bauvorhaben auf wiederholbare Bereiche analysiert. Es wird damit begonnen, das Bauvorhaben in Bereiche einzuteilen und aufzugliedern wie in Abbildung 5.3, Abbildung 5.4 und Abbildung 5.5 ist dieser Prozess veranschaulicht.

In diesem Projekt wurden sieben gleichartige Gebäude errichtet. Die Gebäudestruktur gliedert sich in ein Untergeschoss, dem Erdgeschoss und zwei bzw. drei Obergeschossen, wie in Abbildung 5.4 aufgezeigt. Im Untergeschoss wurden zwei Wohneinheiten bestehend aus vier Wohnbereichen, einer Gemeinschaftsküche und zwei Sanitäreinrichtungen geplant. Es situieren sich in

[203] PORR Design & Engineering GmbH; Stephan Steinberger: *Dokumentation zum Gewerkesequenz-Workshop Allmandring*

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

den Untergeschossen darüber hinaus auch Allgemeinbereiche, welche aus Waschküche und Lagerräume bestehen. Im Erdgeschoss bzw. in den Obergeschossen wurden vier Wohneinheiten errichtet, siehe Abbildung 5.5.

Als Ergebnis dieser Auf- und Einteilung wurde eine SRE identifiziert. Die SRE bzw. der sich wiederholende Bereich bildet eine wiederkehrende Reihenfolge von Arbeitsschritten ab. Diese SRE wird als Betrachtungseinheit für die Erstellung der Gewerkesequenz (GSQ) genutzt, beim Projekt Allmandring wurde eine Fläche von 320 m² definiert. Diese Definition des Wiederholbaren ist in Abbildung 5.6 dargestellt. Die Betrachtungsgröße der SRE ist von der Art und Größe des Bauvorhabens abhängig. In diesem Fall wurde ein Teil des Regelgeschosses als SRE definiert.

Abbildung 5.3: Bauwerksabfolge[204]

[204] PORR Design & Engineering GmbH; Stephan Steinberger: *Meilensteinphasenplan Bauvorhaben Allmandring*

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

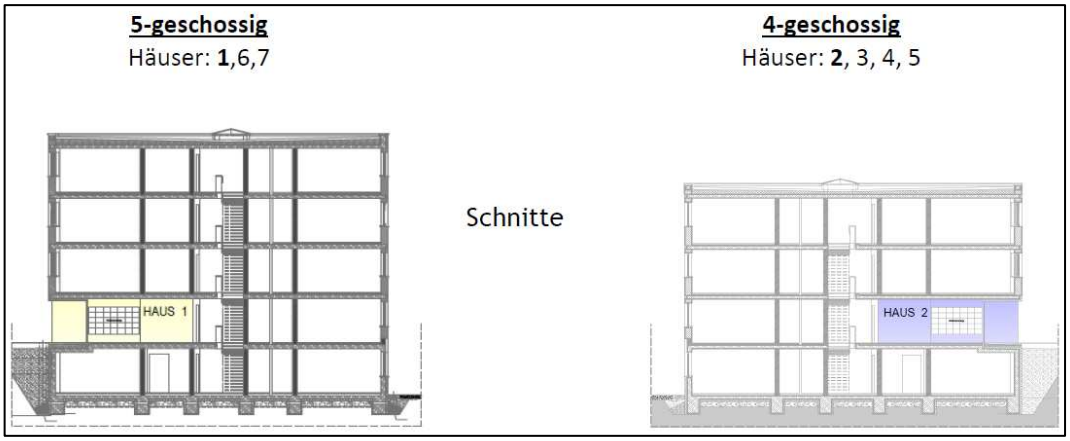


Abbildung 5.4: Schnitte Wohngebäude[205]

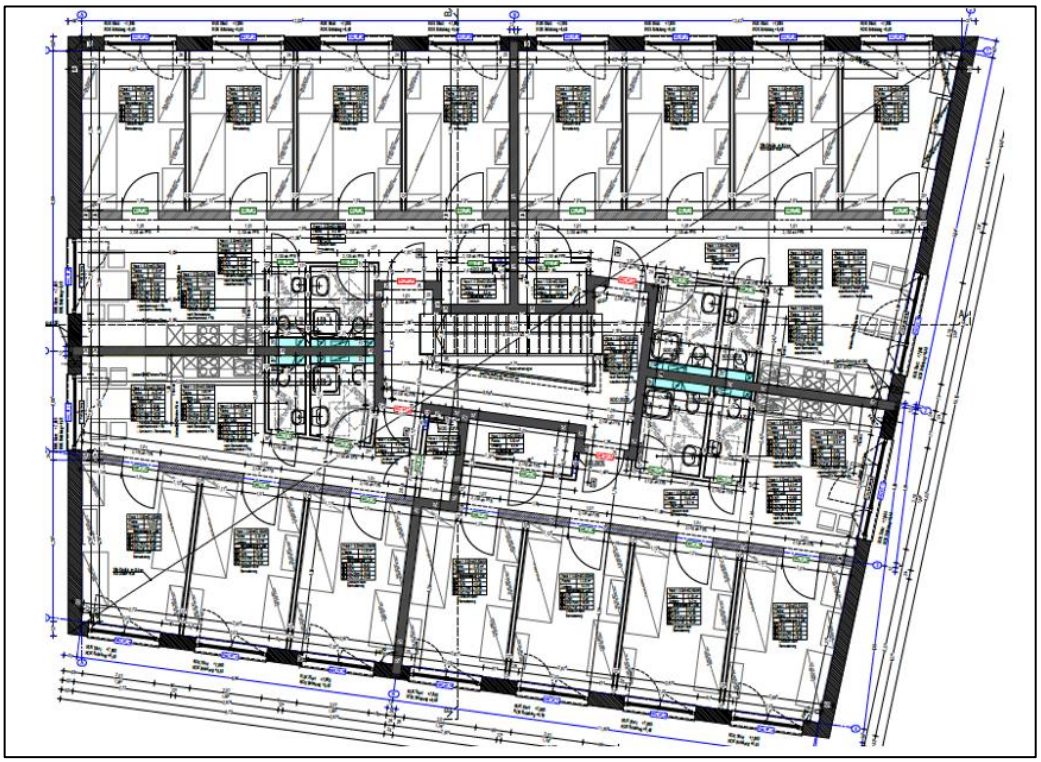


Abbildung 5.5: Darstellung Erdgeschoss Bauvorhaben Allmandring[206]

[205] PORR Design & Engineering GmbH, Stephan Steinberger: *Meilensteinphasenplan Bauvorhaben Allmandring*

[206] PORR Design & Engineering GmbH; Stephan Steinberger: *Meilensteinphasenplan Bauvorhaben Allmandring*

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek WIEN Your knowledge hub

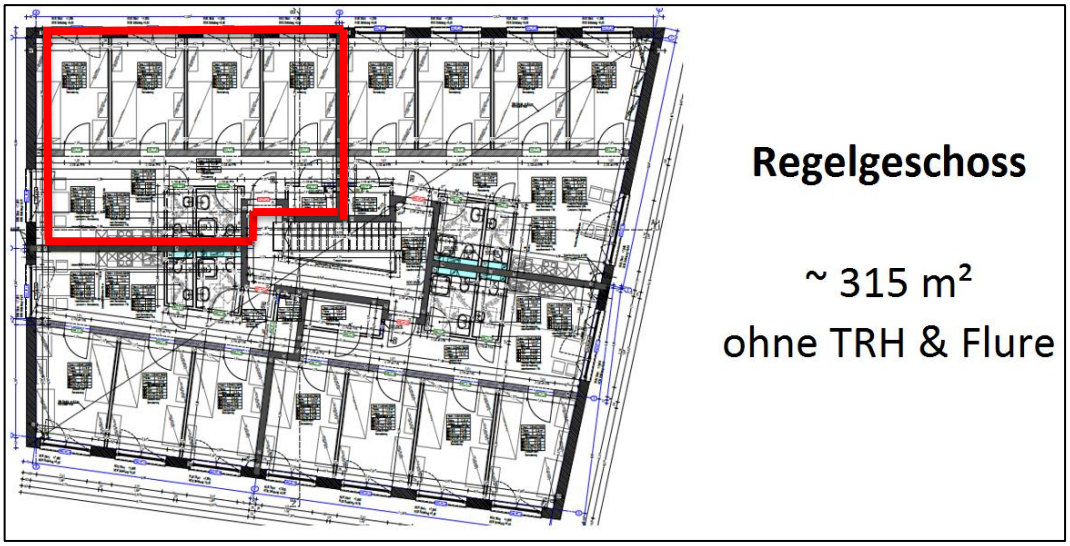
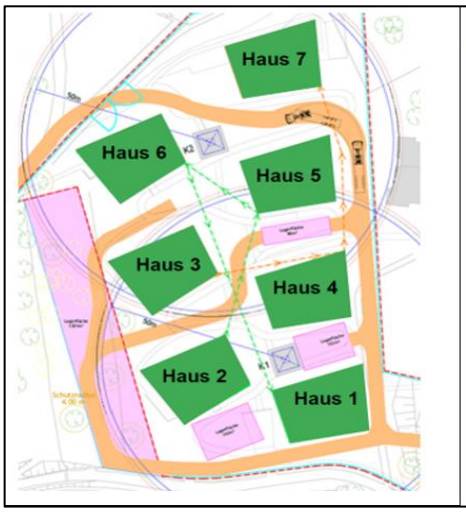


Abbildung 5.6: Definition Standardraumeinheit (SRE)[207]

Im Folgenden wird die Baustrategie gemeinsam erarbeitet und definiert. Die Baustrategie beinhaltet unter anderem folgende Punkte und basiert auf den Angebotsterminplan bzw. Vertragsunterlagen:

- Baureihenfolge
- Baurichtung
- Logistikkonzept (Anlieferung, Ablieferung, Materialtransport in der Baustelle)
- Bauverfahren etc.

Die Baureihenfolge wurde in diesem Projekt vom Projektleiter der PORR festgelegt, die Reihenfolge ist aus Abbildung 5.7 zu entnehmen. Die Nummerierung der Häuser bezieht sich auf die ursprünglich angedachte Reihenfolge aus Abbildung 5.3.



Bauabfolge der Gebäude	
Reihenfolge der Abarbeitung	Gebäudenummer lt. Abbildung 6.1.3
1	2
2	4
3	5
4	3
5	6
6	7
7	1

Abbildung 5.7: Baureihenfolge[208]

[207] in Anlehnung PORR Design & Engineering GmbH; Stephan Steinberger: *Meilenstein- Phasenplan Bauvorhaben Allmandring*
[208] in Anlehnung PORR Design & Engineering GmbH; Stephan Steinberger: *Meilensteinphasenplan Bauvorhaben Allmandring*

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

	Neue Bauabfolge der Gebäude	
	Gewerkezug A	Gewerkezug B
Reihenfolge	Neue Gebäude Nr.	Neue Gebäude Nr.
1	1A	1B
2	2A	2B
3	3A	3B
4	4A	

Abbildung 5.8: Baureihenfolge mit zwei Gewerkezügen[209]

Die Festlegung der Reihenfolge basiert auf dem Angebotsterminplan bzw. Vertragsunterlagen. Aufgrund von erheblichen Verzögerungen aus der Rohbauphase war es vor Beginn des Workshops vom Bauherren gewünscht, mit zwei Gewerkezügen über das gesamte Projekt zu agieren, um eine schnellere Abwicklung der Ausbauarbeiten zu gewährleisten. Aufgrund dieser Vorgaben wurde die Abfolge aus Abbildung 5.7 neu angepasst und auf zwei Gewerkezüge aufgeteilt. Die neue Aufteilung ist in Abbildung 5.8 dargestellt.

Bei sonstigen Projekten, welche das Team LM betreut, wird erst im Meilenstein- und Phasenplan-Workshop entschieden, ob ein zusätzlicher Gewerkezug eingefügt wird oder ob andere Möglichkeiten bestehen, um die vorgegebenen Meilensteine einzuhalten. Da es sich hier um einen Ausnahmefall handelt, werden die folgenden Schritte so dargestellt, als wäre es nicht von Bauherren vorgeben gewesen, einen zweiten Gewerkzug einzusetzen. Im nächsten Schritt des Workshops werden, basierend auf den zuvor festgelegten Bereichen und der Baustrategie, die Gewerkesequenzen (GSQ) erstellt. Die GSQ wird auf der Betrachtungseinheit, in diesem Projekt eine Wohneinheit, erstellt und von den Teilnehmern des Workshops auf die optimale Abfolge von Vorgänger- und Nachfolgergewerken definiert. Dieser Schritt stellt die sogenannte Taktplanung der Arbeitsschritte dar (siehe Abschnitt 4.2.6). Sollte es bei einem Bauprojekt keine wiederkehrenden Bereiche geben, so werden bestimmte Bereiche des Projekts definiert, auf welche Gewerkesequenzen gebildet werden. Dies können z. B separate Baulose oder Bauwerksabschnitte sein. Bei Bauvorhaben, welche eine Taktung implizieren, ist es nötig, dass mehrere GSQ erstellt werden, z. B. für Allgemeinbereich, Außenanlagen, Fassaden etc. Die weitere Vorgehensweise mit und ohne Taktung ist identisch. In der Darstellung der GSQ werden noch keine Zeiten bzw. Mannstärken erhoben. Diese Erhebung beruht rein auf der optimalen Abfolge der Gewerke.

Die Abfolge der Gewerke wird mit Hilfe des Pull-Prinzipes (siehe Abschnitt 4.1.2) realisiert. Bei diesem Prinzip werden die Arbeiten vom Endtermin aus betrachtet. Die Planung beginnt somit mit dem letzten Gewerk, welches die finalen Arbeiten erledigt, bevor das Baulos fertiggestellt ist.

[209] in Anlehnung PORR Design & Engineering GmbH; Stephan Steinberger: *Meilensteinphasenplan Bauvorhaben Allmandring*

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

Im Nachgang werden die zuvor benötigten Gewerke ergänzt, welche das betrachtete Gewerk benötigt, um seine Arbeiten beginnen zu können. Es wird jedes einzelne Gewerk nach der benötigten Vorleistung befragt. Somit werden mögliche Schnittstellenprobleme und spätere Leistungsstörungen schon in dieser Phase aufgedeckt und eliminiert. Die Anwendung dieses Prinzips ist von entscheidender Bedeutung, denn damit wird schon bei der Planung der Abfolge der Gewerke den Teilnehmern des Workshops die Wichtigkeit der korrekten Vorleistung aufgezeigt.

Sind die Gewerkesequenzen erstellt, so wird die Bearbeitungsdauer und die Personalstärke der jeweiligen Gewerke festgelegt. Diese Festlegung wird anhand der abzuarbeitenden Mengen, der Taktbereichsgröße bzw. der Baulosgröße und den Aufwandswerten der Nachunternehmer bestimmt. Die Basis der Angaben sind die Arbeitstage, welche benötig werden, um die geplanten Arbeiten verrichten zu können. Mit der Hinterlegung dieser Informationen wird aus der GSQ der sogenannte Gewerkezug etabliert. Ein Beispiel für die Erarbeitung eines Gewerkezuges ist in Abbildung 5.9 dargestellt.

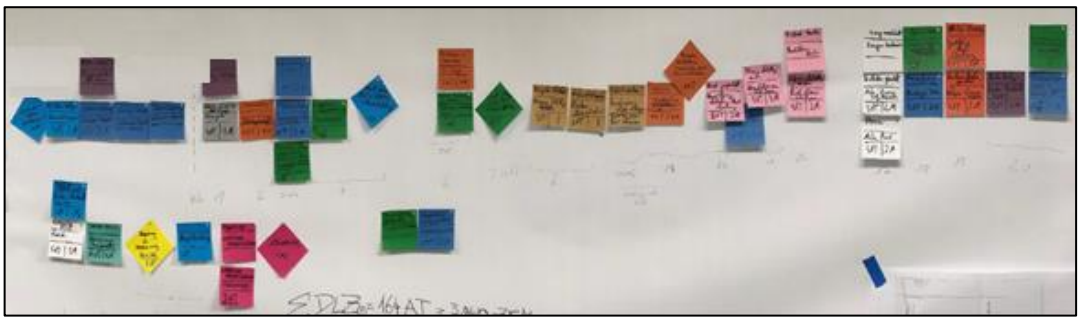


Abbildung 5.9: Gewerkezug[210]

Durch die Hinterlegung der Zeitinformationen wird eine taggenaue Zuteilung der Tätigkeiten ermöglicht. So erhält man – ausgehend von der Gewerkesequenz – eine detaillierte Darstellung darüber, welche Arbeiten an welchem Tag zu erledigen sind. Somit wurden die Gewerkesequenzen durch einen Zeithorizont auf Tagesbasis ergänzt. Dies hat zur Folge, dass Aussagen darüber getroffen werden können, welche Bearbeitungszeit für die Fertigstellung des betrachteten Bereiches benötigt werden. Des Weiteren kann anhand dieser Betrachtung eine Parallelisierung oder eine Sequenzierung der Arbeiten veranlasst werden, um die Durchlaufzeit (DLZ) der Gewerkezüge zu verringern. Dies bedeutet, dass Gewerke parallel nebeneinander arbeiten können, ohne sich gegenseitig in ihrer Tätigkeit zu stören oder sich zu blockieren. Das Resultat dieser Optimierungen sind sogenannte Gewerkewaggons, in denen Arbeiten zusammengeführt werden oder nebeneinander erfolgen können. Anschließend wird die Betrachtungsstufe auf eine Wochenbetrachtung angehoben. Dies bietet eine bessere Übersicht und stärkt im Weiteren die Verständlichkeit der Gewerkezüge. Mithilfe der Optimierungen konnte die DLZ_1 mit 33 Arbeitswochen auf eine DLZ_2 mit 24 Arbeitswochen reduziert werden. Der Output dieses Workshops sind die gemeinsam im Last-Planner-Team erarbeitete Baustrategie, die Definition der Gewerkematrix, die Gewerkezüge

[210] PORR Design & Engineering GmbH: *Dokumentation zum Gewerkesequenz-Workshop Allmandring*

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

der verschiedenen Bereiche und ein gemeinschaftliches Verständnis des Bauablaufs. Dieses Verständnis hilft in der späteren Ausführungsphase dabei, dass sich die Nachunternehmer bzw. das gesamte Last-Planner-Team, gegenseitig auf Änderungen bzw. Verschiebungen gezielt hinweisen können, falls es aus ihrer Sicht zu Leistungsstörungen kommen könnte. Darüber hinaus helfen sie sich gegenseitig dabei, das Bauziel in der vorgegebenen Zeit zu erreichen.

Meilenstein- und Phasenplan-Workshop

Im nächsten Schritt werden die Meilensteine, welche für das Projekt im Auftrag von den Bauherren definiert wurden, und die im Gewerkesequenz-Workshop entstandenen Gewerkezügen zusammengeführt. Daraus entsteht der sogenannte *Meilenstein- und Phasenplan*. Die Zusammenführung der einzelnen Gewerkezüge wird mit Hilfe der zuvor definierten Baustrategie vollzogen. Der auf diesem Plan dargestellte Abwicklungszeitraum ist davon abhängig, welche Abwicklungsmethode im Last-Planner-Team gewählt wurde. Konnte eine Taktplanung etabliert werden, so wird der MPP über die gesamte Ausführungsphase visualisiert. Konnte keine Taktplanung vollzogen werden, so wird der Betrachtungszeitraum sich auf vier bis sechs Monate reduzieren und sich der MPP zyklisch auf Basis der GPA aktualisieren. Aus der Baustrategie ist ersichtlich, mit welchen Gewerkezug, in welchem Bereich des Bauvorhabens gestartet wird und wie die logische Aneinanderreihung der nächsten Gewerkzüge vonstattengehen muss, um eine bestmögliche Abwicklung zu gewährleisten. Die Darstellung des Prozessablaufs (Lean Management – Meilenstein- und Phasenplan-Workshop) erfolgt im technischen Bericht von Pippert und Steinhofer[211]. Mit der nachfolgenden Berechnungsformel kann auf Basis der Taktbereiche, Taktzeit, DLZ und der Gewerkezüge die Gesamte Herstellungsdauer (HSD) für das Bauvorhaben berechnet werden.

$$\text{Gesamte HSD} = \text{DLZ}_{\text{Gewerkezug}} + (n - 1) \cdot m \tag{7}$$

Die Gesamte Herstellungsdauer für das Gebäude errechnet sich aus der Durchlaufzeit des Gewerkezuges summiert mit der Anzahl der Taktbereiche minus eins multipliziert mit dem jeweiligen Taktlängenfaktors. Mithilfe des daraus gewonnenen Ergebnisses kann entschieden werden, ob der Meilenstein- und Phasenplan (MPP) angepasst werden muss, um die vertraglichen Meilensteine einzuhalten. Dies kann über mehrere Methoden realisiert werden. Es kommen hier dieselben Methoden zur Anwendung, welche schon bei der Optimierung der GSQ herangezogen wurden. Wie schon zuvor erwähnt, war es schon vor Beginn des MPP-Workshops gewünscht, einen zweiten Gewerkezug zu installieren. Dies hatte die positive Auswirkung, dass die Vertragstermine eingehalten wurden.

Der Meilenstein- und Phasenplan (MPP) bildet das Ergebnis aller zuvor erwähnten Prozessschritte, welche für die Erlangung der Gewerkezüge notwendig waren. Auf dem MPP werden neben dem Ablaufplan auch allgemeine Informationen über das Bauvorhaben veranschaulicht. Es sind Schnitte der zwei verschiedenen Gebäudetypen dargestellt, wie in Abbildung 5.4 aufgezeigt. Auch ist die Arbeitsreihenfolge, wie die Gebäude abgearbeitet werden, schematisch dargestellt.

[211] D. Pippert; S. Steinhofer: *Technischer Bericht zur Prozessanalyse*, S. 8.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

Des Weiteren ist aus dem Plan zu entnehmen, in welcher Reihenfolge die Etagen bearbeitet werden. Es wird hier von oben nach unten gearbeitet. Dies Resultiert daraus, dass die Stiegenhäuser, welche als Transportweg für Mensch und Material dienten, mit Estrich verlegt wurden und keine außenliegenden Lastenaufzüge angebracht waren.

Der Aufbau eines solchen MPP ist, um eine Vergleichbarkeit verschiedener Projekte zu gewährleisten, stets identisch zu gestalten. Die im Gewerkesequenz-Workshop erarbeiteten GSQ sowie die daraus resultierenden Gewerkezüge werden im oberen Bereich des MPP dargestellt. Es soll damit eine Nachvollziehbarkeit der Vorgehensweise und ein besseres Verständnis des MPP-Plans sichergestellt werden. Darunterliegend wird der Ablaufplan der Gewerkezüge dargestellt, welcher das Herzstück des MPP repräsentiert. Auf diesem werden die Gewerkezüge auf Wochenbasis dargestellt, siehe Abbildung 5.10. Der Zeithorizont wird auf der horizontalen Achse in Kalenderwochen bzw. in den Projektwochen des Bauvorhabens dargestellt. Die Projektwochen unterscheiden sich von den Kalenderwochen darin, dass diese erst mit dem Start der Arbeiten zu zählen beginnen. Die vertikale Achse symbolisiert die örtliche Situation, in welcher die Arbeiten verrichtet werden. Sie bildet demnach eine Ortsangabe, in welchen Baulosen, Etagen und Bereichen die Arbeiten verrichtet werden.

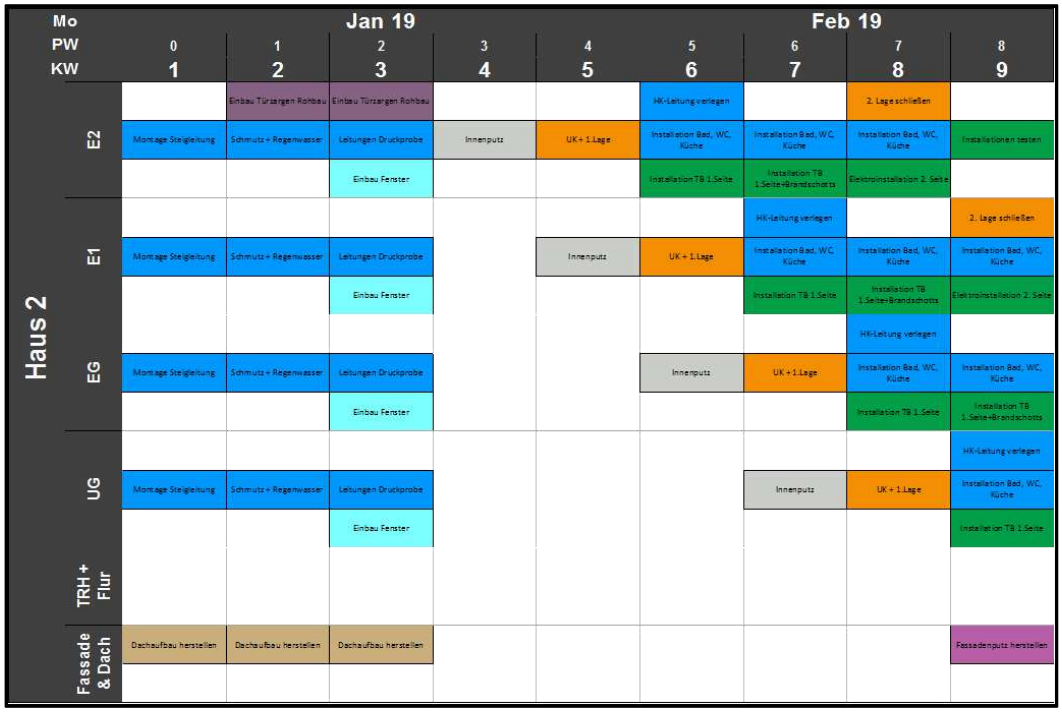


Abbildung 5.10: Ausschnitt Ablaufplan Allmandring

Ressourcenplanung

Die Ressourcenplanung im Team LM startet erst, wenn der gesamte MPP vollständig ausgearbeitet ist. Dieser bildet die Basis der Erarbeitung der Ressourcenganglinien. Um eine Ressourcenplanung oder eine Ressourcenganglinie zu erhalten, wird über die betrachtete Kalenderwoche bzw. die Projektwoche auf der vertikalen Achse die Anzahl der Gewerke anhand ihr der zugeordneten Farben aufsummiert und mit der Anzahl des dafür benötigten Personals, welche von den Nachunternehmern vorgegeben wurde, multipliziert. Dieser Vorgang wird über die gesamte Bauzeit

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

durchgeführt. Das Ergebnis dieses Prozesses ist eine Ganglinie für die Personalstärke bzw. die Personalstunden. Aufgrund der getrennten Betrachtung erhält man eine genauere Übersicht über die benötigen Ressourcen (Mannstunden). Durch diesen Prozess bekommt man, je nachdem welche Informationen gewünscht sind, eine Ganglinie für alle Gewerke bzw. für ein einzelnes Gewerk des Ablaufplans. Im Speziellen kann auch eine Auswahl getroffen werden, in der nur einzelne Vorgänge hinsichtlich ihrer Personalstärke betrachtet werden. Die erhaltenen Ganglinien der betrachteten Gewerkezüge werden in Abbildung 5.11 (dargestelltes Gewerk: Trockenbau) aufgezeigt. So kann eine Aussage darüber getroffen werden, ob in der jeweils betrachteten Projektwoche die benötigte Anzahl an Arbeitern vorhanden ist oder ob die Ist-Stärke von der Soll-Stärke abweicht. Falls es zu Abweichungen in den geplanten Personalzahlen kommt, kann man Rückschlüsse daraus ziehen, ob die Zusagen des Verantwortlichen für das Gewerk falsch bzw. unzureichend waren oder ob andere Gründe dazu beitrugen, dass es zu einer Abweichung kam. Sollte die Zahl der Arbeiter mit der geplanten Personalstärke gemäß Ressourcenplan übereinstimmen, es aber gleichwohl zu einer Abweichung im Baufortschritt kommen, kann man Rückschlüsse daraus ziehen, dass möglicherweise das falsche Personal eingesetzt wurde oder die Schwierigkeit der Arbeiten unter- oder überschätzt bzw. möglicherweise der Umfang der Arbeiten falsch bewertet wurde. Die Ressourcenplanung bildet demnach sowohl eine Kontrollmethode in Bezug auf die Qualität der Zusagen als auch eine Planungsmethode zur Bestimmung der jeweiligen Arbeiteranzahl auf der Baustelle. Weiterhin wird mittels der Ressourcenganglinie auch aufgezeigt in welchem Maß die Arbeiten im Fluss eingeplant sind. Der Fluss bezieht sich bei dieser Betrachtung auf die Kontinuität der Personalstärke auf der Baustelle. Der optimale Fall tritt ein, wenn die gesamten Arbeiten eines Gewerkes mit der gleichen Mannschaftsstärke, vom Beginn der Arbeiten bis zum Bauende, zu erledigen sind. Durch die grafische Darstellung und Auswahlmöglichkeit der Ressourcenganglinie auf Gewerkebasis bzw. auf Vorgangsebene können so auch in diesem Stadium noch Anpassungen hinsichtlich der Personalstärke innerhalb der Arbeitspakete vorgenommen werden. Bezugnehmend auf die Vermeidung von Leistungsstörungen in der Bauausführung oder der Umgang mit diesen, wird durch diese Betrachtung ein wichtiger Schritt dahingehend getan, Personalüberschuss oder Personalmangel, zu umgehen. Die Ergebnisse einer solchen Ressourcenplanung und die stetige Kontrolle mit dem tatsächlichen Baufortschritt, kann für spätere Projekte herangezogen werden, um möglicherweise schon in der Erarbeitung eines MPP auf falsche oder unzureichende Aussagen von Nachunternehmern hinzuweisen.

Wochenvorschau-Workshop

Der zuvor erhobene MPP wird als Basis der Betrachtungen im Wochenvorschau-Workshop verwendet. Der schon im MPP-Workshop verwendete Big-Room wird auch hier als Besprechungsraum genutzt. Hierbei werden die ersten vier bzw. sechs Wochen des MPP betrachtet, sodann aus dem gesamtheitlichen MPP extrahiert und einer näheren Analyse unterzogen. Die Darstellung des Prozessablaufs (Lean Management – Wochenvorschau-Workshop) erfolgt im technischen Bericht von Pippert und Steinhofer[212]. Da die Betrachtung des MPP stets auf einer Woche oder je nach Notwendigkeit auf einer Halbwoche lag, ist es das Ziel des

[212] D. Pippert; S. Steinhofer: *Technischer Bericht zur Prozessanalyse*, S. 9.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek WIEN Your knowledge hub

Workshops, die Gewerkewaggons anschließend in ihre einzelnen Arbeitsschritte aufzusplitten und auf einer Tagesbasis darzustellen. Als nächster Schritt folgt die Definition des Zieles. Bezugnehmend auf das Projekt Allmandring und im Speziellen auf den Gewerkezug A im Haus 2, Etage 2, war das Ziel der ersten vier Wochen, dass alle Vorarbeiten soweit erledigt sind, sodass der Gewerkewaggon „Innenputz“ ungehindert beginnen kann. Ein Beispiel hierfür ist in Abbildung 5.12 dargestellt.

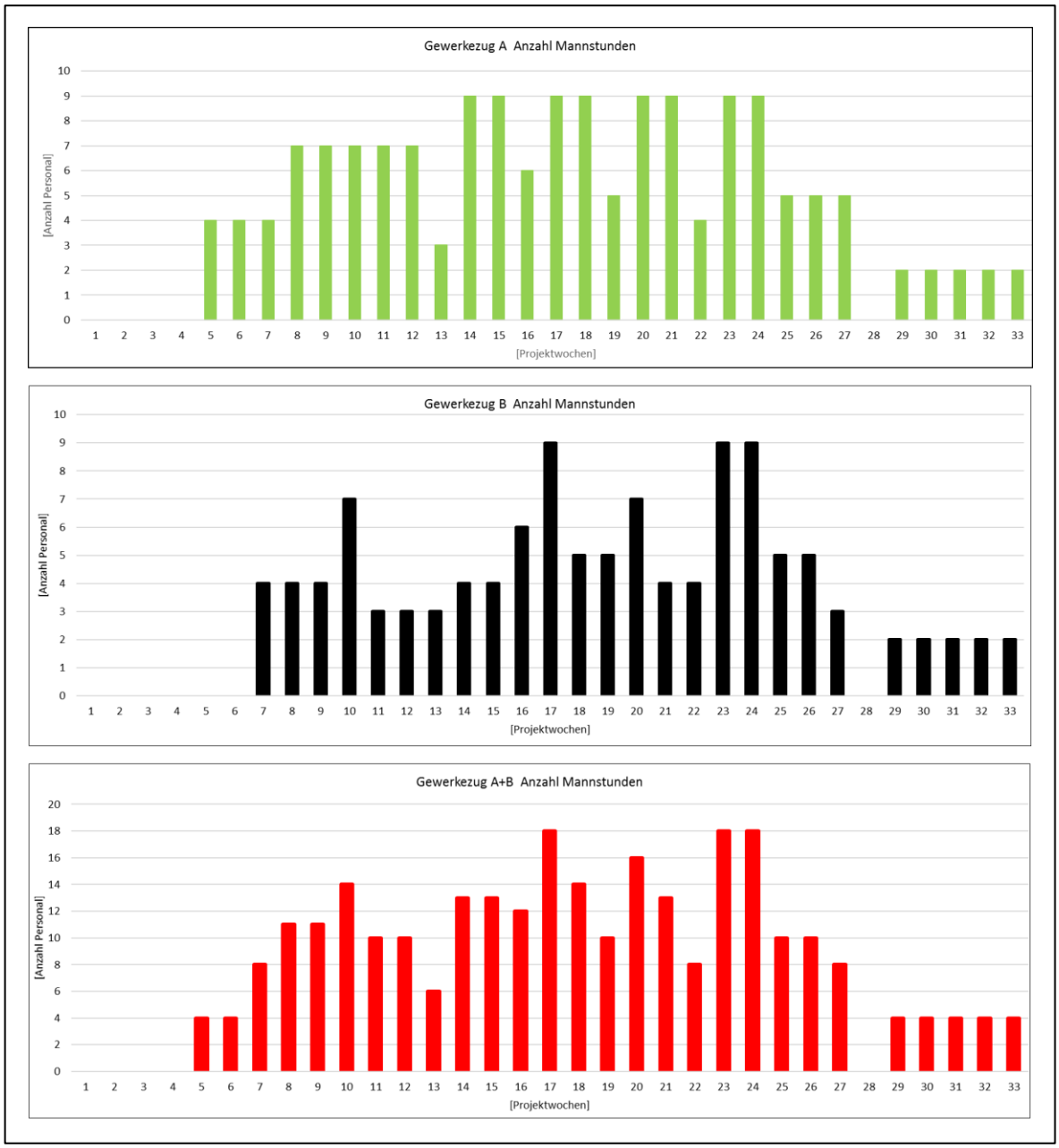


Abbildung 5.11: Ressourcenganglinie Personal

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

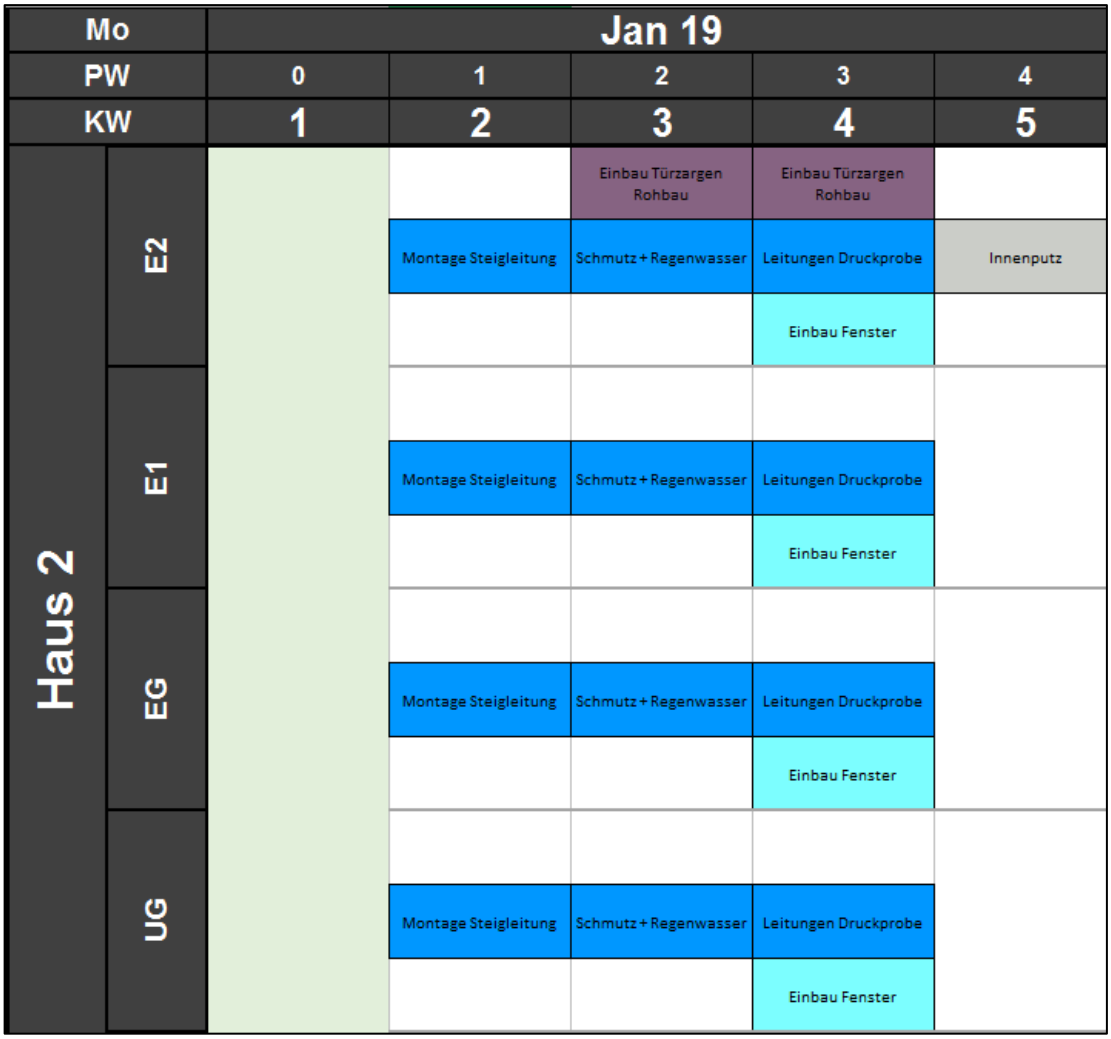


Abbildung 5.12: Ausschnitt MPP Allmandring[213]

Die Hinterfragung, welche Arbeiten bis zu einem bestimmten Zeitpunkt abgeschlossen sein müssen und welche Vorleistungen das Nachfolgegewerke benötigt, stellt den Fokus auf den optimalen Ablauf der Gewerke, damit diese im Fluss arbeiten können. Die Anwendung dieser Fragstellung hat seinen Ursprung im Pull-Prinzip (siehe Abschnitt 4.1.1). So beginnt man mit der Betrachtung immer in der letzten Arbeitswoche, welche in der Wochenvorschau dargestellt ist. Es ist an den Projektbeteiligten, sich ihre Arbeit auf den Wochenvorschautafeln, welche in Abbildung 5.13 dargestellt sind, selbst einzuteilen, diese mittels Post-its der jeweiligen Gewerkefarbe visuell hervorzuheben und sich mit den anderen Gewerken eine optimale Einteilung zu überlegen. Dieser Prozess wird über den betrachteten Ausschnitt des MPP hinweg vollzogen. Auf diese Weise erhält man über die betrachteten Wochen hinweg eine detaillierte Planung der Gewerke auf Tagesbasis mit den jeweiligen Zusagen der zuständigen Personen. Dieser Vorgang ist in der Abbildung 5.14 veranschaulicht.

[213] PORR Design & Engineering GmbH: Ausschnitt *Meilensteinphasenplan Bauvorhaben Allmandring*

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

Abbildung 5.13: WV-Tafeln[214]

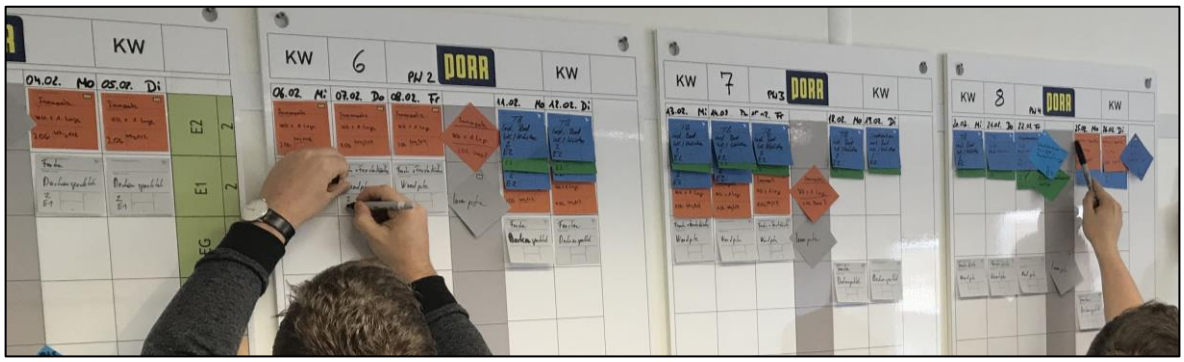


Abbildung 5.14: Einplanung der WV[215]

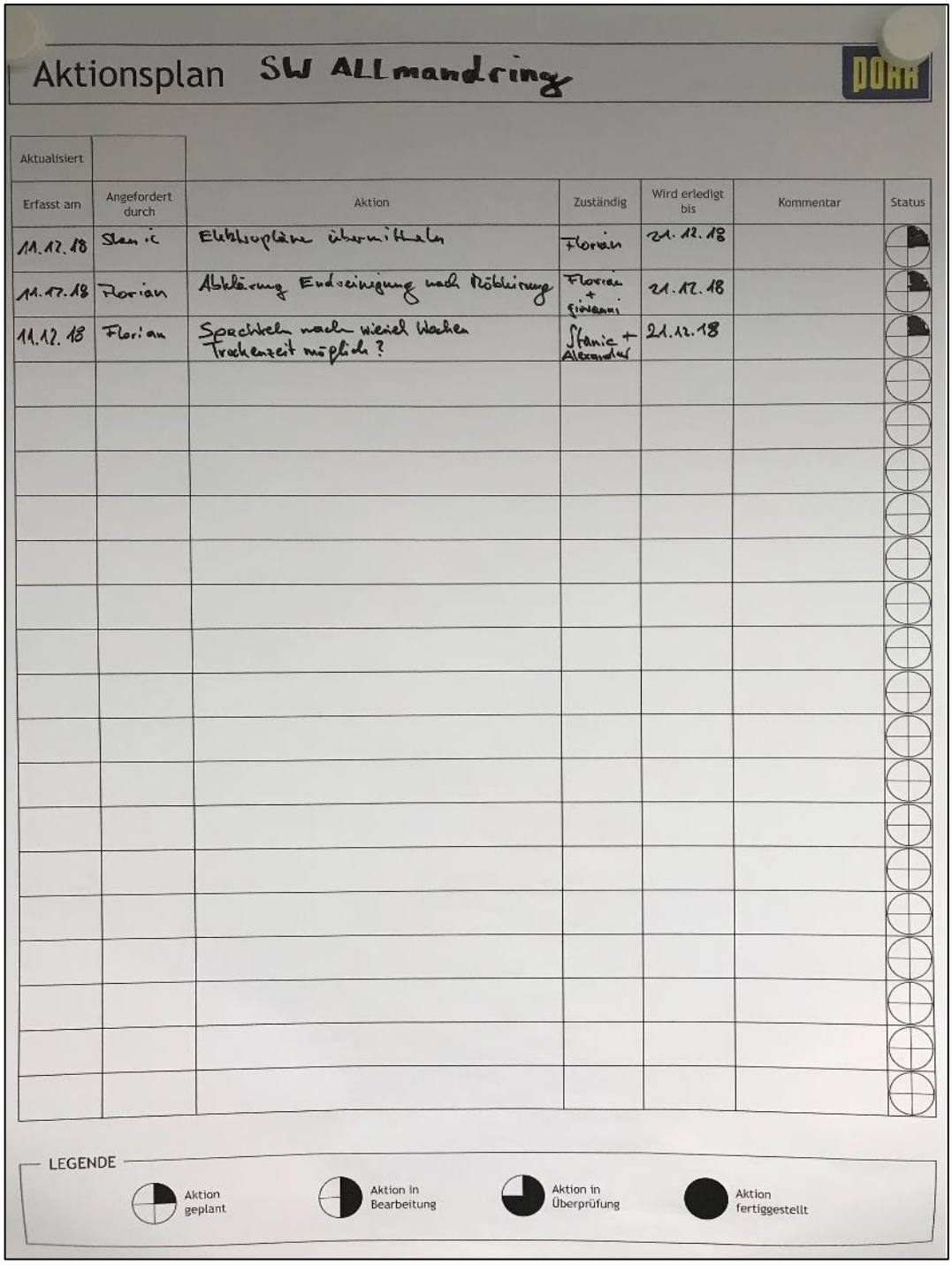
Parallel dazu werden die Gewerke stets nach den fünf Hauptflüssen des Pull-Prinzips (siehe Abschnitt 4.1.2) gefragt und somit geklärt, welche Vorleistungen oder Aktionen sie benötigen, damit sie ihre Arbeiten ohne Verzug erledigen können. Es ist hier nicht das Augenmerk auf die Arbeitstätigkeit per se gelegt, sondern auf Projektaktionen, welche erforderlich sind, damit uneingeschränkt mit der Arbeit begonnen und diese beendet werden kann. Es kann unter anderem sein, dass Aktionen festgelegt werden, die eine Planlieferungen oder eine Freigabe vom Bauherren definieren, damit benötigtes Material bestellt werden kann. Diese hier festgehaltenen Tätigkeiten werden in einem Aktionsplan, welcher in Abbildung 5.15 dargestellt ist, festgehalten und den zuständigen Personen zugeteilt, welche für die Erledigungen dieser zuständig sind. Des Weiteren werden auch Risiken definiert und festgehalten, welche aus Sicht der Projektteilnehmer für das Gelingen der Arbeiten für das Projekt bestehen. Als Beispiel hierfür ist in Abbildung 5.16 die Risikomatrix des Bauvorhabens Allmandring dargestellt.

Anschließend werden die im *Wochenvorschau-Workshop* erhobenen Daten aufgenommen und dokumentiert, damit in den anschließenden wöchentlichen Besprechungen eine Vergleichbarkeit und eine Auswertbarkeit gegeben ist. Am Ende dieses Workshops wird der nächste Besprechungstermin (Start Produktionsevaluations- und Planungsbesprechungen) vereinbart. Dieser sollte bestenfalls immer am gleichen Wochentag erfolgen und am Beginn einer neuen Arbeitswoche. Der Output dieses Workshops bildet eine störungsfreie Planung der betrachteten Wochen ab,

[214] PORR Design & Engineering GmbH: *Dokumentation zum Gewerkesequenz-Workshop Allmandring*
[215] PORR Design & Engineering GmbH: *Dokumentation zum Gewerkesequenz-Workshop Allmandring*

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

da die Teilnehmer ihre Arbeiten selbständig einplanen und dabei auch mit der Zusage, dass sie diese Tätigkeiten in dieser Zeit erledigen können, allein die Verantwortung zur Erreichung des Arbeitszieles tragen. Dies steigert die Motivation der Teilnehmer, die getroffenen Zeile zu erreichen welche, sie sich selbst als Ziel gesetzt haben und nicht, wie in der konventionellen Ablaufplanung, von anderen diktiert bekommen haben.



Aktionsplan SW ALLmandring

PORR

Aktualisiert						
Erfasst am	Angefordert durch	Aktion	Zuständig	Wird erledigt bis	Kommentar	Status
11.12.18	Stanic	Elektropläne übermitteln	Florian	21.12.18		
11.12.18	Florian	Abklärung Endreinigung nach Möblierung	Florian + Giovanni	21.12.18		
11.12.18	Florian	Sprechen wieviel Wochen Trockenzeit möglich?	Stanic + Alexander	21.12.18		

LEGENDE

Aktion geplant

Aktion in Bearbeitung

Aktion in Überprüfung

Aktion fertiggestellt

Abbildung 5.15: Aktionsplan Allmandring[216]

[216] PORR Design & Engineering GmbH: *Dokumentation zum Gewerkesequenz-Workshop Allmandring*

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

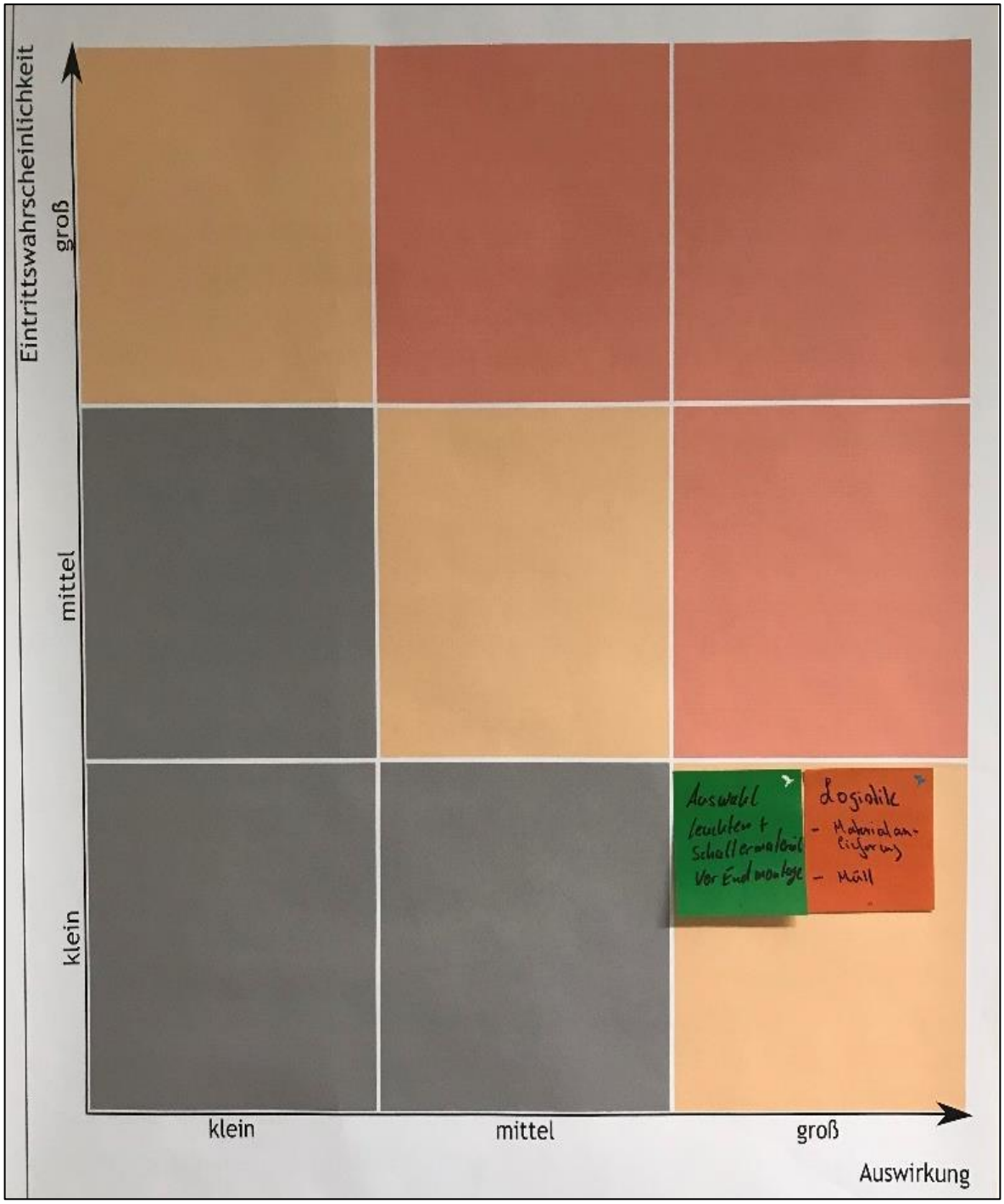


Abbildung 5.16: Risikomatrix Allmandring[217]

Produktionsevaluations- und Planungsbesprechungen

Die PEP–Besprechungen finden im Anschluss an den *WV-Workshop* statt und bilden somit den Start der ersten Evaluierung der Ergebnisse bezüglich der getroffenen Zusagen und der einge-

[217] PORR Design & Engineering GmbH: *Dokumentation zum Gewerkesequenz-Workshop Allmandring*

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

planten Tätigkeiten. Die Darstellung des Prozessablaufs (Lean Management – PEP-Prozess) erfolgt im technischen Bericht von Pippert und Steinhofer[218]. Der Ablauf der Besprechung gliedert sich in den sogenannten Deming-Zyklus (siehe Abschnitt 4.1). Im Gegensatz zum klassischen Deming-Zyklus, welcher den Einstieg in den Prozess mit der Tätigkeit PLAN impliziert, wird im Unternehmen PORR der Einstieg in die Besprechung mit dem Prozessschritt CHECK realisiert. Dies hat den Hintergrund, dass der PLAN-Prozess schon gezielt im Wochenvorschau-Workshop durchgeführt wurde.

CHECK

Der erste Schritt dieser Besprechungen ist es, die zugesagten Tätigkeiten auf Erledigung abzufragen. Es wird jedes einzelne Gewerk separat auf Einhaltung der zuvor geplanten Arbeit unter Heranziehung der auf der Wochenvorschautafel hinterlegten Post-its geprüft. Ist die plante Tätigkeit erledigt, wird das entsprechende Post-it von der Tafel entfernt und auf eine entsprechende Fläche auf der Tafel geklebt, welche nur für eingehaltenen Zusagen verwendet wird. Wird hingegen festgestellt, dass die Zusagen nicht eingehalten wurden, werden die Gründe dafür hinterfragt. Dies wird über die *5W-Fragetechnik* realisiert. In dieser wird fünf Mal mit der „Warum-Frage“ der Grund für die Nicht-Einhaltung hinterfragt. Durch die Anwendung dieser Fragetechnik werden die tatsächlichen Gründe des Abweichens vom Bau-Soll offengelegt. Diese nicht eingehalten Tätigkeiten werden auf die dafür bereitgestellte Matrix, auf welcher die fünf Hauptflüsse des Lean Thinking dargestellt sind und zu einer Nicht-Einhaltung führten, geklebt und diesen zugeteilt. Dieser Prozess wird über die vergangene Woche hinweg durchgeführt.

Anschließend werden der Aktionsplan und die Risikomatrix darauf abgefragt, ob Risiken neu eingestuft werden müssen oder ob bereits geplante Risiken einen neuen Stellenwert einnehmen. Der Aktionenplan wird ebenso auf diese Weise geprüft.

Es folgt die Vorstellung der ausgewerteten Zu- und Absagen im sogenannten AEZ-Wert (Anteil eingehaltener Zusagen). Dieser kommt zustande, indem man die Anzahl der tatsächlich geplanten Tätigkeiten mit der Anzahl der eingehaltenen Tätigkeiten vergleicht. Es wird auch die Anzahl der nicht-eingehaltenen Tätigkeiten im Verhältnis mit den geplanten vorgestellt und die Gründe für die Abweichung dargestellt. Diese erhobenen Daten geben eine konkrete Aussage darüber wie genau die Zusagen getroffen werden und wie hoch die Quote der Einhaltung dieser ist. Diese Daten werden anschließend für alle Projektbeteiligten einsehbar im Big-Room ausgehängt. Dies dient nicht einer negativen Zurschaustellung, sondern soll vielmehr die Transparenz des Projekts nach außen darstellen.

ACT

Als nächstes werden die Teilnehmer aktiv und takten die nächsten vier Wochen des MPP auf Tagesbasis ein. Damit aktualisieren sie die Wochenvorschautafeln. Es werden hierzu die alten Post-its, welche die eingetakteten Arbeiten der Vorwoche darstellen, entfernt. Die Teilnehmer sind in

[218] D. Pippert; S. Steinhofer: *Technischer Bericht zur Prozessanalyse*, S. 10.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

diesem Schritt angehalten, sich ihre Arbeiten selbst zu organisieren und sich im Team abzusprechen.

PLAN

Im Anschluss daran wird die neue Arbeitswoche mit den Projektbeteiligten eingeplant. Es werden hierzu die aufgetretenen Verschiebungen der Vorwoche aufgenommen und so berücksichtigt, dass etwaige Verzögerungen aufgefangen werden können. Sollte dies nicht möglich sein, wird versucht, über Anpassungen an der Ressourcenauslastung diese wieder auszugleichen. Wurden diese Verzögerungen neu in die Wochenvorschau aufgenommen und die derzeitig anstehenden Tätigkeiten eingeplant, so kann man schon in einem sehr frühen Stadium eine Aussage darüber treffen, welche Konsequenzen aus der Nicht-Einhaltung der zugesagten Arbeiten resultieren und welche Maßnahmen getroffen werden müssen, um derartige Säumnisse innerhalb der Meilensteine zu vermeiden bzw. aufzufangen. Sollte es jedoch dazu kommen das Meilensteine nicht eingehalten werden können so muss der MPP angepasst werden.

Es werden wiederum auch neue Aktionen definiert und am Aktionsplan festgehalten. Die in der Vorwoche erhobenen Aktionen werden mit dem derzeitigen Stand der Erledigung versehen. Auch wird die Risikomatrix aktualisiert, um mögliche neue Risiken neu einzustufen oder neu aufgetretenen Risiken festzuhalten.

DO

Der letzte Prozessschritt umfasst die Ausführung der erarbeiten Arbeitspakete und Zusagen, welche von den Teilnehmern für die nächste Woche getroffen wurden. Es ist der Abschluss der PEP-Besprechung und zugleich wieder der Einstieg in die nächste PEP-Besprechung in der folgenden Woche, in der die geplanten Tätigkeiten auf Erledigung abgefragt werden. Das Last-Planner-System mit seinen Methoden und Werkzeugen ermöglicht es schon zu einem sehr frühen Zeitpunkt, Hindernisse oder Leistungsstörungen zu identifizieren. Mit Hilfe dieser Vorschau können Leistungsabweichungen in einem sehr jungen Stadium erkannt und Maßnahmen eingeleitet werden, damit vorgenannte Abweichungen ohne großen Mehraufwand behoben werden können.

Im nachstehenden Abschnitt wird auf den Umgang und die Entstehung des Wochenprogramms im Team LM eingegangen. Es werden die Unterschiede zu der konventionellen Wochenplanung aufgezeigt.

5.1.2 Das Wochenprogramms im Team Lean Management

Damit ein besseres Verständnis für die Unterschiede des Wochenprogramms im Lean Management generiert werden kann, wird anschließend kurz die Entstehung sowie der Umgang mit dem konventionellen Wochenprogramm aufgezeigt.

Das Wochenprogramm in der Ausführung stellt eines der wichtigsten Planungs- und Kontrollelemente in der konventionalen Bauabwicklung dar. Der Betrachtungszeitraum eines solchen Pro-

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

gramms liegt i. d. R. bei einer bis zwei Arbeitswochen. Das Wochenprogramm wird meist vom zuständigen Bauleiter und dem führenden Polier der Baustelle erarbeitet. Es werden die Arbeiten für die nächste Arbeitswoche eingeplant. Des Weiteren werden auch Tätigkeiten geplant, welche die Disposition von Ressourcen betreffen. Den Rahmen für die Planung legt der Arbeitsterminplan fest, welcher vom Team Zeit- und Ressourcenplanung erstellt wurde und in welchen die geplanten Arbeiten in einen Gantt-Diagramm auf Wochenbasis grafisch dargestellt sind.

Die Vorgehensweise der Einplanung erfolgt über die Ermittlung des jeweils aktuellen zeitlichen Standes der Arbeiten. Darauffolgend werden die anstehenden Arbeitswochen hinsichtlich der dabei jeweils zu erledigenden Arbeiten betrachtet. Die genaue Planung, an welchem Tagen welche Arbeiten zu verrichten sind, um das angestrebte Ziel einhalten zu können, gründet auf den Erfahrungen des Poliers bzw. des Bauleiters. Diese teilen die Arbeiten und die Kapazitäten den Tagen zu und planen, welche Ressourcen nötig sind, um einen störungsfreien Arbeitsablauf zu generieren.

Diese Handhabung des Wochenprogramms basiert im Allgemeinen auf der Genauigkeit des Terminplans und der Erfahrung der Bauleiter bzw. der Poliere. Im Team Lean Management wird eine andere Handhabung bzw. Erstellung des Wochenprogramms verwendet. In Abschnitt 5.1.1 wurde bereits beschrieben, wie es im Wochenvorschau-Workshop zu der Entstehung der Wochenvorschau kommt und wie man Leistungsstörungen frühzeitig erkennen kann. Im Gegensatz zu der konventionelle Wochenplanung wird im Lean Management das Wochenprogramm nicht nur von zwei Personen auf Basis ihrer Erfahrung erstellt, sondern es werden hier alle zuständigen Personen miteingebunden, welche in der kommenden Woche für die Umsetzung des geplanten Arbeitssolls verantwortlich sind. Diese Art der Wochenplanung bildet einen weiteren sehr wichtigen Punkt, die Früherkennung von Leistungsstörungen. Es ist die Entscheidung der Nachunternehmer, welche Tätigkeit sie wann erledigen werden, damit sie das vorgegebene Wochenziel erreichen. Diese Herangehensweise zielt auf den psychologischen Effekt der eigenen Verantwortung ab, da die Zusagen vor allen Projektbeteiligten getroffen werden und der Entscheider mit seinem Wort dafürsteht, dass seine Zusagen auch eingehalten werden. Dieser ist somit vergleichsweise viel bemühter seine vorgegebenen Ziele selbst einzuhalten, als wenn ihm seine eigenen Arbeiten von anderen vorgegeben werden.

Das Wochenprogramm im Lean Management entlastet des Weiteren auch den verantwortlichen Bauleiter bzw. den Polier, da diese nicht mehr dazu verpflichtet sind, das Wochenprogramm selbst anzufertigen oder die Nachunternehmer ständig bezüglich der Einhaltung der täglichen Ziele zu kontrollieren. In der konventionellen Wochenplanung werden die Entscheidungen nicht an die Arbeiter, sondern jeweils nur an die jeweiligen Vorarbeiter weitergegeben. Im Lean Management werden die Ergebnisse nicht nur in den PEP-Besprechungen für jedermann zugänglich gemacht. Es wird auch das Wochenprogramm für alle auf der Baustelle Anwesenden ersichtlich platziert.

Dieses Kapitel widmetet sich dem derzeitigen Stand der Arbeitsprozesse in den Punkten Ressourcenplanung, Umgang mit Bauablaufstörungen und der Handhabung des Wochenprogramms. Das folgende Kapitel zeigt Optimierungsmöglichkeiten in den zuvor erwähnten Punkten und den damit jeweils verbundenen Mehrwerten auf.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek WIEN Your knowledge hub

5.2 Zukunftsausblick der Vorgehensweise im Team Lean Management in den Punkten Ressourcenplanung, Bauablaufstörungen und dem Wochenprogramm

Lean Management wird auch als eine stetige Verbesserung in kleinen Schritten verstanden. Das folgende Kapitel bezieht sich genau auf diese stetigen Verbesserungen und soll aufzeigen, welche weiteren Verbesserungen bzw. welche weiteren Potenziale im Rahmen des Lean Management, möglicherweise noch zu realisieren sind.

5.2.1 Ganzheitliche Betrachtung von Ressourcen

Im derzeitigen Arbeitsprozess der Ressourcenplanung des Teams LM werden nur die Personalressourcen berücksichtigt und auf Basis derer ein Controlling der Arbeiten durchgeführt. Bei einer Implementierung einer ganzheitlichen Betrachtung der Ressourcen, würden diese Anschauungen um das Ressourcenpaket des zu verbauenden Materials erweitert werden.

In dieser Betrachtung würde man die Mannstunden (h/AT), welche durch den „Gewerkesequenz Workshop“ erhoben werden, in Relation zu den Massen (m^2, m^3, lfm etc.) setzen, welche zur Errichtung des betrachteten Bereichs benötigt werden. Diese Kombination von Mannstunden und benötigten Material würde zum einen eine Kontrollfunktion der Angaben der Nachunternehmer ermöglichen, da diese mit den Leistungswerten aus der Kalkulation zu vergleichen wären, zum anderen könnte man Anpassungen hinsichtlich der Zusagen der Nachunternehmer treffen und würde dabei eine weitere Optimierungsmöglichkeit bei der Anpassung der DLZ erlangen. Über die Auswertung der Ganglinie könnte eine Vorschau generiert werden, zu welchem Zeitpunkt wieviel Material auf der Baustelle vorhanden sein wird. So würde man schon zu einem frühen Zeitpunkt abschätzen können, wie groß man die Lagerplätze für das Material gestalten soll, damit es zum betreffenden Zeitpunkt zu keiner Überlagerung kommen kann. Des Weiteren wäre feststellbar, an welcher Stelle wieviel Material benötigt wird. Es wäre auch eine Abschätzung möglich, ob auch wirklich die Arbeiten im Fluss agieren oder ob es durch eine Spitze des Materialbedarfs möglicherweise zu Verzügen in der Fertigung kommt.

Ein weiterer Schritt in der Ressourcenplanung des Teams LM wäre die Erweiterung der Betrachtung auf die schon in der Rohbauphase benötigten Geräte auf der Baustelle. Dies würde dazu führen, dass das Lean Management seine Vorteile schon in der Rohbauphase besser einbringen könnte. Es wäre eine taggenaue Planung der Geräte und der dafür benötigten Betriebsmittel mit dem Last-Planner-System möglich. Da sich der derzeitige Fokus des Teams meist auf die Ausbauphase beschränkt, würde diese Erweiterung eine Anwendung der Lean-Methoden nicht nur im Bezug auf große und komplexe Rohbaumaßnahmen mit sich bringen, sondern wäre auch bei kleineren Baumaßnahmen in der Rohbauphase denkbar.

5.2.2 Digitalisierung des Last-Planner-Systems und der Wochenplanung

Das Last-Planner-System stützt sich mit seinen Werkzeugen auf die grafische Darstellung der geplanten Tätigkeiten mittels der Symbolisierung via Post-its (siehe Abschnitt 5.1.1). Da diese

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

Tätigkeit die Gruppenbildung der Projektbeteiligten und ein gemeinsames Denken stärkt, wäre diese Tätigkeit nicht ohne Weiteres zu digitalisieren. Es wäre aber möglich, die Erstellung des MPP besser zu digitalisieren, da diese Ausarbeitung im Team LM noch mittel Excel vollzogen wird. Somit wäre eine schnellere und leichtere Erarbeitung des MPP angestrebt werden. Auch wären Abhängigkeiten von den Gewerkezügen und den einzelnen Gewerkewaggons möglich. Dies wiederum brächte eine einfachere Anpassung, aufgrund von Terminverschiebung, mit sich und es könnten über die Verknüpfung die Auswirkungen einer Verschiebung viel leichter dargestellt werden. Es wäre auch anzustreben, dass eine automatische Generierung des MPP aus der Gewerkesequenz und dem Gewerkezug möglich ist. Ein weiterer Vorteil läge darin, dass aus dieser Digitalisierung eine schnellere Hinterlegung von Ressourcen mit den Gewerkewaggons in Verbindung mit einem BIM-Modell (BIM = Building Information Modeling) möglich wäre.

Die Digitalisierung der Lean-Construction-Methoden bzw. ihrer angewendeten Werkezuge steckt derzeit noch in ihren Anfängen. Diese zukunftsträchtigen Programme könnten jedoch in ihrer Anwendung und mit der Möglichkeit der Verknüpfung mit anderen Programmen ganz andere Chancen in der Abwicklung von Bauvorhaben realisieren.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU WIEN Bibliothek Your knowledge hub

6 Vergleich und Zusammenführung konventioneller Ansätze und Lean-Management-Ansätze in einem Bauunternehmen

Auf Basis der in den vorherigen Kapiteln beschriebenen Methoden der Teams ZRP und LM werden nachfolgend wesentliche Unterschiede zwischen den beiden Vorgehensweisen aufgezeigt. Hierbei wird ausschließlich die Ausführungsphase betrachtet. Neben der Zeit- und Ressourcenplanung zu Beginn der Ausführungsphase werden weitere Unterschiede dargestellt, welche die Erstellung der Wochenplanung sowie das Erkennen und den Umgang mit gestörten Bauabläufen betreffen. Abschließend wird ein möglicher zukünftiger Abwicklungsprozess beschrieben, der sowohl konventionelle als auch Lean-Ansätze integriert.

6.1 Unterschiede zwischen Team ZRP und Team LM

Unabhängig davon, ob ein Bauprojekt konventionell oder mit Lean-Ansätzen abgewickelt wird, werden derzeit Bauabläufe, Termine und Ressourcen vorab vom Team ZRP in Abstimmung mit Gruppen-, Projekt- und Bauleitung geplant (siehe Abschnitte 3.2.2 und 5.1.1). Bei einer Projektabwicklung mit Lean-Ansätzen werden Bauabläufe, Termine sowie Ressourcen von einem Last-Planner-Team (Nachunternehmer, Bauherrenvertreter, Bauleitung, Polier etc.) auf der Baustelle vor Ort erarbeitet (siehe Abschnitt 5.1.1). Hierbei wird eine losgelöste Planung verfolgt. Daher werden nur Angebots- und Vertragsterminpläne, die zuvor vom Team ZRP erarbeitet wurden, verwendet. Die darin abgebildeten Meilensteine (Baubeginn, Bauende und Zwischentermine) dienen dem Team LM als zeitliche Orientierung bei der Bauablaufplanung. Nachdem die PORR einen Auftrag für die Herstellung eines Bauwerks erhalten hat, erfolgt für gewöhnlich, parallel zur Termin-, Ablauf- und Ressourcenplanung des Teams ZRP, die Beauftragung des Teams LM. Entweder wird das Team LM für eine Abwicklung mittels Lean-Ansätzen von der Gruppen-, Projekt- und Bauleitung beauftragt oder es akquiriert selbstständig Aufträge, in dem aktiv der Gruppen-, Projekt- und Bauleitung Angebote unterbreitet werden. In Abbildung 6.1 werden die Zeiträume in der Ausführungsphase (Auftragserhalt bis Fertigstellung) dargestellt, in denen die Teams jeweils tätig sind.

Bei Bauvorhaben, deren Termine, Abläufe und Ressourcen konventionell geplant werden, beschränkt sich der Kreis der Beteiligten, die bei der Planung einen Input liefern, insbesondere auf die Gruppen-, Projekt- und Bauleitung (ggf. Polier) sowie die Teams ZRP, BKP und LLC. Bei Bauvorhaben, die hingegen mit Lean-Ansätzen abgewickelt werden, ist der Kreis der Beteiligten deutlich umfangreicher (Last-Planner-Team). Das Team LM befindet sich bei der Abwicklung *am Prozess*, denn sie leiten, moderieren und dokumentieren Workshops und führen das Last-Planner-Team, welches Bauabläufe, Termine und Ressourcen erarbeitet, durch den Abwicklungsprozess. Demgegenüber befindet sich das Team ZRP *im Prozess* und erarbeitet größtenteils selbstständig Bauabläufe, Termine und Ressourcenbedarf.

Nachfolgend werden wesentliche Unterschiede der Teams ZRP und LM hinsichtlich Termin- und Ablaufplanung, Ressourcenplanung, Wochenplanung sowie Ermittlung und Umgang von Bauablaufstörungen aufgezeigt.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU WIEN Bibliothek Your knowledge hub

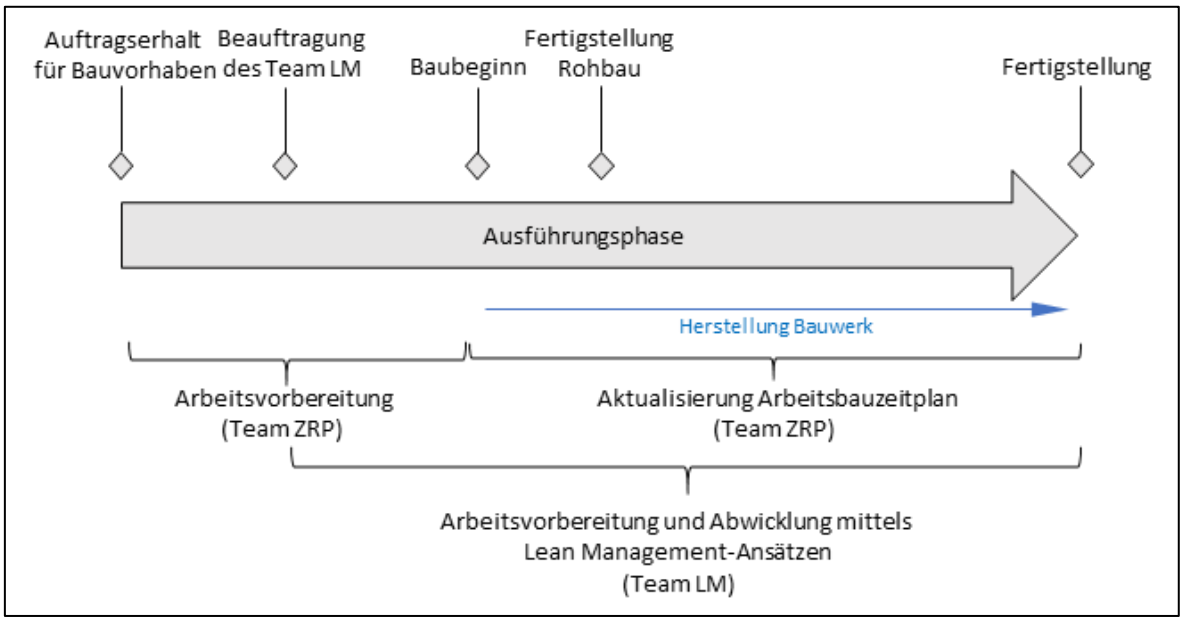


Abbildung 6.1: Ausführungsphase bei Anwendung von Lean-Methoden

6.1.1 Termin- und Ablaufplanung

Grundlagen

Für die Erstellung der Termin- und Ablaufplanung der Ausführungsphase dienen dem Team ZRP die Vertragsunterlagen (Vertragsterminplan, Baubeschreibung, Leistungsverzeichnis etc.) sowie die Unterlagen aus der Angebotsphase (Angebotsterminplan, Bauablaufkonzept etc.) als Grundlage. Nach Vertragsanalyse werden die Konzepte aus der Angebotsphase (z. B. Bauablaufkonzept) vom Team ZRP bei Notwendigkeit überarbeitet. Daraufhin werden Angebotstermin- sowie Ressourcenplan angepasst und verfeinert (siehe Abschnitt 3.3.1). Die Überarbeitung dieser Unterlagen wird insbesondere mit dem Team BKP, den Statikern, der Gruppen-, Projekt- und Bauleitung sowie dem Polier abgestimmt. Bei der Planung des Bauablaufs werden zeitnahe Ausführungsabschnitte (Baugrube und Rohbau) besonders detailliert geplant (siehe Abschnitt 3.2.2). Nachfolgende Ausführungsabschnitte (z. B. Innenausbau) werden mit fortschreitendender Ausführung in Abstimmung mit Nachunternehmern durch das Team ZRP oder von der Bauleitung selbst detaillierter geplant. Während der Ausführung werden Arbeitsbauzeit- und Ressourcenplan zu einem Stichtag im Hinblick auf die geplante und die tatsächliche Ausführungszeit verglichen (Soll-Ist-Vergleich). Der Arbeitsbauzeitplan wird daraufhin gemäß der tatsächlichen Ausführungszeit aktualisiert (siehe Abschnitt 3.2.2). Das Team LM orientiert sich ebenfalls an den Vertragsunterlagen (Leistungsverzeichnis, Baubeschreibung, Planunterlagen etc.). Die vom Team ZRP zuvor erstellten Unterlagen (z. B. Konzepte zum Bauablauf, Arbeitsbauzeitpläne oder Ressourcenpläne) werden gegenwärtig bei der Planung mittels Lean-Ansätzen nur bedingt berücksichtigt. Dadurch soll eine möglichst freie Planung der Bauabläufe (frei von zuvor erstellten Konzepten zum Bauablauf) gewährleistet werden. Im Gewerkesequenz-Workshop (siehe Abschnitt 5.1.1) werden im Rahmen einer Gesamtprozessanalyse Baustrategie, Baureihenfolge, Logistikkonzepte etc. erarbeitet. In dieser Analyse wird der gesamte Bauablauf (Baubeginn bis Bauende) untersucht. Zudem werden Gewerkematrix und Gewerkesequenz (GSQ) definiert. Nachfolgend wird auf deren Basis

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

ein MPP erstellt, in dem die kommenden vier bis sechs Monaten geplant werden (siehe Abschnitt 5.1.1). In gewissen Zyklen wird der MPP aktualisiert. Lean-Ansätze wurden bisher vorwiegend bei Planung und Abwicklung der Herstellung von Gebäudehülle, TGA, Innenausbau sowie Außenanlagen angewendet. Die Planung und Abwicklung von Rohbauarbeiten wurden bisher vom Team LM nur bei einer geringen Anzahl von Projekten durchgeführt.

Dauerermittlung

Für die konventionelle Dauerermittlung einzelner Ausführungsschritte (z. B. Bewehrungs- und Betonierarbeiten) werden vom Team ZRP abgestimmte Aufwands- und Leistungswerte oder pauschale Annahmen (z. B. ein Tag für das Betonieren der Decke eines Betonierabschnitts) verwendet. Diese wurden aus vergangenen Projekten abgeleitet oder der Literatur entnommen. Die Dauer einzelner Ausführungsschritte mittels Lean-Ansätzen wird durch die jeweiligen Verantwortlichen im Last-Planner-Team (z. B. Nachunternehmer für Trockenbau) festgelegt (Abschnitt 5.1.1). Aufgrund des Inputs der Last-Planner-Team-Mitglieder müssen von der Bauleitung oder dem Bauzeitplaner beispielsweise keine Annahmen für die Ausführungszeiten der Nachunternehmerleistungen getroffen werden. Die Dauerermittlung ist hierbei abhängig von der Qualität der Angaben der jeweiligen Last-Planner-Team-Mitglieder.

Richtung der Ablaufplanung

Im Rahmen der Ablaufplanung beginnt das Team ZRP mit den ersten Ausführungsabschnitten (z. B. Baugrubenarbeiten). Unter Berücksichtigung von technischen, fertigungstechnischen und organisatorischen Abhängigkeiten wird der Ablauf für die Herstellung eines Bauwerks chronologisch von Baubeginn bis Fertigstellung geplant (siehe Abschnitt 3.2.2). Der Fokus liegt dabei auf den vorgegebenen Meilensteinen (z. B. Fertigstellungstermin). Bei der Planung des Ablaufs mittels Lean-Ansätzen wird das PULL-Prinzip (siehe Abschnitt 4.1.2) angewendet. Die Abläufe werden beginnend vom letzten Arbeitspaket (z. B. Endreinigung) rückwärts betrachtet. Mittels PULL-Planung sollen notwendige Vorleistungen sämtlicher Gewerke berücksichtigt werden.

Anwendung der Taktplanung

Das Team ZRP unterteilt die Geschossebenen eines Bauwerks in einzelne gleich große Betonierabschnitte (Takte). Diese Betonierabschnitte werden möglichst identisch über Regelgeschosse angeordnet (siehe Abschnitt 3.2.2). Aufgrund der erhöhten Anzahl von Regelgeschossen ist nach der Beschreibung von Hofbauer[219] die Taktplanung vorwiegend bei turmartigen Gebäuden gut anwendbar. In der Gesamtprozessanalyse (siehe Abschnitt 5.1.1) werden vom Team LM Bereiche identifiziert, die sich im Zuge der Herstellung wiederholen. Diese Bereiche oder auch Standard-Raumeinheiten bilden die Basis für die Taktplanung. Diese Art der Ablaufplanung bezieht sich im Team LM in ihrer Anwendung derzeit vorwiegend auf die Herstellung von Gebäudehülle, TGA, Innenausbau und Außenanlagen. Die Tabelle 6.1 fasst die wesentlichen Unterschiede der Teams ZRP und LM hinsichtlich Termin- und Ablaufplanung zusammen.

[219] vgl. *Protokoll Nr. 3*, S. 3.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

Tabelle 6.1: Unterschiede hinsichtlich Termin- und Ablaufplanung

	Team ZRP	Team LM
Grundlage für die Erstellung von Termin- und Ablaufplanung (Unterlagen)	Vertragsunterlagen (z. B. Vertragsterminplan, Baubeschreibung, Planunterlagen) Konzepte aus Angebotsphase (Baugrubenarbeiten, Bauablauf, Montage von Fertigteilen) Angebotsterminplan Ressourcenplan aus Angebotsphase	Vertragsunterlagen (z. B. Vertragsterminplan, Baubeschreibung, Planunterlagen) Angebotsterminplan
Betrachtete Zeitspanne	Arbeitsbauzeitplan: Baubeginn bis Bauende	Gesamtprozessanalyse: Baubeginn bis Bauende Ungetatakteter Meilenstein- und Phasenplan: 4 bis 6 Monate Getakteter Meilenstein- und Phasenplan: Baubeginn bis Bauende
Ausführungsabschnitte mit hohem Detaillierungsgrad	Baugrube Rohbau	Gebäudehülle TGA Innenausbau Außenanlagen
Grundlage für Dauerermittlung	Aufwands- und Leistungswerte Pauschale Annahmen	Angaben der Last-Planner-Team-Mitglieder
Richtung der Ablaufplanung	Chronologisch – beginnend mit erstem Ausführungsabschnitt (z. B. Baugrubenarbeiten) bis hin zur Fertigstellung (vorwärts)	Antichronologisch – Rückwärts vom letzten Arbeitspaket (z. B. Endreinigung) bis zum ersten Arbeitspaket
Bereiche, in denen Taktplanung angewendet wird	Rohbau (Regelgeschosse)	Rohbau, Innenausbau und nachfolgende Gewerke
Hauptbeteiligte	Gruppen-, Projekt- und Bauleitung, Polier (wenn zum Zeitpunkt bekannt), Team BKP, Team LLC	Gruppen-, Projekt- und Bauleitung, Polier, Nachunternehmer, Bauherrenvertreter, Planungsvertreter

6.1.2 Ressourcenplanung

Die Ressourcenplanung wird im Team ZRP insbesondere für Rohbauarbeiten und – abhängig vom Bauvorhaben – auch für Baugrubenarbeiten durchgeführt. Grundsätzlich kann die Ressourcenplanung für alle Ausführungsabschnitte, in denen die Mengen von Bau- und Bauhilfsstoffen sowie

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

die Aufwands- bzw. Leistungswerte bekannt sind, angewandt werden (siehe Abschnitt 3.2.1). Anhand der zu verarbeitenden Mengen (Bau- und Bauhilfsstoffe) werden mittels der Aufwands- und Leistungswerte die erforderlichen Mannstunden sowie die Anzahl jeweiliger Großgeräte (z. B. Bagger) ermittelt. Unter Berücksichtigung der Arbeitszeit wird daraufhin der Arbeitskräftebedarf abgeleitet. Weiterhin wird die Anzahl notwendiger Krane und Lkws (z. B. für den Abtransport von Erdaushub) bestimmt. Arbeitsbauzeit- und Ressourcenpläne werden hinsichtlich der Rohbauarbeiten anhand der Krankapazität überprüft und bei Bedarf optimiert (siehe Abschnitt 3.2.1 und 3.4). Kapazitätsüberlastungen und -reserven werden in einem Ressourcenplan deutlich und frühzeitig aufgezeigt. Des Weiteren kann anhand der Lkw-Anzahl die Dimensionierung von Be- und Entladeplätzen sowie Zufahrtstraßen überprüft werden. Zudem kann mittels der in einem Zeitraum (z. B. monatlich) zu verarbeitenden Mengen von (Bau- und Bauhilfsstoffe) die Dimensionierung von Lagerflächen überprüft werden. Die Ressourcenplanung unterstützt außerdem Gruppen-, Projekt- und Bauleitung bei der Disposition von Personal, Gerätschaften sowie Material (siehe Abschnitt 3.4). Im Gegensatz zum Team ZRP werden bei der Ressourcenplanung im Team LM die Ausführungsabschnitte Gebäudehülle, TGA, Innenausbau sowie Außenanlagen betrachtet. Die Grundlage der Ressourcenplanung im Team LM bildet der MPP (siehe Abschnitt 5.1.1). Dieser bündelt alle Informationen, welche zuvor gemeinschaftlich in Lean-Workshops erstellt wurden. Im Gegensatz zur konventionellen Ressourcenplanung wird im Team LM gegenwärtig ausschließlich die Anzahl von Arbeitskräften betrachtet. Der MPP bildet die wöchentlichen Arbeitspakete für die Herstellung von Gebäudehülle, TGA, Innenausbau sowie Außenanlagen ab. Die aus der Ressourcenplanung hervorgehende Ganglinie, welche in Abbildung 5.11 dargestellt ist, visualisiert die wöchentliche Anzahl der Arbeitskräfte sowie der erforderlichen Mannstunden. Mithilfe dieser Ganglinie kann ein Vergleich der geplanten und geleisteten Arbeitsstunden aufgestellt werden. Ferner besteht die Möglichkeit, die zugesagten Aufwands- und Leistungswerte der Nachunternehmer zu kontrollieren. Durch die separierte Betrachtung der Gewerke bzw. der Gewerkezüge kann die Ablaufplanung im Hinblick auf die Umsetzung des Flow-Prinzips (siehe Abschnitt 4.1.2) überprüft werden. In Tabelle 6.2 sind die wesentlichen Unterschiede zwischen Team ZRP und Team LM hinsichtlich der Ressourcenplanung dargestellt.

6.1.3 Wochenplanung

Bei konventionell abzuwickelnden Bauvorhaben erfolgt die Wochenplanung für gewöhnlich durch die für die Ausführung verantwortlichen Personen (Bauleitung und Polier). Bei umfangreichen Bauvorhaben können diese durch einen Bauzeitplaner (Team ZRP) unterstützt werden. Hierbei werden die jeweils in den nächsten ein bis drei Wochen bevorstehende Tätigkeiten detailliert geplant. Bei umfangreichen Bauvorhaben kann auch eine Planung der kommenden sechs Wochen gefordert sein. Die bevorstehenden Tätigkeiten werden dem Arbeitsbauzeitplan sowie, falls vorhanden, einem vorherigem Wochenprogramm entnommen und einzelnen Arbeitstagen zugeordnet. Verantwortlichkeiten und Ressourcen (z. B. Anzahl von Arbeitskräften) werden hierbei den einzelnen Tätigkeiten zugeteilt. Die mit der Bauleitung abgestimmte Wochenplanung wird in einem Wochenprogramm in Listenform und bei Bedarf zusätzlich in einem Balkenplan dargestellt (siehe Abschnitt 3.5).

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU WIEN Bibliothek Your knowledge hub

Die Erstellung der Wochenplanung mit Lean-Ansätzen erfolgt in Wochenvorschau-Workshops sowie PEP-Besprechungen (siehe Abschnitt 5.1.1). Der Zeithorizont beträgt hierbei vier bis sechs Wochen. Grundlage für die Wochenplanung ist der MPP. Die Planung der kommenden Wochen wird auf Tagesbasis und gewerkeübergreifend durchgeführt (siehe Abschnitt 5.1.2). Die aus dem MPP isolierten Wochen spiegeln die Arbeitspakete wider, welche zuvor mithilfe des Pull- und Flow-Prinzips erarbeitet wurden. Im Gegensatz zur konventionellen Wochenplanung, in welcher die Wochenplanung von zentralen Personen auf die Nachunternehmer delegiert werden, wird im Last-Planner-Team die Wochenplanung gemeinschaftlich erarbeitet und abgestimmt. Um die gesetzten Ziele erreichen zu können, werden Aufgaben (z. B. Bemusterungsfreigabe durch Auftraggeber) definiert, die einen reibungslosen Ablauf gewährleisten. Diese werden auf einer Aktionsmatrix (siehe Abbildung 5.15) festgehalten. Um ein Bewusstsein für gegenwärtige Risiken des Bauvorhabens zu entwickeln und die Beteiligten dafür zu sensibilisieren, werden risikoreiche Arbeitspakete auf der Risikomatrix (siehe Abbildung 5.16) zusätzlich hervorgehoben. Der Fokus der Wochenplanung im Team LM liegt auf der kommenden Arbeitswoche. Die weiteren Wochen dienen als Orientierungshilfe für die jeweils aktuell bereits zu erbringenden Vorleistungen für die späteren Arbeiten. In Tabelle 6.3 sind die wesentlichen Unterschiede im Rahmen der Wochenplanung hervorgehoben.

6.1.4 Bauablaufstörungen

Während der Ressourcenplanung können Ausführungsabschnitte, in denen mit Kapazitätsengpässen (z. B. in Form einer zu geringen Anzahl der an sich erforderlichen Arbeitskräfte) zu rechnen ist, frühzeitig vom Team ZRP identifiziert werden (siehe Abschnitt 3.6). Hierbei sind Ausführungsabschnitte, in denen der Ressourcenbedarf (Mannstunden) die Kapazitätsgrenze (Krankapazität) überschreitet bzw. die Kapazitätsgrenze für einen längeren Zeitraum tangiert, besonders zu berücksichtigen. Mit fortschreitender Ausführung wird der Arbeitsbauzeitplan in Bezug auf die tatsächliche Ausführungszeit aktualisiert. Bei umfangreichen Bauvorhaben kann dies auch auf Wunsch der Gruppen-, Projekt- und Bauleitung durch das Team ZRP erfolgen (siehe Abschnitt 3.6). Während der Aktualisierung werden Soll- und Ist-Ausführungszeiten miteinander verglichen. Hierbei weisen erhebliche Abweichungen (siehe Abschnitt 2.5) auf gestörte Bauabläufe hin. Nach Analyse der Ursachen sind geeignete Gegensteuerungsmaßahmen (siehe Abschnitt 2.5.2) durch die Bauleitung einzuleiten. Um zu prüfen, ob sich die eingeleiteten Maßnahmen erfolgreich auf den weiteren Verlauf der Ausführung auswirken, ist das Intervall für Soll- und Ist-Vergleiche zu verkürzen. Auswirkungen von Störungen und Gegensteuerungsmaßnahmen (z. B. Erhöhung der täglichen Arbeitszeit) werden deutlich in aktualisierten Arbeitsbauzeitplänen (Auswirkungen auf Ausführungszeit) und Ressourcenplänen (Auswirkungen auf Ressourcen) dargestellt (siehe Abschnitt 3.2.2). Bei gestörten Bauabläufen, deren Ursache nicht in der Sphäre der PORR liegt, unterstützen aktualisierte Arbeitsbauzeit- und Ressourcenpläne die Abteilung Bauwirtschaft bei Forderungsaufstellung hinsichtlich der Mehrkosten. Die Bauablaufstörungen werden vom Last-Planner-Team auch in PEP-Besprechungen (siehe Abschnitt 5.1.1) frühzeitig erkannt. In diesen wöchentlichen Besprechungen wird die Planung der vorherigen Woche auf deren Einhaltung überprüft. Es werden nicht nur die Abweichung der Ausführungszeit, sondern auch

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

deren Gründe festgehalten. Anschließend wird die nächste Arbeitswoche auf Basis der Wochenvorschautafeln neu geplant. Hierbei wird im Last-Planner-Team versucht nicht eingehaltene Arbeitspakete erneut einzuplanen und zu egalisieren. Aufgrund der Betrachtungsdauer von vier bis sechs Wochen können Verschiebungen von Meilensteinen frühzeitig erkannt werden. Der Betrachtungszeitraum jeder PEP-Besprechung verschiebt sich mit dem Fortschreiten der Ausführung um die jeweilige Arbeitswoche. Im Rahmen von PEP-Besprechungen werden nicht nur Wochenvorschautafeln, sondern auch MPP aktualisiert. Außerdem werden geplante Aktionen und Risiken erneut eingestuft und bei Bedarf ergänzt. In Abschnitt 5.1 sind wesentliche Unterschiede hinsichtlich des Erkennens und des Umgangs mit Bauablaufstörungen veranschaulicht. Durch die Einbeziehung aller Projektbeteiligten (Last-Planner-Team) wird bei der Erstellung von GPA, GSQ, MPP sowie der Wochenvorschauplanung das Erreichen einen störungsfreien Bauablaufs angestrebt. Hierzu sind in Tabelle 6.4 die wesentlichen Unterschiede hervorgehoben.

Tabelle 6.2: Unterschiede hinsichtlich Ressourcenplanung

	Team ZRP	Team LM
Ausführungsabschnitte, für die Ressourcen geplant werden	Baugrube Rohbau	Innenausbau Gebäudehülle Außenanlagen
Berücksichtigte Ressourcenarten	Bau- und Ausbaustoffmengen (Bewehrung, Beton und Erdaushub) Bauhilfsstoffmengen (Schalung) Personal (Mannstunden, Anzahl der Arbeitskräfte) Großgeräte (z. B. Krane) Lkw	Personal (Mannstunden, Anzahl der Arbeitskräfte)
Grundlagen der Ressourcenplanung	Abgeleitete Mengen (Bau- und Bauhilfsstoffe) aus LV, Plan unterlagen oder 3D-Modellen Aufwands- und Leistungswerte Arbeitszeit	Anzahl der Arbeitskräfte aus Meilenstein- und Phasenplan
Detaillierungsgrad	Monat / Woche / Tag	Woche
Einsatzbereiche der Ressourcenplanung	Überprüfung auf Überlastungen und Reserven in der Termin- und Ablaufplanung Überprüfung der Dimensionierung von Zufahrtsstraßen, Ladezonen und Lagerflächen Unterstützung bei Disposition von Personal, Geräten und Materialien	Plausibilisierung der Zusagen der Nachunternehmer (Soll-Ist-Vergleich) Überprüfung der Einhaltung des Flow-Prinzips

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU WIEN Bibliothek Your knowledge hub

Tabelle 6.3: Unterschiede hinsichtlich Wochenplanung

	Team ZRP	Team LM
Ersteller der Wochenplanung	Bauleitung und Polier bzw. Bauzeitplaner	Last-Planner-Team
Zeithorizont der Wochenplanung	i. d. R. 1 bis 3 Wochen (bei Bedarf auch 6 Wochen)	4 bis 6 Wochen
Grundlagen der Wochenplanung	Arbeitsbauzeitplan bzw. Wochenprogramm (vorheriges)	Meilenstein- und Phasenplan bzw. Wochenprogramm (vorheriges)
Detaillierungsgrad	Tag	Tag
Inhalte der Wochenplanung	Bevorstehende Tätigkeiten Verantwortlichkeiten (z. B. Nachunternehmer) Anzahl von Arbeitskräften Anzahl und Art von Großgeräten	Bevorstehende Tätigkeiten Benötigte Aufgaben (Aktionsmatrix) Aktuelle Risiken (Risikomatrix) Detaillierte Darstellung der Verantwortlichkeiten (z. B. Nachunternehmer)
Darstellungsform des Wochenprogramms	Liste Balkenplan	Wochenvorschautafeln Aktionsplan Risikomatrix

6.1.5 Zusammenfassung

Das Team ZRP erstellt zu Beginn der Ausführungsphase unabhängig davon, ob ein Bauvorhaben mit Lean-Methoden abgewickelt wird oder nicht, Baugruben-, Bauablauf- und Montagekonzepte für Fertigteile sowie Arbeitsbauzeit- und Ressourcenpläne. Im Rahmen der Arbeitsvorbereitung betrachtet das Team ZRP alle Ausführungsabschnitte und konzentriert sich dabei insbesondere auf Baugruben- und Rohbauarbeiten. Das Team LM betrachtet hingegen insbesondere die Ausführungsabschnitte nach Fertigstellung des Rohbaus (Gebäudehülle, TGA, Innenausbau etc.) genauer. Derzeit werden vom Team LM die vom Team ZRP zuvor erstellten Unterlagen (Arbeitsbauzeitplan etc.) bei der Planung des Ablaufs und dessen Terminierung nicht berücksichtigt. Das Team LM orientiert sich ausschließlich an den Angaben in Angebots- und Vertragsterminplänen, insbesondere an den darin festgehalten Meilensteinen.

Zukünftig sind Mehrwerte zu erwarten, wenn sämtliche vom Team ZRP zuvor erstellten Unterlagen (Konzepte, Arbeitsbauzeit- und Ressourcenpläne) bei der Arbeitsvorbereitung des Team LM berücksichtig werden. Hierbei würde nicht nur die Verschwendung von Arbeitsleistung (Grundsatz Lean Thinking) eliminiert, sondern es würden auch die Stärken der beiden Teams (unterschiedliche Detaillierung bei Termin- und Ablaufplanung von Ausführungsabschnitten) gebündelt werden. Bei Berücksichtigung der vom Team ZRP zuvor getroffenen Überlegungen zur Herstellung eines Bauwerks kann zukünftig bei Erstellung von GSQ und MPP Zeit gewonnen werden. Die

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU WIEN Bibliothek Your knowledge hub

vom Team ZRP erstellten Dokumente sollen dabei nicht als Vorgabe verstanden werden, sondern vielmehr das Team LM sowie das Last-Planner-Team bei der Planung unterstützen. Weiterhin gewinnt das Last-Planner-Team indirekt weitere Mitglieder (z. B. Bauzeitplaner), die mit ihrem Fachwissen zur Planung beitragen können. Außerdem können vom Last-Planner-Team die vom Team ZRP erstellten Arbeitsbauzeit- und Ressourcenpläne hinsichtlich unrealistischer Annahmen (z. B. angenommene Zeiträume für Nachunternehmerleistungen) überprüft werden. Eine einheitliche Dokumentation der Ausführungszeit (aktualisierter Arbeitsbauzeitplan) wäre zukünftig auch bei Ausführungsabschnitten, die mit Lean-Ansätzen abgewickelt werden, gewährleistet. Außerdem wird erwartet, dass durch das dynamische Zusammenwirken der Beteiligten (z. B. Last-Planner-Team) Bauabläufe möglichst ungestört verlaufen.

Das Bestreben für eine Zusammenarbeit beider Teams ist bereits vorhanden und soll zeitnah durch einen gemeinsamen Abwicklungsprozess verwirklicht werden. Für die PORR ist hierbei zukünftig ein signifikanter Mehrwert bei der Abwicklung von Bauprojekten zu erwarten. Ein potenzieller gemeinsamer Abwicklungsprozess wird im folgenden Abschnitt beschrieben.

Tabelle 6.4: Unterschiede im Umgang mit Bauablaufstörungen

	Team ZRP	Team LM
Erkennungsmöglichkeiten von Bauablaufstörungen	Soll-Ist-Vergleich (erhebliche Abweichungen in der Ausführungszeit) Nichteinhaltung von Wochenprogrammen Ressourcenauswertung (Kapazitätsüberlastungen)	Nichteinhaltung von Wochenprogrammen Aktualisierung der Wochentafeln Kontrolle des MPP
Intervall für Kontrolle des Bauablaufs	monatlich / wöchentlich Intervallverkürzung bei eingeleiteten Gegensteuerungsmaßnahmen	wöchentlich / halbwöchentlich
Einleitung von Gegensteuerungsmaßnahmen durch	Bauleitung	Last-Planner-Team
Darstellung der Auswirkungen	Arbeitsbauzeitplan: Auswirkungen hinsichtlich Ausführungsdauer Ressourcenplan: Auswirkungen hinsichtlich Ressourceneinsatz	Wochenvorschau-Tafeln: Auswirkungen hinsichtlich Ausführungsdauer

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU WIEN Bibliothek Your knowledge hub

6.2 Zusammenführung

In diesem Abschnitt werden konventionelle und Lean-Ansätze zusammengeführt. Bisher gab es nur wenige Projektabwicklungen (z. B. BMW München Freimann[220]), in denen beide Ansätze angewendet wurden. Daher gab es bisher nur eine geringe Anzahl von Überschneidungen zwischen den Teams ZRP und LM. Es besteht seitens der PORR Design and Engineering GmbH das Interesse zukünftig eine Vorbereitung und Abwicklung von Bauvorhaben unter Anwendung beider Ansätze anzubieten. Dieser Abschnitt beinhaltet mit der Entwicklung eines standardisierten gemeinsamen Prozessablaufs, der das Know-how beider Teams vereint, den Schwerpunkt dieser Arbeit. Die Entscheidung, ob ein Bauvorhaben in der Ausführungsphase mittels Lean-Ansätzen vorbereitet und umgesetzt wird, trifft die Gruppen-, Projekt- und Bauleitung (PORR Bau GmbH). Die Zusammenführung von konventionellen und Lean-Ansätzen in einem gemeinsamen Abwicklungsprozess steht unter der Prämisse, dass das Team LM zukünftig unaufgefordert für die Vorbereitung und Abwicklung eines Bauprojekts mittels Lean-Ansätzen anbietet. Diese Annahme beschränkt sich auf die Ausführung von Generalunternehmer-Projekten (Hochbau), deren Angebotssumme 20 Mio. Euro überschreitet. Der gemeinsame Abwicklungsprozess wurde in einem Workshop mit Experten aus den Teams ZRP und LM entwickelt. Hierbei wurden neben notwendigen Prozessschritten auch deren Reihenfolge ermittelt. Außerdem wurden Schnittstellen sowie erforderliche In- und Outputs (z. B. Dokumente) der jeweiligen Prozessschritte bestimmt. Im Rahmen dieser Arbeit werden jeweils nur die für die Prozesserstellung relevante Arbeitsschritte der Teams ZRP und LM betrachtet. Dabei werden, um den Rahmen dieser wissenschaftlichen Arbeit nicht zu sprengen, nur Schnittstellen zwischen den Teams ZRP und LM sowie der Gruppen-, Projekt- und Bauleitung aufgezeigt. Demzufolge werden beispielsweise notwendige Überarbeitungen von Baustelleneinrichtungsplänen im Prozessdiagramm nicht dargestellt. Zudem wird zwischen den jeweiligen Rollen innerhalb eines Teams aus Vereinfachungsgründen nicht differenziert. Diese Differenzierung wurde bereits in den Kapiteln 3 und 5 beschrieben. So werden beispielsweise die Funktionen der Teamleitung ZRP und des Bauzeitplaners im nachfolgenden Prozess allgemein als Team ZRP zusammengefasst. Die einzelnen Prozessschritte werden im Folgenden beschrieben. Die Darstellung des gemeinsamen Abwicklungsprozesses als Prozessdiagramm erfolgt im technischen Bericht von Pippert und Steinhofer[221].

1) Erstellung Angebotstermin- und Ressourcenplan sowie Konzepte

Der gemeinsame Abwicklungsprozess beginnt in der Angebotsphase. Im Rahmen der Angebotsbearbeitung erstellt das Team ZRP Baugruben-, Bauablauf- und Montagekonzepte für Fertigteile sowie Angebotstermin- und Ressourcenpläne (siehe Abschnitt 3.3.1). Zukünftig übermittelt das Team ZRP bei Generalunternehmer-Projekten (Hochbau), deren Angebotssumme 20 Mio. Euro übersteigen, die erstellten Unterlagen zusätzlich auch an das Team LM.

[220] vgl. PORR AG: *https://porr-group.com/projekte/bmw-muenchen-freimann.* Zugriff am 29.11.2019.
[221] D. Pippert; S. Steinhofer: *Technischer Bericht zur Prozessanalyse.* S. 11.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek WIEN Your knowledge hub

2) Erstellung Lean-Angebot (Kostenaufstellung)

Im nächsten Schritt erstellt das Team LM für die Gruppen-, Projekt- und Bauleitung ein Angebot (Lean-Angebot) für eine Projektvorbereitung und -abwicklung mittels Lean-Ansätzen (Lean-Abwicklung) in der Ausführungsphase. Die Angebotserstellung für eine Lean-Abwicklung ist abhängig von der Projektart (z. B. Bürogebäude, Hotel, Schule etc.) und dem Umfang sowie diverser Randbedingungen (z. B. Örtlichkeit, Betreuungsaufwand, Reiseaufwand etc.). Die Angebotserstellung erfolgt auf Grundlage der Ausschreibungsunterlagen (z. B. Leistungsbeschreibung, LV und Planunterlagen), den zuvor vom Team ZRP erstellen Unterlagen (z. B. Bauablaufkonzepte und Angebotsterminplan) sowie der Baustelleneinrichtungs- und Kranplanung. Es werden folgende Leistungspakete angeboten:

- Lean-Arbeitsvorbereitung (z. B. Implementierung, Erstellung von GPA, GSQ und MPP)
- Lean-Arbeitsvorbereitung sowie Betreuung (z. B. PEP-Besprechungen)

Als Grundlage für die Angebotserstellung sind im Team LM bestimmte Verrechnungssätze hinterlegt. Das Lean-Angebot wird an die Gruppen-, Projekt- und Bauleitung übermittelt. So erhalten diese eine Kostenübersicht, welche sie im Budget berücksichtigen können. Die Gruppen-, Projekt- und Bauleitung kann sich für eines der beiden Leistungspakete entscheiden. Wird von der Gruppen-, Projekt- und Bauleitung lediglich die Lean-Arbeitsvorbereitung als Leistungserbringung in Anspruch genommen, ist eine spätere Betreuung während der Ausführung (z. B. PEP-Besprechungen) durch diese selbst zu organisieren. Lehnt die Gruppen-, Projekt- und Bauleitung das Lean-Angebot gänzlich ab, endet der gemeinsame Abwicklungsprozess an dieser Stelle und die weitere Vorbereitung und Abwicklung wird folglich konventionell und ohne die Begleitung des Teams LM erfolgen (siehe Abschnitt 3.3.1).

3) Startgespräch

Nachdem das Angebot vom Auftraggeber angenommen wurde und die PORR den Auftrag für die Herstellung eines Bauwerks erhalten hat, wird ein Startgespräch geführt. Dieses Startgespräch wird von der Gruppen-, Projekt- und Bauleitung initiiert. Zu den Teilnehmern zählen neben dem Team ZRP (Teamleitung und Bauzeitplaner) das Team LM (Teamleitung und Lean-Manager) sowie diejenigen Mitglieder des Last-Planner-Teams, die zu diesem Zeitpunkt in die Projektbearbeitung involviert sind (z. B. Planer). Ein Großteil des Last-Planner-Teams (z. B. Nachunternehmer) fehlt aufgrund noch nicht erfolgter Beauftragung zu diesem Zeitpunkt noch. Während des Startgesprächs werden Abweichungen zur Angebotsphase und der geplante Bauablauf aufgezeigt. In der Angebotsphase werden insbesondere die Abläufe der Rohbauarbeiten sehr detailliert vom Team ZRP geplant und mit Gruppen-, Projekt- und Bauleitung, Statikern etc. abgestimmt (siehe Abschnitt 3.3.1). Außerdem handelt es sich hierbei um zeitnahe Ausführungsabschnitte. Gravierende Änderungswünsche (z. B. vom Last-Planner-Team) hinsichtlich der Abläufe der Rohbauarbeiten können aufgrund des erheblichen zeitlichen Arbeitsaufwands, der durch die Überarbeitung und Abstimmung des Bauablaufs (z. B. Betonierabschnitte und Arbeitsfugen) entstehen würde, nicht oder nur gering berücksichtigt werden.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

Änderungswünsche hinsichtlich des Ablaufs nachfolgender Ausführungsabschnitte können hingegen im Startgespräch berücksichtigt werden. Weiterhin werden Aufgaben und Ziele hinsichtlich der Erstellung von Arbeitsbauzeit- und Ressourcenplan festgelegt (siehe Abschnitt 3.2.2). Auch die Aufgaben und Ziele des Teams LM werden im Hinblick auf die weitere Vorgehensweise (z. B. Lean-Implementierung) besprochen. Hierbei konkretisiert das Team LM Termine bzw. Zeiträume, in denen die bevorstehende Lean-Implementierungsphase (Schulung und Simulation) sowie notwendige Workshops (Gewerkesequenz, Meilenstein- und Phasenplan) durchgeführt werden sollen. Des Weiteren werden für die spätere Lean-Betreuung erforderliche administrative (Baustellenorganisation, Big-Room etc.) und organisatorische Einzelheiten (Besprechungsintervalle, Teilnehmer, benötige Utensilien etc.) geregelt. Zur Ermöglichung einer einfacheren Verständigung wird eine einheitliche Nummerierung oder Bezeichnung von Meilensteinen festgelegt. Bei späteren Änderungen von Meilensteinen (z. B. infolge von Bauablaufstörungen) können diese unmissverständlich an das jeweils andere Team kommuniziert werden. Beispielsweise kann das Team ZRP in einem aktualisierten MPP verschobene Meilensteine leichter herauslesen. Ferner wird festgelegt, ob die Speicherung der projektbezogenen Daten weiterhin mit SharePoint erfolgt oder ob auf andere Lösungen zurückgegriffen wird (z. B. OneDrive). Die Vertragsunterlagen werden von der Gruppen-, Projekt- und Bauleitung an alle Teilnehmer übergeben. Abschließend wird ein vom Team LM erstelltes Protokoll an alle Teilnehmer per Mail versendet.

4) Arbeitsbauzeit- und Ressourcenplan erstellen

Nachdem die zur Verfügung stehenden Vertragsunterlagen vom Team ZRP analysiert wurden, erstellen diese den Arbeitsbauzeit- und Ressourcenplan (siehe Abschnitt 3.3.1). Vorab werden die Konzepte zum Bauablauf der Baugruben- und Rohbauarbeiten hinsichtlich Änderungen im Vergleich zur Angebotsphase vom Team ZRP überarbeitet. Für die Erstellung des Arbeitsbauzeitplans werden die Inhalte des Angebotsterminplans durch neue Erkenntnisse und Abweichungen angepasst. Hierbei sind die im Startgespräch abgestimmte Festlegungen (z. B. einheitliche Nummerierung bzw. Bezeichnung von Meilensteinen) zu berücksichtigen. Zudem werden Termine und Zeiträume für Lean-Implementierungsphasen (Schulung und Simulation) und Workshops (GSQ und MPP) im Arbeitsbauzeitplan als Meilensteine oder eigene Vorgänge ergänzt. Außerdem aktualisiert das Team ZRP die Ressourcenauswertung hinsichtlich der Baugruben- und Rohbauarbeiten (siehe Abschnitt 3.3.1). Die überarbeiteten Unterlagen (Arbeitsbauzeit- und Ressourcenplan, Konzepte) werden nachfolgend an diese übermittelt (z. B. via SharePoint oder OneDrive).

5) Lean-Implementierung (Schulung, Simulation etc.)

Um ein gemeinsames Verständnis für die Ansätze und Methoden des Lean Managements zu generieren, wird parallel zum vierten Prozessschritt eine Lean-Implementierung durchführt (siehe Abschnitt 5.1.1). In dieser wird nicht nur dem Baustellenteam, sondern auch Nachunternehmern und Bauherrenvertretern die Vorteile dieser Management-Methode aufgezeigt. In

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

den Schulungen werden den Teilnehmern Lean-Management-Methoden vermittelt, um diese in späterer Folge auf der Baustelle anzuwenden.

6) Gewerkesequenz-Workshop (Baugrube und Rohbau)

In diesem Workshop ist es das Ziel, die optimale Baureihenfolge (Gewerkesequenzen und Gewerkezüge) der Rohbauarbeiten zu erarbeiten (siehe Abschnitt 5.1.1). Ist die Herstellung der Baugrube ebenfalls vertraglich zwischen Auftraggeber und PORR vereinbart, werden deren Abläufe ebenfalls untersucht. Die Rohbauarbeiten werden i. d. R. von dem Unternehmen PORR in Eigenleistung durchgeführt. Die Leistungserbringung nachfolgender Abschnitte (Gebäudehülle, TGA, Innenausbau etc.) wird für gewöhnlich durch Nachunternehmer erbracht. Da zu diesem Zeitpunkt ein Großteil der Nachunternehmer noch nicht beauftragt ist, werden die Abläufe nachfolgender Ausführungsabschnitte (Gebäudehülle, TGA, Innenausbau etc.) erst in einem späteren Workshop geplant. Grundlage für diesen Workshop sind neben den Vertragsunterlagen die vom Team ZRP zuvor erstellten Unterlagen (Baugrubenkonzept, Bauablaufkonzept inkl. Anordnung der Arbeitsfugen, Arbeitsbauzeit- und Ressourcenplan). Diese sollen das Team LM, die Gruppen-, Projekt- und Bauleitung und das Last-Planner-Team (Poliere, Vorarbeiter, Planer etc.) bei der Durchführung des Gewerkesequenz-Workshops (siehe Abschnitt 5.1.1) unterstützen. Hierbei orientierteren sich die Teilnehmer insbesondere an der geplanten Anordnung von Betonierabschnitten. Unter Berücksichtigung fixierter Arbeitsfugen wird beispielsweise die Reihenfolge von Betonierabschnitten untersucht und bei Bedarf optimiert. Auch die Abläufe innerhalb der Betonierabschnitte werden untersucht und bei Notwendigkeit korrigiert. Außerdem sind hierbei die vom Planer angefertigten Bewehrungs- und Schalungspläne zu berücksichtigen. Während des Workshops werden vor allem die vom Team ZRP festgelegten Ausführungszeiten hinterfragt (z. B. durch Polier) und bei Bedarf korrigiert. Daneben gilt es Schnittstellen (z. B. Übergaben) zu ermitteln. Beispielsweise kann die Ausführungszeit von Vorgängen dadurch verkürzt werden, dass die im Workshop aufgedeckten Pufferzeiten berücksichtigt werden. Durch ein pufferfreies Planen sollen Unterbrechungen möglichst vermieden werden. Das Team ZRP nimmt an diesem Workshop teil, um etwa bei der Hinterfragung zuvor festgelegter Abläufe und Ausführungszeiten mögliche Gründe zu erläutern.

7) Meilenstein- und Phasenplan-Workshop (Baugrube und Rohbau)

Neben Gruppen-, Projekt- und Bauleitung, Team LM und Last-Planner-Team nimmt auch das Team ZRP am Meilenstein- und Phasenplan-Workshop (MPP-Workshop) teil. Hierbei werden alle zuvor gesammelten Informationen gebündelt (siehe Abschnitt 5.1.2). Weiterhin werden unter Berücksichtigung der Vertragsunterlagen (z. B. Vertragsterminplan) sowie der Ergebnisse des Gewerkesequenz-Workshops (Baugrube und Rohbau) u. a. die Gewerkezüge mit den Meilensteinen zusammengeführt und terminiert. Es entsteht eine detaillierte Planung der Arbeitsabläufe auf Wochenbasis. Der ausgearbeitete MPP wird sodann vom Team LM an die übrigen Teilnehmer übermittelt.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU WIEN Bibliothek Your knowledge hub

8) Überarbeitung Arbeitsbauzeit- und Ressourcenplan (Baugrube und Rohbau)

Das Team ZRP überarbeitet den Arbeitsbauzeit- und Ressourcenplan hinsichtlich Baugruben- und Rohbauarbeiten. Grundlage hierfür sind die Festlegungen aus den vorherigen Gewerkesequenz- und MPP-Workshop. Im Arbeitsbauzeitplan werden die neu definierten Meilensteine eingearbeitet. Bei Änderung bestehender Meilensteine werden diese angepasst. Ferner werden neu definierte Vorgänge, deren Vorgangsdauer und Abhängigkeiten (Vorgänger und Nachfolger) im Arbeitsbauzeitplan ergänzt. Bestehende Vorgänge werden bei Notwendigkeit hinsichtlich ihrer Vorgangsdauer, Abhängigkeit sowie Start- und Endzeitpunkte überarbeitet. Das Team ZRP nimmt des Weiteren auch die Änderungen, welche die Baugruben- und Rohbauarbeiten betreffen, in den Ressourcenplan auf. Dieser Plan unterstützt die Gruppen-, Projekt- und Bauleitung bei der Disposition von Personal, Gerätschaften und Material. Zudem können für den Fall, dass bereits Verzögerungen im Bauablauf aufgetreten sind, diese und deren Auswirkungen im Arbeitsbauzeitplan bzw. Ressourcenplan dargestellt werden. Der Arbeitsbauzeitplan dient bei späteren Aktualisierungen infolge von PEP-Besprechungen als Grundlage für die Soll-Ausführungszeit der Baugruben- und Rohbauarbeiten. Der überarbeitete Arbeitsbauzeitplan wird abschließend zur Freigabe an die Gruppen-, Projekt- und Bauleitung übermittelt. Nach Freigabe werden diese zusätzlich von der Gruppen-, Projekt- und Bauleitung an das Team LM sowie alle weiteren Projektbeteiligten übermittelt.

9) Gewerkesequenz-Workshop (Gebäudehülle, TGA, Innenausbau und Außenanlagen)

Nach Baubeginn und parallel zur Ausführung wird auf Grundlage der vom Team ZRP erstellten Arbeitsbauzeit- und Ressourcenpläne, ein Gewerkesequenz-Workshop für die nachfolgenden Ausführungsabschnitte Gebäudehülle, TGA, Innenausbau und Außenanlagen abgehalten. Hierbei werden von der Gruppen-, Projekt- und Bauleitung, dem Team ZRP und dem Last-Planner-Team (z. B. Nachunternehmer) unter Leitung des Teams LM optimale Baureihenfolgen (Gewerkesequenzen und Gewerkezüge) erarbeitet. Zu diesem Zeitpunkt ist der Großteil der Nachunternehmer beauftragt. Diese können somit einen wesentlichen Anteil an der Planung der durch sie zu erbringenden Leistung, in den jeweiligen Ausführungsabschnitten, beitragen.

10) Meilenstein- und Phasenplan-Workshop (Gebäudehülle, TGA, Innenausbau und Außenanlagen)

Analog zum siebten Prozessschritt, dem Gewerkesequenz-Workshop, werden im Meilenstein- und Phasenplan-Workshop von Gruppen-, Projekt- und Bauleitung, Team LM, Last-Planner-Team und Team ZRP die Abläufe (Gewerkezüge) mit Zeitdaten verknüpft. Hierbei werden die nachfolgenden Ausführungsabschnitte Gebäudehülle, TGA, Innenausbau und Außenanlagen auf Grundlage des Gewerkesequenz-Workshops, des Arbeitsbauzeitplans und der Vertragsunterlagen (z. B. Vertragsterminplan) zeitlich festgelegt. Weiterhin werden vom Team LM unter Berücksichtigung der Angaben der Last-Planner-Team-Mitglieder die notwendige Anzahl von Arbeitskräften für die Herstellung einzelner Gewerke in einem Ressourcenplan festgehalten

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

(siehe Abschnitt 5.1.1). Der ausgearbeitete MPP wird im Anschluss vom Team LM an alle Teilnehmer übermittelt (z. B. via SharePoint).

11) Überarbeitung Arbeitsbauzeitplan (Gebäudehülle, TGA, Innenausbau und Außenanlagen)

Das Team ZRP überarbeitet den Arbeitsbauzeitplan hinsichtlich der Festlegungen aus Gewerkesequenz- und MPP-Workshop. Wie auch beim achten Prozessschritt, dem MPP-Workshop, werden hierbei Meilensteine im Arbeitsbauzeitplan ergänzt und bestehende Meilensteine bei Bedarf angepasst. Ebenso werden Vorgänge, deren Vorgangsdauer und Abhängigkeiten im Arbeitsbauzeitplan hinzugefügt. Vorhandene Vorgänge werden bei Bedarf überarbeitet. Dies geschieht etwa dadurch, dass die Vorgänge der Innenausbauarbeiten entsprechend der zuvor definierten Gewerkezüge im Arbeitsbauzeitplan adaptiert werden. Der Arbeitsbauzeitplan dient bei späteren Aktualisierungen infolge von PEP-Besprechungen als Grundlage für die Soll-Ausführungszeit der nachfolgenden Ausführungsabschnitte. Der überarbeitete Arbeitsbauzeitplan wird nach Freigabe durch Gruppen-, Projekt- und Bauleitung an das Team LM sowie alle weiteren Projektbeteiligten übermittelt.

12) Wochenvorschau-Workshop / PEP-Besprechungen

Ein Wochenvorschau-Workshop (siehe Abschnitt 5.1.2) für Baugruben- und Rohbauarbeiten wird nach dem achten Prozessschritt (Überarbeitung Arbeitsbauzeit- und Ressourcenplan – Baugrube und Rohbau) und noch vor Baubeginn durchgeführt. Ein Wochenvorschau-Workshop für nachfolgende Ausführungsabschnitte (Gebäudehülle, TGA, Innenausbau, Außenanlagen) wird nach dem elften Prozessschritt (Überarbeitung Arbeitsbauzeitplan – Gebäudehülle, TGA, Innenausbau und Außenanlagen) durchgeführt. Diese dienen jeweils als Basis für nachfolgende PEP-Besprechungen (siehe Abschnitt 5.1.2). Hierbei wird u. a. die Ablaufplanung aus dem MPP in einzelne Arbeitsschritte unterteilt und einzelnen bevorstehenden Arbeitstagen zugeteilt. In den Wochenvorschau-Workshops werden jeweils die Arbeitsabläufe der ersten vier bis sechs Wochen detailliert geplant. Nachfolgende PEP-Besprechungen werden je nach Bedarf in wöchentlichen oder halbwöchigen Intervallen abgehalten. Diese werden vom Team LM moderiert und als Evaluation der Produktion sowie Planung der nächsten Wochen verstanden. Neben den tatsächlichen Ausführungszeiten einzelner Arbeitsschritte (Vorgänge) wird der Baufortschritt anhand von eingehaltenen oder nicht eingehaltenen Zusagen festgestellt. Abschließend wird der Ablauf der folgenden Arbeitswoche erneut geplant. Bauablaufstörungen, die während einer PEP-Besprechung identifiziert werden, sollen möglichst ohne notwendige Verschiebung von Meilensteinen durch Einleitung geeigneter Gegensteuerungsmaßnahmen vom Last-Planner-Team behoben werden (siehe Abschnitt 5.1.1). Durch die gemeinsame Zusammenarbeit vor Ort kann das Last-Planner-Team auf Hindernisse und Störungen sehr dynamisch reagieren. Ist eine Verschiebung von Meilensteinen trotz eingeleiteten Gegensteuerungsmaßnahmen unumgänglich, ist nachfolgend der MPP sowie der Ressourcenplan

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU WIEN Bibliothek Your knowledge hub

(Arbeitskräfte) vom Team LM und Last-Planner-Team anzupassen. Tatsächliche Ausführungszeiten, Baufortschritte sowie aktualisierter MPP werden anschließend vom Team LM an das Team ZRP übermittelt.

13) Aktualisierung Arbeitsbauzeit- und Ressourcenplan

Zu einem Stichtag (i. d. R. monatlich) werden vom Team ZRP die tatsächlichen Ausführungszeiten mit den geplanten Ausführungszeiten verglichen (Soll-Ist-Vergleich). Die tatsächlichen Ausführungszeiten ergeben sich aus den PEP-Besprechungen sowie aus dem aktualisierten MPP. Bei gravierenden Abweichungen, z. B. infolge von Bauablaufstörungen, wird der Arbeitsbauzeitplan vom Team ZRP aktualisiert. Hierbei werden definierte Meilensteine (z. B. Fertigstellung) neu datiert und betroffene Vorgänge terminlich angepasst. Zudem werden erhebliche Auswirkungen, die den Ressourceneinsatz (Personal, Bau- und Bauhilfsstoffe sowie Großgeräte) für die Rohbauarbeiten betreffen, im Ressourcenplan festgehalten. Um die Auswirkung von eingeleiteten Gegensteuerungsmaßnahmen zu überprüfen, wird das Intervall für den Soll-Ist-Vergleich verkürzt. Soll-Ist-Vergleiche sowie aktualisierte Arbeitsbauzeit- und Ressourcenplänen dienen als Dokumentation des Bauablaufs und unterstützen bei gestörten Bauabläufen die für die Ausführung verantwortlichen Personen bei der Beurteilung und Einleitung von Gegensteuerungsmaßnahmen. Ferner helfen diese der Abteilung Bauwirtschaft bei der Prüfung und Bearbeitung von Mehrkostenforderungen (siehe Abschnitt 3.4). Das Team ZRP übermittelt im Anschluss die aktualisierten Arbeitsbauzeit- und Ressourcenpläne an das Team LM sowie die Gruppen-, Projekt- und Bauleitung. Dieser Prozessschritt wiederholt sich in o. g. Intervall bis das Bauwerk fertiggestellt ist.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

7 Forschungsergebnisse und Ausblick

7.1 Beantwortung der Forschungsfragen

Frage 1: Wie ist die Vorgehensweise bei der Zeit- und Ressourcenplanung, der Wochenplanung und dem Umgang mit Bauablaufstörungen? (David Pippert)

Zeitplanung

Im Rahmen der Termin- und Ablaufplanung werden erforderliche Arbeitsschritte (Vorgänge), deren Reihenfolge und ihr Zeitbedarf für die Herstellung eines Bauwerks geplant. Werden diese Abläufe mit Termindaten verknüpft, entsteht ein Terminplan. Bei der Ablaufplanung wird zwischen Grob- und Feinplanung differenziert. Die Grobplanung wird während der Angebotsphase und zu Beginn der Ausführungsphase durchgeführt und beschränkt sich auf die wichtigsten Fertigungsabschnitte. Ein Bauvorhaben wird nach vorheriger Analyse der Ausschreibungsunterlagen unter Berücksichtigung von vorgegebenen Meilensteinen in verschiedene Bauteile oder Bauabschnitte unterteilt. Anschließend wird anhand von Baustoffkennzahlen (z. B. Bewehrungsgrad) eine grobe Mengenermittlung der Hauptbaustoffe durchgeführt. Nachdem ungeeignete Bauverfahren ausgeschlossen wurden, wird mithilfe von Kennzahlen (Aufwands- und Leistungswerte) die Gesamtdauer ermittelt. Zudem wird die Gesamtdauer durch Ressourceneinsatz und Arbeitszeit erheblich beeinflusst. Im Rahmen der Grobplanung sind abschließend Überlegungen für die Baustelleneinrichtung zu treffen. Hierbei werden Beschaffungs-, Produktions- und Entsorgungslogistik unter Berücksichtigung von Grenzen und Möglichkeiten des Ressourceneinsatzes abgewogen.

Nach Auftragserhalt wird auf Grundlage der Grobplanung eine Feinplanung durchgeführt. Hierbei werden einzelne Ausführungsabschnitte hinsichtlich ihrer Abläufe und ihres Zeitbedarfs untersucht. Der Bauablauf wird zusätzlich in Ablaufabschnitte (Vorgänge bzw. Teilvorgänge) zerlegt. Nach erfolgter Detail-Mengenermittlung von Baustoffen werden geeignete Verfahren verglichen und festgelegt. Anhand von Aufwands- und Leistungswerten und unter Berücksichtigung des Ressourceneinsatzes und der Arbeitszeit werden einzelne Vorgangsdauern ermittelt. Die Gesamtdauer wird aus der Summe der einzelnen Vorgangsdauern in Abhängigkeit ihrer Anordnungsbeziehungen abgeleitet. Ferner wird der kritische Weg bestimmt. Die Baustelleneinrichtung und -logistik sind hinsichtlich ihrer Dimensionierung und Leistungsfähigkeit auf die Termin- und Ablaufplanung abzustimmen. Bei Unstimmigkeiten, die im Rahmen der Ablaufkontrolle (Soll-Ist-Vergleiche) festgestellt werden, ist bei Notwendigkeit die Feinplanung zu überarbeiten.

Ressourcenplanung

Der Ressourceneinsatz hat aufgrund einer direkten Abhängigkeit zur Termin- und Ablaufplanung wesentlichen Einfluss auf die Herstelldauer. Bei der Ressourcenplanung werden vorwiegend Arbeitskräfte, Geräte, Baustoffe und Fremdleistungen betrachtet. Die notwendige Anzahl von Arbeitskräften pro Vorgang ist abhängig von Aufwands- und Leistungswerten, Arbeitszeit, Produktionsmenge, Arbeitsraum und Logistik sowie Bauverfahren und Fertigungsablauf. Über die Summe der Arbeitskräfte aller Vorgänge eines bestimmten Zeitraums (z. B. Woche) wird die Gesamtanzahl an Arbeitskräften pro Zeitraum ermittelt. In der Ressourcenplanung werden vorwiegend Vorhalte- und Leistungsgeräte berücksichtigt. Abhängig vom Bauverfahren wird die Anzahl

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek WIEN Your knowledge hub

notwendiger Geräte anhand von Produktionsmengen, Kennzahlen und Leistungswerten bestimmt. Die Einsatzdauer dieser Geräte ist aus der Termin- und Ablaufplanung abzuleiten. Die Mengen von zu verarbeitenden Bau- und Bauhilfsstoffen sind aus LV, Planunterlagen oder 3D-Modellen zu entnehmen. Diese werden in Abhängigkeit zur Termin- und Ablaufplanung in Ressourcenplänen dargestellt. Bei Inanspruchnahme von Fremdleistungen stehen insbesondere die Beauftragung von Nachunternehmern und die Beschaffung von Bau- und Bauhilfsstoffen im Fokus. In Ressourcenplänen werden deren Ausführungszeiträume sowie zu verbrauchende Mengen diverser Baustoffe hinterlegt.

Wochenplanung

Im Rahmen der Wochenplanung werden zeitnahe Ausführungsschritte geplant. Einzelne Arbeitsschritte werden nach aktueller Erkenntnis und unter Berücksichtigung von Abhängigkeiten auf die Arbeitstage der folgenden Woche verteilt. Einzelne Vorgabezeiten werden hierbei mittels Leistungsansätzen und Mengen der zu verarbeitenden Bau- und Bauhilfsstoffe ermittelt.

Bauablaufstörungen

Aufgrund von fehlerhaft geplanten Ressourcen, falsch ermittelten Ausführungsdauern oder falsch gewählten Bauverfahren können Bauablaufstörungen entstehen, deren Ursachen in der Zeit- und Ressourcenplanungen liegen. Identifiziert werden solche Störungen insbesondere bei dem Vergleich von Soll- und Ist-Ausführungszeiten. Durch Umstellung des Bauablaufs oder dessen Beschleunigung können Folgen von Bauablaufstörungen vermindert oder beseitigt werden. Mögliche Gegensteuerungsmaßnahmen sind zuvor auf technische, wirtschaftliche sowie zeitliche Machbarkeit zu untersuchen.

Frage 2: Wie ist die Vorgehensweise bei der Anwendung von Lean-Management-Ansätzen hinsichtlich Zeit- und Ressourcenplanung, Wochenplanung und dem Umgang mit Bauablaufstörungen? (Sebastian Steinhofer)

Zeitplanung

Mithilfe des Last-Planner-Systems (LPS) wird im Lean Management bzw. im Lean Construction Management die Zeit- bzw. die Ablaufplanung verwirklicht. In diesem System wird mit den sogenannten Last-Planner-Besprechungen die Ablaufplanung der Gewerke gemeinschaftlich geplant. Das LPS gliedert sich in fünf Elemente, welche sich in ihrem Detailierungsgrad der Zeitplanung unterscheiden. Im ersten Element des LPS wird der Rahmenterminplan in Abstimmung mit den Bauherren und dessen gewünschten Termin zur Fertigstellung des Bauvorhabens definiert. Dieser Plan spannt den groben zeitlichen Rahmen und die Strategie des Projektes auf. Der hier festgelegte Plan bleibt auf der Genauigkeit eines Meilensteines. Das Hauptaugenmerk der Anstrengungen in dieser Phase ist die relevanten Prozessinhalte und Besonderheiten sowie die Projektbeteiligten, Lieferanten, Transportwege und Materialbedürfnisse zu identifizieren. Des Weiteren werden die kritischen Projektschnittstellen definiert und mit dem Last-Planner-Team abgestimmt. Ein besonderes Augenmerk wird auf parallellaufende Tätigkeiten gelegt.

Im Anschluss daran wird der Phasenplan für das Projekt erstellt. In dieser Phase werden Arbeitspakete erarbeitet, welche zur Erreichung der Meilensteine notwendig sind. Der hier entstandene

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek WIEN Your knowledge hub

Terminplan wird anschließend visualisiert und an den Termintafeln dargestellt. Diese Erarbeitung erfolgt mit allen Last-Planner-Teammitgliedern. Um eine Übersichtlichkeit zu gewährleisten, werden den zuvor definierten Arbeitspaketen eine bestimmte Gewerkefarbe zugewiesen und mit Post-its auf den Termintafeln festgehalten. Es ist die Aufgabe jedes einzelnen Last-Planners, das ihm zugewiesene Gewerk auf diesen Tafeln selbstständig zu fixieren. Diese Planung der Abfolgen bzw. der Tätigkeiten wird mit der Pull-Planung durchgeführt. Dieses System impliziert, dass die Planung vom letzten Arbeitsschritt (z. B. Endreinigung) aus startet. Es werden die benötigten Vorleistungen dieses Gewerks definiert und somit die Arbeitsleistung des Vorgänger-Gewerks bestimmt. Durch die Pull-Planung wird der Fertigungsprozess durch das Bauvorhaben gezogen. Der so entstandene Phasenplan legt die Grundlage für den folgenden Planungsschritt. Anschließend wird in der Vorschauplanung eine detaillierte und taggenaue Planung der in der Phasenplanung bestimmten Phasen und Meilensteinen, durchgeführt. Diese Planung wird wöchentlich in den Last-Planner-Besprechungen aktualisiert und gegebenenfalls angepasst. Die Vorschauplanung unterteilt die zuvor erstellten Arbeitsphasen in weitere Phasen auf und zeigt, was auf Wochenbasis in der Ausführung geschehen wird. Es entsteht somit eine taggenaue Planung der Arbeiten, welche durch alle Prozessbeteiligten geplant und untereinander abgestimmt ist.

Ressourcenplanung

Im Lean Construction Management wird für die Einteilung der Ressourcen das sogenannte Location-Based-Management-System (LBMS) verwendet. Das Herzstück des LBMS ist die Schaffung eines kontinuierlichen Flusses von Aufgaben und Arbeitskräften, welche durch einzelne definierte Flächen (z.B. Taktbereiche, Baulose, Standardraumeinheiten etc.) eines Bauvorhabens fließen sollen. Diese Flächen werden in Location-Breakdown-Strukturen hierarchisch aufgebaut und um die Dauer des jeweiligen Arbeitspaketes, bestehend aus der abzuarbeitenden Menge und der Produktivität der Arbeiter, ergänzt. Dies wird in einem Zeit-Weg-Diagramm dargestellt. Der Grundstein solcher Betrachtungen ist die *Work-Breakdown-Structure* oder auch *Projektstrukturplan* genannt. In der Ressourcenplanung mit Lean-Ansätzen werden einzelne Aufgaben der Gewerke in den jeweiligen Flächen wiederholt. Somit fließen die Tätigkeiten eines jeden Gewerkes durch das Gebäude und bilden einen logischen Zusammenhang. Die Wege des nachfolgenden Gewerkes werden so gewählt, dass sie zeitlich versetzt starten (Taktplanung).

Wochenplanung

In der Wochenplanung im Last-Planner-System wird die Bauabwicklung so eingeplant und durchgesprochen, dass der Ablauf frei von Hindernissen durchgeführt werden kann. In der Wochenplanung, welche direkt auf der Baustelle im installierten Big-Room abhalten werden, wird die Vorschauplanung fortlaufend auf den Projektstand aktualisiert. Um zu gewährleisten, dass die Wochenplanung umgesetzt wird, treffen sich die verantwortlichen Last-Planner der einzelnen Gewerke ca. 15 min vor der Wochenplanung, um ihre Arbeiten untereinander abzustimmen und einzuplanen. Daraus entsteht die Wochenplanung für die kommende Woche, diese wird durch alle Beteiligten abgestimmt und beschlossen.

Bauablaufstörungen

In den PEP-Besprechungen des Last-Planner-Systems, welche in einem wöchentlichen Intervall vor Ort auf der Baustelle abgehalten werden, wird die zuvor geplante Woche analysiert. Sollte in diesen Besprechungen ein Auftreten von Störungen im Ablauf erkennbar sein, so werden im Last-

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek WIEN Your knowledge hub

Planner-Team Maßnahmen eingeleitet, um diese in der kommenden Woche aufzufangen. Sollten die Maßnahmen nicht ausreichen, so werden gemeinschaftlich im Team Gegensteuerungsmaßnahmen definiert, um die Meilensteine fristgerecht zu erreichen. Anschließend wird in diesen PEP-Besprechungen die kommende Woche eingeplant, es werden ebenso die nächsten vier bis sechs Wochen aus der Phasenplanung betrachtet. So ist die frühzeitige Erkennung von zukünftigen Ablaufstörungen möglich. Darüber hinaus werden die eingeleiteten Gegensteuerungsmaßnahmen und deren Auswirkung auf die kommenden Wochen dargestellt.

Frage 3: Wie ist die derzeitige Vorgehensweise bei der Zeit- und Ressourcenplanung, der Wochenplanung und dem Umgang mit Bauablaufstörungen in einem Bauunternehmen und welche Optimierungspotentiale bestehen? (David Pippert)

Zeit- und Ressourcenplanung

In der Angebotsphase wird ein Angebotsterminplan (Grobterminplan) und zu Beginn der Ausführungsphase, im Rahmen der Arbeitsvorbereitung, ein Arbeitsbauzeitplan (Detailterminplan) erstellt. Ergänzend zur Termin- und Ablaufplanung werden erforderliche Ressourcen in Ressourcenplänen dargestellt. Der Fokus bei der Zeit- und Ressourcenplanung liegt insbesondere auf den Rohbauarbeiten, da diese den größten Teil der Ausführungszeit in Anspruch nehmen.

Gegenwärtig wird nach Analyse der Ausschreibungsunterlagen der Zeitaufwand für die Baugrubenarbeiten über Leistungsansätze und Mengen (z. B. Erdaushubmenge) ermittelt. Der Zeitaufwand für die Herstellung des Rohbaus ist abhängig von der BGF. Die Ausführungszeit wird über Leistungsansätze und die Krananzahl bestimmt. Diese Leistungsansätze beschreiben näherungsweise, wieviel Quadratmeter BGF einer Geschossebene mit einem Kran pro Woche hergestellt werden können. Der Zeitaufwand nachfolgender Ausführungsabschnitte, wie z. B. Gebäudehülle, TGA, Innenausbau und Außenanlagen, wird in Abhängigkeit der Gebäudeart anhand von Erfahrungswerten festgelegt. Die Ressourcen werden vorwiegend für Baugruben- und Rohbauarbeiten betrachtet. Hierbei werden die Mengen der Hauptbaustoffe (z. B. Beton) den Ausschreibungsunterlagen entnommen. Mittels Aufwands- und Leistungswerten wird anschließend die Anzahl der produktiven Mannstunden ermittelt. Zeit- und Ressourcenplanung sowie Baustelleneinrichtungsplanung werden dabei aufeinander abgestimmt. Nach Auftragserhalt wird ein Arbeitsbauzeitplan erstellt. Hierbei wird vorab der Bauablauf in enger Abstimmung mit der für die Ausführung verantwortlichen Personen detailliert geplant. Anschließend wird der Angebotsterminplan hinsichtlich Detailtiefe und Abweichungen überarbeitet. Weiterhin wird die Ressourcen- und Baustelleneinrichtungsplanung aus der Angebotsphase überarbeitet. Im Arbeitsbauzeitplan wird mit fortschreitender Ausführung die tatsächliche Ausführungszeit in bestimmten Intervallen ergänzt. Mit aktualisierten Arbeitsbauzeit- und Ressourcenplänen können Auswirkungen von Bauablaufstörungen und Gegensteuerungsmaßnahmen dargestellt werden. Zukünftig soll während der Angebotsphase die Planung des Bauablaufs annähernd so detailliert wie in der Ausführungsphase erfolgen. Hierbei sollen die für die Ausführung verantwortlichen Personen stärker eingebunden werden. Durch zusätzliches Fachwissen bei der zukünftigen Planung des Bauablaufs während der Angebotsphase sollen gröbere Abweichungen in der Ausführungsphase vermieden werden. Demzufolge werden für die Erstellung des Arbeitsbauzeit- und Ressourcenplans nur minimale Anpas-

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

sungen sowie erhebliche Zeit- und Kosteneinsparungen erwartet. Weiterhin wird der Zeitaufwand für die Rohbauarbeiten zukünftig nicht über die BGF, sondern über Leistungsansätze, die sich auf Bewehrungsarbeiten beziehen, sowie über Erfahrungswerte, die sich auf die Größe eines Betonierabschnitts beziehen, bestimmt. Es wurde festgestellt, dass die Dauerermittlung über die BGF-Leistungsansätze zu ungenau ist. Die zu transportierenden Mengen für die Herstellung eines Bauwerks sollen zukünftig nicht in gleichen Teilen auf die Krane verteilt werden. Um die Auslastung der Krane im Einzelnen besser beurteilen zu können, sollen einzelnen Kranen bestimmte Abschnitte (z. B. Gebäudeabschnitte) sowie deren Bau- und Bauhilfsstoffmengen (z. B. Beton und Schalung) zugewiesen werden. Gegenwärtig wird im Rahmen der Ressourcenauswertung die Schalfläche einzelner Betonierabschnitte betrachtet. Außerdem sollen in Zukunft zusätzlich einzelne Schalungssätze verschiedener Betonierabschnitte sowie deren Vorhaltemengen bestimmt werden.

Wochenplanung

Im Rahmen der Wochenplanung werden die Tätigkeiten der kommenden eins bis drei Wochen durch die Bauleitung und den Polier geplant und in einem Wochenprogramm dargestellt. Bei größeren Projekten kann die Wochenplanung unterstützend durch einen Bauzeitplaner erstellt werden. Bevorstehende Tätigkeiten für diesen Zeitraum werden dem Arbeitsbauzeitplan entnommen, detaillierter strukturiert und einzelnen Arbeitstagen zugeteilt. Bei Vorhandensein eines vorherigen Wochenprogramms sind nicht durchgeführte Tätigkeiten zu berücksichtigen. Verantwortlichkeiten (z. B. Nachunternehmer) und notwendige Ressourcen (z. B. Arbeitskräfte oder Großgeräte) werden den einzelnen Tätigkeiten und Arbeitstagen zugeteilt. Das Wochenprogramm ist mit der Bauleitung abzustimmen und bei vertraglicher Vereinbarung von der Bauleitung an den Auftraggeber zu übermitteln. Das Wochenprogramm sollte zukünftig auch ohne vertragliche Vereinbarkeit mit dem Auftraggeber einheitlich geführt werden. Werden zukünftig am Ende einer Woche die Fertigstellungsgrade der jeweiligen Tätigkeiten dokumentiert, kann das Wochenprogramm dem Bauzeitplaner als Grundlage für die Ist-Ausführungszeit dienen. Im Idealfall kann bei digitaler Führung des Wochenprogramms und bestehender Verknüpfung zu einem Arbeitsbauzeitplan ein Soll-Ist-Vergleich hinsichtlich der Ausführungszeit erstellt sowie der weitere Verlauf prognostiziert werden.

Bauablaufstörungen

Zu einem Stichtag werden geplante und tatsächliche Ausführungszeit miteinander verglichen (Soll-Ist-Vergleich). Erhebliche Abweichungen weisen dabei auf gestörte Bauabläufe hin. Nach Analyse werden bei Ursachen, die in der Sphäre des Bauunternehmens (z. B. eigenverschuldete oder durch Nachunternehmer verschuldete Verzögerungen) liegen, abhängig vom Bauvorhaben geeignete Gegensteuerungsmaßnahmen eingeleitet. Um die Wirksamkeit der Gegensteuerungsmaßnahmen zu überprüfen, wird anschließend das Intervall für erneute Soll-Ist-Vergleiche verkürzt. Andernfalls sind weitere Gegensteuerungsmaßnahmen zu prüfen und einzuleiten. Liegt die Ursache von gestörten Bauabläufen in der Sphäre des Auftraggebers werden die Auswirkungen auf den Bauablauf aufgezeigt und Gegensteuerungsmaßnahmen vorgeschlagen. Auf deren Anordnung hin werden diese Maßnahmen eingeleitet und ebenfalls auf Wirksamkeit überprüft. Weiterhin lassen sich gestörte Bauabläufe durch nicht eingehaltene Wochenprogramme identifizieren.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

Außerdem können in der Ressourcenauswertung Ausführungsabschnitte, die sensibel hinsichtlich auftretender Bauablaufstörungen sein können, aufgezeigt werden. Hierbei handelt es sich um Ausführungsabschnitte, bei denen mit Kapazitätsengpässen zu rechnen ist. Auswirkungen von Bauablaufstörungen hinsichtlich Ausführungszeit und Ressourceneinsatz werden in Arbeitsbauzeit- und Ressourcenplänen dargestellt, welche die Bearbeitung von Mehrkostenforderungen unterstützen. Optimierungspotentiale bestehen bei der verwendeten Software, mit der Soll-Ist-Vergleiche erstellt werden und folglich Bauablaufstörungen identifiziert werden. Die Dateien werden lokal gespeichert und es besteht die Möglichkeit, diese zu vervielfältigen. Folglich sind duplizierte Dateien oftmals nicht auf dem aktuellen Stand. Daher wird hier ein Mehrwert durch Verwendung einer standardisierten datenbankbasierten Anwendung erwartet, in der Terminplanung, Kalkulation und ein 3D-Modell miteinander verknüpft sind.

Frage 4: Wie ist die derzeitige Vorgehensweise mittels Lean-Management-Ansätzen hinsichtlich Zeit- und Ressourcenplanung, Wochenplanung und Bauablaufstörungen in einem Bauunternehmen und welche Optimierungspotentiale bestehen? (Sebastian Steinhofer)

Zeit- und Ablaufplanung

Unter Anwendung der Lean-Management-Ansätze wird die Zeitplanung in verschiedenen Workshops mit dem Last-Planner-Team (Baustellenteam, Bauherrenvertreter, Nachunternehmer etc.) vor Ort auf der Baustelle erarbeitet. Diese Workshops gliedern sich in das Last-Planner-System ein. Zu Beginn dieser Workshops wird unter den Teilnehmern mit einer Gesamtprozessanalyse ein gemeinsames Verständnis des Bauvorhabens erarbeitet. Anschließend werden Gewerke definiert, welche für die Erfüllung der Bauzieles notwendig sind. Basierend darauf wird auf Grundlage der Planunterlagen eine sich wiederholende Fläche bzw. ein sich wiederholender Bereich lokalisiert, welche sich im Bauvorhaben wiederholt. Dies legt den Grundstein für die Taktplanung. In einem Bauvorgaben wird stets darauf geachtet, dass eine Taktplanung impliziert werden kann. Sollte es bei einem Bauvorhaben keine sich wiederholenden Bereiche geben, so werden Bauabschnitte bestimmt, welche als Betrachtungseinheit verwendet werden. Anschließend wird mit den definierten Gewerken und den Bereichen die optimale Reihenfolge bzw. der optimale Ablauf der Gewerke bestimmt. Dieser wird mit dem Pull-System durchgeführt. In diesem System wird mit der Planung am letzten Gewerk begonnen und nach vorne zu Beginn der Arbeiten geplant. Nach der Bestimmung der optimalen Reihenfolge werden die Zeiten und Mannstärken der Nachunternehmer in der Ablaufplanung ergänzt. Es entstehen somit Gewerkezüge, welche sich durch das Bauvorhaben bewegen. Wurden für alle betrachteten Bereiche ein Gewerkezug erstellt, so werden die vertraglichen Meilensteine und die Gewerkezüge in ein Meilenstein- und Phasenplan zusammengeführt. Diese Zusammenführung basiert auf der zuvor definierten Baustrategie, welche angibt in welchen Bereich begonnen wird und in welcher Reihenfolge die einzelnen Gewerkzüge durch das Gebäude fließen sollen. Somit ist ein im Last-Planner-Team geplanter, Meilenstein- und Phasenplan entstanden, welcher auf Wochenbasis sämtliche Arbeiten abbildet.

Wochenplanung

Die Basis der Wochenplanung bildet der Meilenstein- und Phasenplan (MPP). Vor Beginn der Arbeiten werden die ersten vier bis sechs Wochen aus diesem MPP extrahiert und separat auf den

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

Wochenvorschautafeln dargestellt. Diese Arbeitswochen werden vom Last-Planner-Team eingetaktet; die hier an den Tag gelegte Planung basiert auf einer taggenauen Zuteilung der Arbeiten. Die darauffolgenden Wochen werden zyklisch aktualisiert und ergänzt. Die Aktualisierungen werden auf Basis des MPP eingeplant. In der Planung der Tätigkeiten ist es die Aufgabe der zuständigen Last-Planner-Teammitglieder, sich untereinander zu koordinieren und abzustimmen. Sind die betrachteten Wochen erstellt, so werden diese nochmal im Team besprochen und anschließend abgestimmt. Demnach ist eine gemeinsame Planung der anstehenden Wochen entstanden, welche von allen Beteiligten geplant und bestätigt wurde.

Ressourcenplanung

Im Team Lean Management wird derzeit nur die Personalressourcen betrachtet und geplant. Die Ressourcen werden auf Basis des Meilenstein- und Phasenplans analysiert und ausgewertet. Es werden die in den vorgelagerten Workshops definierten Personenzahlen von den Nachunternehmern als Basis verwendet. Die im MPP visualisierten Arbeitspakete werden mit den darin hinterlegten Informationen (Dauer, Personenstärke) ausgewertet und anhand einer Ressourcenganglinie veranschaulicht. In dieser Auswertung besteht die Option, sich einzelne Gewerke bzw. Gewerkezüge näher zu betrachten. So kann eine Aussage darüber getroffen werden, ob in der jeweils betrachteten Projektwoche die benötigte Anzahl an Arbeitern vorhanden sind oder ob die Ist-Stärke von der Soll-Stärke abweicht. Weiterhin wird mittels der Ressourcenganglinie auch aufgezeigt, in welchem Maß die Arbeiten im Flow eingeplant sind. Der Flow bzw. Fluss bezieht sich bei dieser Betrachtung auf die Kontinuität der Personalstärke auf der Baustelle. Der optimale Fall tritt ein, wenn die gesamten Arbeiten eines Gewerkes mit der gleichen Mannschaftsstärke vom Beginn der Arbeiten bis zum Bauende zu erledigen sind.

Bauablaufstörungen

Die Identifikation von Störungen im Bauablauf wird in den PEP-Besprechungen des Last-Planner-Teams, welche wöchentlich vor Ort auf der Baustelle abgehalten werden, durchgeführt. Es werden die zuvor geplante Arbeitswoche (Wochenplanung) in diesen Besprechungen analysiert. Weiter werden Kennzahlen erhoben, welche eine Aussage darüber geben, ob die Einhaltung der geplanten Arbeiten bewerkstelligt wurde. Sind Arbeitsvorgänge nicht eingehalten worden, so werden diese Gründe für das Scheitern festgehalten und dokumentiert. Diese Gründe werden in den Kennzahlen aufgeführt. Im Bauunternehmen werden die Kennzahlen als *Anteil-eingehaltene-Zusagen-Wert* (AEZ-Wert) bezeichnet. Sie geben Aufschluss darüber, ob die geplanten Tätigkeiten innerhalb eines Zeitintervalls frei von Verzögerungen oder Hindernissen erledigt wurden. Sollte in den PEP-Besprechungen ein Auftreten von Störungen im Ablauf erkennbar sein, so werden im Last-Planner-Team Maßnahmen eingeleitet, um diese in den kommenden Wochen aufzufangen. Diese getroffenen Gegensteuerungsmaßnahmen werden gemeinschaftlich im Last-Planner-Team erarbeitet und abgestimmt. Anschließend wird die anstehende Arbeitswoche erneut von dem Teammitgliedern geplant, unter Berücksichtigung der getroffenen Gegensteuerungsmaßnahmen. Der Meilenstein- und Phasenplan dient ihnen dabei als Vorlage. Diese Art der Produktionsevaluation- und Produktionsplanung impliziert ein Frühwarnsystem für Bauablaufstörungen, welche einen Ausblick über die Auswirkung der Störung und der eingeleiteten Gegensteuerungsmaßnahmen über die betrachteten Wochen gewährt.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU WIEN Bibliothek Your knowledge hub

Frage 5: Was sind die wesentlichen Unterschiede der jeweiligen Vorgehensweisen in einem Bauunternehmen? (Sebastian Steinhofer)

Eines der Ziele dieser wissenschaftlichen Arbeit ist es, die konventionellen Methoden mit den Lean-Management-Ansätzen in einem Bauunternehmen zu vergleichen und anschließend in einem gemeinsamen Abwicklungsprozess zu bündeln. Die beiden Methoden bzw. Ansätze werden durch das Team ZRP (konventionelle Methoden) und das Team LM (Lean-Management-Ansätze) eines Bauunternehmens repräsentiert. Um diese verschiedenen Methoden und Ansätze in einen Prozess vereinen zu können, werden die Unterschiede der beiden in den jeweilig betrachteten Punkten Zeit- und Ressourcenplanung, Wochenplanung und der Umgang mit Bauablaufstörungen nachfolgend dargestellt.

Zeitplanung

Einer der wesentlichen Unterschiede bei der Termin- und Ablaufplanung der beiden betrachteten Teams sind die verwendeten Unterlagen zur Erstellung der Zeitplanung. Beide Teams bedienen sich an den Vertragsunterlagen (Vertragsterminplan, Baubeschreibung, Planunterlagen). Während das Team ZRP auch die in der Angebotsphase erstellten Konzepte weiterverwendet und optimiert, wird im Team LM nur der Angebotsterminplan weiter als unterstützendes Dokument in den Planungen verwendet. Ferner unterscheiden sich die beiden Ansätze in ihren betrachteten Zeithorizonten der Bauabwicklung. In der konventionellen Betrachtung des Teams ZRP wird das gesamte Bauvorhaben (Baubeginn bis Bauende) im Arbeitsbauzeitplan dargestellt, hingegen variiert der Zeitraum der Betrachtung von der verwendeten Abwicklungsmethode im Team LM. So kann sich der Zeithorizont von vier bis sechs Monaten auf die gesamte Bearbeitungsdauer ausdehnen. Es sind auch Unterschiede in den detailliert geplanten Ausführungsabschnitte zu erkennen. Im Team LM liegt der Fokus der Planung auf den Ausführungsabschnitten, die auf die Rohbauarbeiten folgen. Im Gegensatz dazu werden die Rohbauarbeiten sowie die Baugrube vom Team ZRP besonders detailliert geplant. Die Erstellung einer Termin- und Ablaufplanung beruht auf der zeitlichen Einteilung der Arbeitsvorgänge. Die Ermittlung der Dauern wird im Team ZRP auf Basis von Aufwands- und Leistungswerten und pauschalen Annahmen vollzogen. Die verwendeten Angaben im Team LM basieren auf den tatsächlichen Angaben der Nachunternehmer aus dem Last-Planner-Team. Daneben unterscheiden sich die beiden Methoden bzw. Ansätze in ihrer Planungsrichtung voneinander. Die Betrachtung beginnt im Team LM beim letzten Arbeitsvorgang, welcher in der Ausführung benötigt wird. Ausgehend davon wird die Planung bis hin zum ersten Arbeitsvorgang der Ausführung durchgeführt. Das Team ZRP plant die zeitliche Abfolge der Arbeiten von beginnend am Baubeginn und führt diese Bauende fort. Die Taktplanung wird in beiden Teams praktiziert, das Team LM versucht die Taktplanung in allen Ausführungsabschnitten anzuwenden, im Gegensatz dazu wird im Team ZRP die Taktplanung nur im Bereich des Rohbaus angewendet. Die Personenzahlen, welche bei der Zeitplanung beteiligt sind, variieren ebenso von der gewählten Methode bzw. Ansatz. So werden im Team ZRP die Gruppen-, Projekt- und Bauleiter, der Polier als auch das Team BKP und das Team LLC in die Terminplanung involviert. Das Team LM hingegen erweitert den Kreis der Beteiligten noch um die Nachunternehmer, Bauherrenvertreter und die Planungsvertreter.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek WIEN Your knowledge hub

Ressourcenplanung

Die Planung der Ressourcen im Team ZRP konzentriert sich auf die Ausführungsabschnitte Baugrube und Rohbau. Die Abschnitte, welche vom Team LM betrachtet werden, sind hingegen die nachgelagerten Abschnitte Innenausbau, Gebäudehülle und Außenanlagen. Die betrachteten Ressourcenarten unterscheiden sich ebenso voneinander. In der konventionellen Ressourcenplanung des Team ZRP werden sämtliche Bau- und Ausbaustoffe, Bauhilfsstoffe, Personal, Großgeräte und Lkws analysiert und eingeplant. In der Planung der Ressourcen mit Lean-Management-Ansätzen des Teams LM wird nur die Personalressource betrachtet und geplant. Die Grundlage für eine Ressourcenplanung bilden im Team ZRP die abgeleiteten Mengen aus dem Leistungsverzeichnis, die Planunterlagen oder ein 3D-Modell (BIM) sowie die Aufwands- und Leistungswerte. Die Basis im Bereich des Team LM stellt der Meilenstein- und Phasenplan dar. In beiden Teams basiert die Ressourcenplanung auf einer Arbeitswoche. Das Team ZRP hingegen detailliert die Analyse der Ressourcen noch weiter. Es werden die Ressourcen, falls notwendig, auf einer Monats- und Tagesbasis dargestellt. Die Planung der Ressourcen wird in der konventionellen Anwendung für die Kontrolle von Überlastungen in der Termin- und Ablaufplanung sowie der Prüfung der Dimensionierung der Zufahrtsstraßen, Ladezonen und Lagerflächen verwendet. In der Ressourcenplanung mit Lean-Management-Ansätzen wird die Ressourcenplanung für die Kontrolle der Zusagen der Nachunternehmer (Soll-Ist-Vergleich) als auch für die Überprüfung der Einhaltung des Flow-Prinzips verwendet.

Wochenplanung

Die Personen bzw. Personenkreise, welche die Wochenplanung bzw. das Wochenprogramm für das Bauvorhaben erstellen, variieren je nach der verwendeten Methode bzw. Ansatzes. Im Team LM wird das Wochenprogramm im Last-Planner-Team erstellt. Dieses betrachtet einen Zeitraum von vier bis sechs Wochen. Hingegen wird die Wochenplanung im Team ZRP vom zuständigen Bauleiter und Polier bzw. von einen Bauzeitplaner erstellt. Der Zeithorizont hierbei wird i. d. R. auf eine bis drei Wochen gelegt. Grundlage für die Erstellung der Wochenplanung bildet der Arbeitsbauzeitplan bzw. das Wochenprogramm in der konventionellen Methode. Dargestellt wird das Wochenprogramm auf einen Listen- bzw. Balkenplan. In der Wochenplanung mit Lean-Management-Ansätzen wird als Basis der MPP bzw. das vorherige Wochenprogramm verwendet und auf den Wochenvorschautafeln, dem Aktionsplan und der Risikomatrix visualisiert. Die Wochenplanung wird vom Last-Planner-Team erstellt.

Bauablaufstörungen

Ein sehr wichtiger Aspekt in der Bauabwicklung ist das Erkennen von Ablaufstörungen in der Ausführung. Das Team ZRP führt hierbei Soll-Ist-Vergleiche durch und überprüft die erstellten Wochenprogramme auf nicht eingehaltene Arbeitspakete. Eine weitere Möglichkeit, Bauablaufstörungen im Team ZRP zu erkennen, besteht darin eine Ressourcenauswertung durchzuführen. Dabei wird ersichtlich, ob ein erhöhter Ressourcenaufwand von Nöten war, um das Arbeitsziel zu erreichen. Im Team LM werden Störungen im Bauablauf bei der Aktualisierung der Wochentafeln in den PEP-Besprechungen aufgedeckt. Die Intervalle der Überprüfung des Bauablaufs werden in beiden Teams unterschiedlich gehandhabt. Im Team ZRP wird dies monatlich bzw. wöchentlich

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

vollzogen. Ist es notwendig Gegensteuerungsmaßnahmen zu ergreifen, werden diese von der Bauleitung eingeleitet und der Kontrollintervalle verkürzt. Im Team LM wird die Kontrolle des Bauablaufs im Last-Planner-Team wöchentlich bzw. halbwöchentlich durchgeführt. Werden Störungen im Bauablauf erkannt, so werden gemeinschaftlich Gegensteuerungsmaßnahmen gesetzt.

Frage 6: Wie kann ein gemeinsamer Abwicklungsprozess gestaltet werden, in dem konventionelle Ansätze und Lean-Management-Ansätze zusammengeführt werden? (David Pippert)

Die Beantwortung dieser Forschungsfrage bezog sich auf die zukünftige Zusammenarbeit der Teams LM und ZRP, deren Methoden zuvor analysiert und verglichen wurden. Dieser kollektive Prozess beschränkt sich auf die Abwicklung von Generalunternehmer-Projekten (Hochbau), deren Angebotssumme 20 Mio. Euro überschreitet. Die Termin- und Ablaufplanung sowie Ressourcenplanung erfolgt in der Angebotsphase konventionell durch das Team ZRP. Hierbei werden insbesondere zeitnahe Ausführungsabschnitte (Baugrube und Rohbau) sehr detailliert geplant und mit den für die Ausführung verantwortlichen Personen, Planern, Statikern etc. abgestimmt. Nachdem das Bauunternehmen vom Auftraggeber für die Herstellung des Bauwerks beauftragt wurde und sich die für die Ausführung verantwortliche Person für eine Abwicklung mittels Lean-Ansätzen entschieden hat, wird ein gemeinsames Startgespräch abgehalten. Hierbei werden Abweichungen zur Angebotsphase sowie der geplante Bauablauf und dessen Terminierung vorgestellt und abgestimmt. Neben Aufgaben und Zielen der beiden Teams werden weiterhin administrative und organisatorische Einzelheiten geregelt, die eine Abwicklung mittels Lean-Ansätzen betreffen. Im Anschluss an das Startgespräch kommen beide Ansätze zur Anwendung. Parallel zur Lean-Implementierung, in denen den Beteiligten (z. B. Baustellenteam und Bauherrenvertretern) Ansätze und Methoden des Lean Managements durch das Team LM vermittelt werden soll, überarbeitet das Team ZRP die Unterlagen aus der Angebotsphase (Konzepte, Termin- und Ressourcenpläne). Die Unterlagen aus der Angebotsphase werden hierbei hinsichtlich Änderungen zur Angebotsphase sowie Festlegungen aus dem Startgespräch angepasst. Außerdem werden Termine bzw. Zeiträume, in denen die Durchführung von Lean-Management-Workshops geplant sind, im Terminplan ergänzt. Nachfolgend wird vom Last-Planner-Team (inkl. Bauleitung) und Team LM die optimale Baureihenfolge der zeitnahen Ausführungsabschnitte (Baugruben und Rohbauarbeiten) in einem Gewerkesequenz-Workshop fixiert. Als Grundlage dienen neben den Vertragsunterlagen, insbesondere die vom Team ZRP zuvor erstellten Unterlagen (Konzepte, Termin- und Ressourcenpläne). Hierbei werden die Abläufe und Ausführungszeiten der Baugruben und insbesondere der Rohbauarbeiten hinterfragt und bei Bedarf unter Berücksichtigung der Anordnung von Betonierabschnitten und Arbeitsfugen optimiert. Auf Basis der Vertragsunterlagen und der Planung aus dem Gewerkesequenz-Workshop werden die Arbeitsabläufe der Baugruben- und Rohbauarbeiten gemeinsam vom Last-Planner-Team, Team LM und Team ZRP in einem Meilenstein- und Phasenplan-Workshop terminiert und in einem MPP dargestellt. Das Team ZRP passt daraufhin Arbeitsbauzeit- und Ressourcenplan an. Vor Baubeginn wird ein Wochenvorschau-Workshop durchgeführt, in dem vom Team LM und Last-Planner-Team die Arbeitsabläufe der ersten vier bis sechs Wochen je Arbeitstag detailliert geplant werden. Diese Planung dient als Grundlage für nachfolgende PEP-Besprechungen. Der MPP ist bei Verschiebungen von Meilensteinen (z. B. infolge einer Bauablaufstörung) anzupassen. Das Team ZRP erstellt auf Basis der in den PEP-

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

Besprechungen evaluierten Baufortschritte Soll-Ist-Vergleiche hinsichtlich der Ausführungszeit und aktualisiert Termin- und Ressourcenpläne. Bei auftretenden Bauablaufstörungen können die Auswirkungen auf die Ausführungszeit und den Ressourceneinsatz vom Team ZRP in aktualisierten Termin- und Ressourcenplänen übersichtlich dargestellt werden. Diese können beispielsweise das Last-Planner-Team bei der Planung des weiteren Bauablaufs unterstützen. Parallel zu den Baugruben- bzw. Rohbauarbeiten wird in einem weiteren Gewerkesequenz-Workshop die optimale Baureihenfolge der nachfolgenden Ausführungsabschnitte (Gebäudehülle, TGA, Innenausbau und Außenanlagen) geplant und nachfolgend in einem weiteren Meilenstein- und Phasenplan-Workshop terminiert. Hierbei wird außerdem der Ressourceneinsatz (Arbeitskräftebedarf) der nachfolgenden Ausführungsabschnitte geplant. Nach erfolgter Anpassung des Terminplans hinsichtlich nachfolgender Ausführungsabschnitte werden die ersten Arbeiten dieser Ausführungsabschnitte in einem Wochenvorschau-Workshop auf Grundlage des MPP für die nächsten vier bis sechs Wochen detailliert geplant. Wie bei der Herstellung von Baugrube und Rohbau werden auch für die Herstellung der nachfolgenden Ausführungsabschnitte PEP-Besprechungen durchgeführt. Bei Notwendigkeit wird der MPP aktualisiert. Außerdem werden vom Team ZRP in Intervallen Soll-Ist-Vergleiche (Ausführungszeit) erstellt und der Terminplan aktualisiert.

7.2 Ausblick

In dieser Arbeit wurden in einem Bauunternehmen konventionelle Methoden sowie Methoden, die Lean-Management-Ansätze beinhalten, untersucht, in Prozessdiagrammen visualisiert und in einem gemeinsamen Abwicklungsprozess zusammengeführt. Dies erfolgte auf Grundlage der Angaben von Experten, die konventionelle sowie Lean-Management-Methoden anwenden.

Um die zu erwartenden Mehrwerte bestätigen zu können, ist eine Begleitung und Auswertung von Pilotprojekten notwendig, bei denen der entwickelte Prozess Anwendung findet. Dabei ist anhand von Interviews mit ausgewählten Prozessteilnehmern eine Evaluation hinsichtlich der zu erwartenden Mehrwerte durchzuführen. Zudem ist zu beurteilen, wie sich die Zusammenarbeit gestaltet. Ferner sind im Sinne der kontinuierlichen Verbesserung Bereiche zu lokalisieren, in denen Optimierungspotenziale bestehen. Außerdem gilt es weitere Schnittstellen für den gemeinsamen Abwicklungsprozess zu definieren und in den Prozess einzubinden. Überdies besteht Forschungsbedarf seitens der PORR Design & Engineering GmbH bei der Implementierung von Muster-Gewerkezügen für den Innenausbau in der Terminplanung (z. B. Angebotsterminplan). Hierfür sind diverse Muster-Gewerkezüge (Bereiche sowie deren Reihenfolge und Zeitbedarf) für unterschiedliche Gebäudearten (z. B. gewöhnliche Wohn- oder Bürogebäude) zu definieren. Werden hierbei durchschnittliche Zeitansätze pro Quadratmeter für die unterschiedlichen Bereiche entwickelt, kann beispielsweise eine schnelle und detaillierte Erstellung von Angebotsterminplänen erzielt werden.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

8 Literaturverzeichnis

8.1 Bücher

Allweyer Thomas: *BPMN 2.0 – Business Process Model and Notation: Einführung in den Standard für die Geschäftsprozessmodellierung*. Books on Demand Verlag, Norderstedt, 2009.

Austrian Standards: *ÖNORM B 2110: 2013 03 15: Allgemeine Vertragsbestimmungen für Bauleistung – Werkvertragsnorm.* Austrian Standards-Verlag, Wien, 2013.

Bauer Hermann: *Baubetrieb*. 3. Auflage. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2007.

Berner Fritz; Kochendörfer Bernd; Schach Rainer: *Grundlagen der Baubetriebslehre 2: Baubetriebsplanung.* B. G. Teubner-Verlag, Wiesbaden, 2008.

Bielefeld Bert; Wirths Mathias: *Entwicklung und Durchführung von Bauprojekten im Bestand: Analyse – Planung – Ausführung.* Vieweg+Teubner Verlag | Springer Fachmedien, Wiesbaden, 2010.

Bonnier Knut E.; Kalsaas Bo T.; Ose Olai: *Waste in design and Engineering*. 23. Ann. Conf. of the Int. Group for Lean Construction, Perth, 2015.

Business Process Management Initiative (BPMI): *Business Process Modeling Notation (BPMN)*. BPMI.org, 2004.

Deutsches Institut für Normung: *Projektmanagement: Netzplantechnik und Projektmanagementsysteme.* Beuth-Verlag, 2013.

Drees Gerhard; Spranz Dieter: *Handbuch der Arbeitsvorbereitung in Bauunternehmen.* Bauverlag, Wiesbaden/Berlin, 1976.

Duschel Michael; Plettenbacher Wolf: *Handbuch Arbeitsvorbereitung im Baubetrieb*. Linde-Verlag, Wien, 2012.

Fechtig Robert; Glättli Max: *Projektierung und Bau der S-Bahn Zürich.* Stäubli-Verlag, Zürich, 1990.

Felkai Roland; Beiderwieden Arndt: *Analysieren und Formulieren von Projektzielen*. Vieweg+Teubner Verlag | Springer Fachmedien, Wiesbaden, 2011.

Fiedler Martin: *Lean Construction – Das Managementhandbuch*. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 2018.

Freund Jakob; Rücker Bernd: *Praxishandbuch BPMN 2.0*. 3. Auflage. Carl Hanser Verlag, München, 2012.

Gehbauer Fritz: *Lean Management im Bauwesen – Grundlagen*. Institut für Technologie und Management im Baubetrieb, Karlsruher Institut für Technologie, 2011.

German Lean Construction Institute – GLCI. e. V.: *Lean Construction – Begriffe und Methoden*. KIT Institut für Technologie und Management im Baubetrieb, 2018.

Girmscheid Gerhard: *Strategisches Bauunternehmensmanagement: Prozessorientiertes integriertes Management für Unternehmen in der Bauwirtschaft*. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 2006.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

Gorecki Pawel; Pautsch Peter: *Praxisbuch Lean Management – Der Weg zur operativen Excellence*. Carl Hanser Verlag, München, 2014.

Greiner Peter; P. Mayer Peter E.; Stark Karlhans: *Baubetriebslehre – Projektmanagement: wie Bauprojekte erfolgreich gesteuert werden*. 3. Auflage. Vieweg+Teubner Verlag |Springer Fachmedien, Wiesbaden, 2005.

Haghsheno Shervin: *Lean Construction – Modeerscheinung, Werkzeugkasten oder Management-Ansatz zur Transformation des Bauwesens*. In Tagungsband, Kolloquium – Zukunftsfragen des Baubetriebs und Enquete der Plattform 4.0, TU-MV Media Verlag, Wien, 2018.

Heidemann Ailke: *Kooperative Projektabwicklung im Bauwesen unter der Berücksichtigung von Lean Prinzipien −Entwicklung eines Lean Projektabwicklungssystems*. KIT Scientific Publishing, Karlsruhe, 2011.

Hoffmann Manfred: *Zahlentafeln für den Baubetrieb.* 6. Auflage. Vieweg+Teubner Verlag | Springer Fachmedien, Wiesbaden, 2002.

Hofstadler Christian: *Bauablaufplanung und Logistik im Baubetrieb.* Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 2007.

Hofstadler Christian: *Schalarbeiten. Technologische Grundlagen, Sichtbeton, Systemauswahl, Ablaufplanung, Logistik und Kalkulation.* Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 2008.

Kirsch Jürgen: *Organisation der Bauproduktion nach dem Vorbild industrieller Produktionssysteme*. Universitätsverlag, Karlsruhe, 2009.

Kropik Andreas: *Bauvertrags- und Nachtragsmanagement.* Eigenverlag, Perchtoldsdorf, 2014.

Liker Jeffrey K: *Der Toyota Weg – 14 Managementprinzipien des weltweit erfolgreichsten Automobilkonzerns.* Finanzbuch Verlag, München, 2014.

Motzko Christoph: *Praxis des Bauprozessmanagement – Termine, Kosten und Qualität zuverlässig steuern*. Wilhelm Ernst & Sohn Verlag, Berlin, 2013.

Ohno Taiichi: *Toyota Production System – Beyond Large-Scale Production*. CRC Press, Florida, 1988.

Kattenbusch Markus; Kuhne Volker; Noosten Dirk: *Plümecke – Preisermittlung für Bauarbeiten*. 28. Auflage. Rudolf Müller, Köln, 2017.

Schach Rainer; Otto Jens: *Baustelleneinrichtung: Grundlagen – Planung – Praxishinweise – Vorschriften und Regeln.* 3. Auflage. Springer Vieweg, Wiesbaden. 2017.

Seeling Reinhard: *Projektsteuerung im Bauwesen*. B. G. Teubner-Verlag, Stuttgart, 1996.

Seppänen Olli; Kenley Russel: *Location-Based Management for Construction*. Spon Press, New York, 2010

Seyfferth Günter: *Praktisches Baustellen-Controlling: Handbuch für Bau- und Generalunternehmen.* Vieweg+Teubner Verlag, Wiesbaden, 2003.

Stempkowski Rainer; Jodl Hans Georg; Kovar Andreas: *Projektmarketing im Bauwesen – Strategisches Umfeldmanagement zur Realisierung von Bauprojekten*. MANZ Verlag, Wien, 2003.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

Vitale Silvio: *Auswirkungen und Störungen im Bauablauf auf das Ergebnis der Baustelle.* Trauner-Verlag, Linz, 2012.

Walker Herbert: *Die optimierte Baustellenabwicklung. Geldwerte Praxistipps für Vorbereitung und Durchführung.* expert-Verlag, Tübingen, 2004.

Womack James P.; Jones Daniel T.: *Lean Thinking, Ballast abwerfen, Unternehmensgewinne steigern*. Campus Verlag, Frankfurt, 2013.

Würfele Falk; Bielefeld Bert; Gralla Mike: *Bauobjektüberwachung: Kosten – Qualitäten – Termine – Organisation – Leistungsinhalt – Rechtsgrundlagen – Haftung – Vergütung.* 2. Auflage. Vieweg+Teubner Verlag | Springer Fachmedien, Wiesbaden, 2012.

Zimmermann Josef: *Bauforschungsbericht: Prozessorientierter Nachweis der Kausalität zwischen Ursache und Wirkung bei Bauablaufstörungen.* Frauenhofer IRB-Verlag, Stuttgart, 2010.

8.2 Zeitschriftenartikel

Baierl Thomas; Gitschel Sarah; Lipp Matthias; Steinberger Stephan: *LEAN Construction – kundenorientierte, effiziente und bedarfsgerechte Bauproduktion*, In WINGbusiness, Ausgabe 04 2017, Universitätsdruckerei Klampfer, St. Ruprecht/Raab, 2017, S. 20-14.

Rathswohl, Stefan: *CAD-basiertes Expertensystem für die Arbeitsvorbereitung im Bauunternehmen aufbauend auf einem Wissensmanagementsystem*. In Tagungsband des 20. Assistententreffens der Bereiche Bauwirtschaft, Baubetrieb und Bauverfahrenstechnik, kassel university press, Kassel, 2009, S. 11-28.

Ballard Glenn: *The Lean Project Delivery System: An Update.* In Lean Construction Journal, Ausgabe 2008, S. 5.

Ballard Glenn; Koskela Lauri; Howell Gregory; Zabelle Todd: *Production system design in construction*, Protokoll: Conference of the International Group for Lean Construction, Singapore, 08.2001, S. 5-15.

8.3 Online-Quellen

BPM Offensive Berlin, *BPMN 2.0 Business Process Model and Notation.* Poster: http://www.bpmb.de/index.php/BPMNPoster, Zugriff am 08.07.2019.

f:data GmbH, *Begriffserläuterung: Arbeitsverzeichnis*: https://www.bauprofessor.de/Arbeitsverzeichnis/fa8e033f-c248-49aa-b011-51f3f9ee655a, Zugriff am 04.05.2019.

Harder Anna, *Einführung in die Prozessdarstellung mit BPMN (Business Process Modelling Notation)*: https://de.scribd.com/document/264433134/Basic-Leitfaden-BPMN-v2-1, Zugriff am 12.03.2020.

Heim Rolf, *Wochenprogramm*: *http://www.bauliteratur.ch/wochenplanung.htm*, Zugriff am 01.03.2019.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

manufactus GmbH, Kanban System und Pull Steuerung – Definition und Prinzip: *https://www.kanban-system.com/de/kanban-system-was-ist-das,* Zugriff am 25.05.2019

LINH, *Projektmanagement: Anordnungsbeziehungen, Randbedingungen und Annahmen (Teil 1)*: http://www.projektmanagement-definitionen.de/projektmanagement-anordnungsbeziehungen-randbedingungen-und-annahmen-teil-1, 2017, Zugriff am 04.05.2019.

Microsoft Corporation, *Dateispeicherung und -freigabe*: https://products.office.com/de-ch/business/teamwork/online-file-storage-and-sharing, Zugriff am 10.06.2019.

Müller Katharina; Goger Gerald: *Der gestörte Bauablauf*: https://docplayer.org/66531607-Der-gestoerte-bauablauf.html, Zugriff am 12.03.2020

Object Management Group, *Business Process Model and Notation*: https://www.omg.org/spec/BPMN/, Zugriff am 14.09.2019.

Technische Universität Berlin, *Taktplanung*: www.tu-berlin.de/uploads/media/Taktplanung.pdf, Zugriff am 28.09.2019.

8.4 Unveröffentlichte Quellen

Pippert David; Steinhofer Sebastian: Technischer Bericht zur Prozesserhebung, 2020.

PORR AG – Business Excellence: *Leitfaden für Prozessmodellierung,* 2018.

PORR Design & Engineering GmbH: *Arbeitsbauzeitplan zum Bauvorhaben Quartier Belvedere Central (QBC 1 und QBC 2),* 2017.

PORR Design & Engineering GmbH: *Leistungskatalog Bauvorbereitung*, 2019.

PORR Design & Engineering GmbH; Steinhauser: *Logistikkonzept GU2 für das Bauvorhaben ERNST-REUTER-PLATZ 6 – 10587 Berlin*, 2018.

PORR Design & Engineering GmbH; Hofbauer: *PDE – Team Bauzeitplanung / Prozessabläufe* (Präsentation), 2017.

PORR Design & Engineering GmbH: *Wochenprogramm inkl. Wochenvorschau – ARGE Hbf Wien – BL01*, 2010.

PORR Design & Engineering GmbH; Steinberger: *Meilensteinphasenplan Bauvorhaben Allmandring,* 2018.

PORR Design & Engineering GmbH: *Dokumentation zum Gewerkesequenz-Workshop Allmandring,* 2018.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

9 Eidesstattliche Erklärung

Hiermit erkläre ich, dass ich die hier vorliegende Diplomarbeit selbständig und ohne fremde Hilfe verfasst, andere als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel nicht benutzt sowie der Literatur wörtlich und inhaltlich entnommene Stellen als solche gekennzeichnet habe. Die Arbeit wurde bisher in gleicher oder ähnlicher Form keiner anderen Prüfungskommission vorgelegt und auch nicht veröffentlicht.

Wien, am 15.03.2020

David Pippert

Sebastian Steinhofer

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN