

Diploma Thesis

Lean Management in construction as a part of future project delivery models

Special considerations for reducing overall project duration
in line with the Austrian Federal Procurement Law

submitted in satisfaction of the requirements for the degree of
Diplom-Ingenieurin
of the TU Wien, Faculty of Civil and Environmental Engineering

Diplomarbeit

Lean Management als Teil zukünftiger Bauprojektentwicklungsmodelle

Spezielle Betrachtungen zur Reduktion der Gesamtprojektdauer
im Einklang mit dem österreichischen Bundesvertragsgesetz

ausgeführt zum Zwecke der Erlangung des akademischen Grades einer
Diplom-Ingenieurin
eingereicht an der Technischen Universität Wien
Fakultät für Bau- und Umweltingenieurwesen

Eva Roubal, BSc.

Matr.Nr.: 01425857

unter der Anleitung von

Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. **Gerald Goger**

Univ.Ass. Dipl.-Ing. **Alexander Bender, BSc.**

Institut für Baubetrieb und Bauwirtschaft –
Forschungsbereich Baubetrieb und Bauverfahrenstechnik
Technische Universität Wien
Karlsplatz 13/235-01, A-1040 Wien

Wien, im September 2022

Die Kompetenz, Methoden und Werkzeuge des Lean Managements anzuwenden, entspricht der Fähigkeit, die richtigen Noten zu spielen. Der Charakter der Musizierenden beeinflusst hingegen die ertönende Melodie, während die kulturelle Einstellung des Publikums darüber entscheidet, ob die Musik Anklang findet.

Die Autorin



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 möchte ich mich bei allen Personen bedanken, die mich beim Anfertigen meiner Diplomarbeit und während meines gesamten Studiums unterstützt und begleitet haben.

Zuerst gebührt mein Dank Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Gerald Goger, der mir die Ausarbeitung meiner Diplomarbeit im Forschungsbereich Baubetrieb und Bauverfahrenstechnik am Institut für Baubetrieb und Bauwirtschaft an der Technischen Universität Wien ermöglicht hat. Ausgesprochen dankbar bin ich für die Vermittlung vieler Kontakte, ohne die meine Diplomarbeit in der vorliegenden Form nicht möglich gewesen wäre. Ebenso möchte ich mich für die Bemühungen im Zuge der Meisterklasse Baubetrieb sowie die daraus entstandenen Veranstaltungen und Unternehmungen bedanken.

Meinen besonderen Dank möchte ich Univ.Ass. Dipl.-Ing. Alexander Bender aussprechen, der mir bei auftretenden Fragen stets konstruktiv zur Seite gestanden und in zahlreichen Gesprächen meinen Horizont erweitert hat. Seine Expertise war eine entscheidende Stütze, aus der teils unüberschaubaren Richtungsvielfalt meiner Gedanken die passenden Ansätze für meine Diplomarbeit herauszufiltern.

Im Zusammenhang mit der Erstellung meiner Diplomarbeit möchte ich mich zudem bei allen Ansprechpartnern des Unternehmens bedanken, die mir sämtliche Projektunterlagen zur Verfügung gestellt und mir immer zuvorkommend weiter geholfen haben.

Mein Dank gilt ebenso Mag. Harald Weber, der mir den Ansatz einer sozialwissenschaftlichen Betrachtungsweise auf baubetriebliche und bauwirtschaftliche Fragestellungen zeigte.

Besonderer Dank gebührt Frau Monika Kirchner, Hon.Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Wilhelm Reismann, Gottfried Prinz und dem leider bereits verstorbenen Mag. Dr. Wilhelm Rasinger, die mich alle auf ihre Art und Weise ermutigt haben, meinen eigenen Weg zu gehen.

Der größte Dank gilt jedoch meiner Familie, die mir unablässig Zuversicht in schwierigen Situationen zugesprochen und mich darin bestärkt hat, meine Ziele konsequent weiterzuverfolgen.



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, Lean Design, Integrierte Projektabwicklung, Bundesvergabegesetz

Dem Lean Management in der Baubranche wird zugesprochen, dass es die Realisierung von Bauprojekten effizienter gestaltet und maßgeblich zum Projekterfolg durch kundenorientiertes Arbeiten beiträgt. Zeitgleich werden die Anforderungen an Bauvorhaben hinsichtlich Umweltschutz, Energieeffizienz, Nutzungskomfort und Funktionalität immer größer, während der Fachkräftemangel zuzunehmen scheint. Die Kombination von intrinsischer Motivation für ein Umdenken mit der Notwendigkeit, Verbesserungen in die Wege zu leiten, kann nachhaltige, positive Veränderungen veranlassen.¹

Diese Diplomarbeit befasst sich mit dem Einfluss von Lean Management Methoden auf die Gesamtprojektdauer eines Bauvorhabens. Zu Beginn werden die theoretischen Grundlagen eingesetzter Methoden erarbeitet. Für eine holistische Betrachtung haben die Ansätze der Lean Philosophie, des Lean Thinking und der Lean Culture, große Bedeutung. Als Grundlage der Untersuchungen dient in der vorliegenden Diplomarbeit ein reales Hochbauprojekt aus Österreich. Dieses Projekt ist mit konventionellen Planungs- und Steuerungsmethoden realisiert worden und wird daher mit den Ansätzen des Lean Managements auf Optimierungspotenziale untersucht. In weiterer Folge werden drei Optimierungsvarianten vorgeschlagen. Die Optimierungsvarianten enthalten Inhalte von Lean Construction, Lean Design und Integrierter Projektabwicklung, mit denen ein LEAN-Projekttablauf ausgearbeitet wird. In einem Vergleich werden die Ergebnisse zwischen IST- und LEAN-Projekttablauf hinsichtlich ihres Einflusses auf die Gesamtprojektdauer gegenübergestellt und bewertet.

Des Weiteren greift die vorliegende Diplomarbeit die Integration von Lean Management im österreichischen Bundesvergabegesetz auf. Vorab werden international angewendete Methoden, Verträge und Modelle in Zusammenhang mit einer kooperativen Projektabwicklung vorgestellt. Wo möglich, werden Vergleiche zu österreichischem Recht gezogen. Konkreter wird auf die Ansätze der Integrierten Projektabwicklung in Deutschland eingegangen. Aussagen zur vergabe- und vertragsrechtlichen Umsetzung in Deutschland werden angeführt. Abschließend werden noch offene Fragestellungen zur Integration von Lean Management und Integrierter Projektabwicklung in österreichisches Recht erörtert.

¹Vgl. [22] Fiedler, S. 5f.



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, Lean Design, Integrated Project Delivery, Federal Procurement Law

Lean management in the construction industry is credited with making the realization of construction projects more efficient and contributing significantly to project success through customer-oriented work. At the same time, the demands placed on construction projects in terms of environmental protection, energy efficiency, user comfort and functionality are becoming ever greater, while the shortage of skilled workers seems to be increasing. The combination of intrinsic motivation for a change in thinking, together with the need to initiate improvements can prompt sustainable, positive changes.²

This Diploma Thesis deals with the influence of Lean Management methods on the overall project duration of a construction project. At the beginning, the theoretical basics of applied methods are elaborated. For a holistic view, the approaches of the Lean Philosophy, Lean Thinking and Lean Culture, are of great importance. A real building construction project from Austria serves as the basis for the investigations in this Diploma Thesis. This project has been realized with conventional planning and control methods. Therefore it is examined with Lean Management methods for optimization potentials and suggested in further consequence three optimization variants. The optimization variants contain contents of Lean Construction, Lean Design and the Integrated Project Delivery, with which a LEAN project process is worked out. In a comparison, the results between the ACTUAL and LEAN project processes are compared and evaluated with regard to their influence on the overall project duration.

Furthermore, this Diploma Thesis addresses the integration of Lean Management in the Austrian Federal Procurement Law. For this purpose, internationally applied methods, contracts and models in connection with cooperative project management are presented. Where possible, comparisons are drawn with Austrian law. More concretely, the approaches of Integrated Project Delivery from Germany are discussed. Statements on the implementation of public procurement and contract law in Germany are given. Finally, open questions on the integration of Lean Management and Integrated Project Delivery into Austrian law are discussed.

²Vgl. [22] Fiedler, S. 5f.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Ausgangssituation	2
1.2	Motivation	2
1.3	Forschungsfragen	4
1.4	Forschungsmethodik	5
1.5	Begriffsbestimmungen	5
1.6	Abkürzungsverzeichnis	9
2	Grundlagen der Lean Philosophie	11
2.1	Entwicklung der Lean Philosophie	12
2.1.1	Henry Ford	12
2.1.2	Familie Toyoda und Taiichi Ōhno	13
2.1.3	William Edwards Deming	14
2.1.4	James P. Womack und Daniel T. Jones	15
2.2	Lean Thinking	17
2.2.1	Verschwendung und ihre Formen	17
2.2.2	Die Spezifikation des Kundenwerts	18
2.2.3	Die Identifikation des Wertstroms	19
2.2.4	Das Fluss-Prinzip	20
2.2.5	Das Pull-Prinzip	22
2.2.6	Die Perfektion	24
2.2.7	Resümee zum Lean Thinking	24
2.3	Lean Culture und Lean Leadership	25
2.4	Lean Management im Bauwesen	29
2.5	Zusammenfassung	31
3	Vertiefende Betrachtung von Lean Design, Lean Construction und Integrierter Projektentwicklung im Bauwesen	33
3.1	Last Planner [®] System	34
3.2	Lean Construction Management [®]	37
3.3	Gesamtprozessanalyse	38
3.4	Taktplanung	39
3.4.1	Prozessanalyse	41
3.4.2	Erstellung des Taktplans	43

3.4.3	Sonderbereiche	47
3.5	Taktsteuerung	49
3.6	Das Drei-Ebenen-Modell	51
3.7	Meilenstein- und Phasenplan	53
3.8	Ausgewählte Werkzeuge in Ergänzung zu Lean Design und Lean Construction . .	54
3.8.1	Big Room und Lean Room	54
3.8.2	Taktsteuerungs- und 4-Wochenvorschau-Tafel	56
3.8.3	Verzögerungs- und Störungsanalyse	56
3.8.4	Aktionsliste und Risikomatrix	57
3.9	Integrierte Projektabwicklung als eigenständiges Modell	58
3.9.1	Auswahl kooperationsorientierter Partnerschaftsmodelle	58
3.9.2	Charakteristika und konstitutive Modellbestandteile der Integrierten Pro- jektabwicklung	62
3.10	Zusammenfassung	66
4	Vorstellung und Analyse des IST-Projektablaufs	69
4.1	Organisationsstruktur des Unternehmens	70
4.2	Vorstellung des Projektes	70
4.2.1	Voraussetzungen des Projektes	70
4.2.2	Allgemeine Projektdaten	71
4.3	Beschreibung des IST-Projektablaufes	73
4.3.1	Projektentwicklungsphase	74
4.3.2	Planungsphase	74
4.3.3	Ausschreibungs- und Vergabephase	75
4.3.4	Ausführungsphase	75
4.3.5	Betriebsphase	79
4.4	Analyse von Verbesserungspotenzialen	80
4.4.1	Errichtung einer Containerschule	80
4.4.2	Ausschreibung, Vergabe und Werkplanung für Abbruch, Neubau und Umbau	83
4.4.3	Gesamtbetrachtung Zubau Nord und Süd	86
4.4.4	Innenausbau Zubau Nord und Süd	88
4.4.5	Gesamtbetrachtung Zu- und Umbau	94
4.4.6	Einteilung der Optimierungspunkte in Gruppen	94
4.5	Zusammenfassung des IST-Projektablaufs	95
5	Entwicklung eines LEAN-Projektablaufs	97
5.1	Herangehensweise	97
5.2	Angedachte Optimierungsvorschläge	98
5.2.1	Errichtung einer Containerschule	98
5.2.2	Ausschreibung, Vergabe und Werkplanung für Abbruch, Neubau und Umbau	99
5.2.3	Gesamtbetrachtung Zubau Nord und Süd	99

5.2.4	Innenausbau Zubau Nord und Süd	100
5.3	Optimierungsvariante 1	100
5.3.1	<i>Schritt 1</i> : Festlegen von Funktionsbereichen und deren Priorität	101
5.3.2	<i>Schritt 2</i> : Definition von Standardraumeinheiten	105
5.3.3	<i>Schritt 3</i> : Identifikation der Arbeitsschritte	111
5.3.4	<i>Schritt 4</i> : Erstellen von Arbeitspaketen	112
5.3.5	<i>Schritt 5</i> : Definition von Taktbereich und Taktzeit	113
5.3.6	<i>Schritt 6</i> : Nivellierung der Taktzeiten	114
5.3.7	<i>Schritt 7</i> : Aufstellen eines Gewerkezugs	118
5.3.8	<i>Schritt 8</i> : Anfertigen des Taktplans	118
5.3.9	<i>Schritt 9</i> : Einplanen der Sonderbereiche in den Taktplan	120
5.3.10	Zusammenfassung Optimierungsvariante 1	122
5.4	Optimierungsvariante 2	123
5.5	Optimierungsvariante 3	127
5.6	Zusammenfassung des LEAN-Projektablaufs	129
6	Lean Management im Rahmen des österreichischen Bundesvergabegesetzes	131
6.1	Anwendung von Lean Management Methoden in der Projektumsetzung	131
6.2	Vergabe- und vertragsrechtliche Aspekte bei IPA-Projekten in Deutschland	133
6.2.1	Modell 1: Rahmenvertrag Kooperation	134
6.2.2	Modell 2: Integrierte Projektentwicklung als Mehrparteienvertrag; Vergütungs- basis abschließende finale Kosten	135
6.2.3	Modell 3: Integrierte Projektentwicklung als Mehrparteienvertrag mit Einheits- oder Pauschalpreisen nach Phase 1	137
6.3	Gegenüberstellung der gesetzlichen Rahmenbedingungen in Österreich, Deutsch- land und der EU	138
6.4	Zusammenfassung und offene Fragestellungen	141
7	Fazit und Ausblick	143
7.1	Beantwortung der Forschungsfragen	145
7.2	Ausblick auf mögliche weitere Arbeiten	149
A	Basisunterlagen und eigene Darstellungen	167

Kapitel 1

Einleitung

Die Herangehensweise des Lean Managements an eine Herausforderung stammt ursprünglich aus der japanischen Automobilindustrie in der Zeit nach dem Zweiten Weltkrieg. Im Zuge einer amerikanischen Studie aus den frühen 1990ern erlangte das Lean Management weltweit zunehmend an Bedeutung. Während Ansätze aus dem Lean Management im Allgemeinen im deutschsprachigen Raum immer bedeutender werden, finden die Spezialrichtungen Lean Construction und Lean Design für das Bauwesen erst sehr zögerlich breitere Anwendung. Oftmals werden nur einzelne Methoden, wie das Last Planner[®] System oder die Taktplanung und Taktsteuerung, eingesetzt. Ganzheitliche Ansätze werden nur sehr selten verfolgt. Immer wieder kommen speziell Lean Construction Methoden in Projekten erst dann zum Einsatz, wenn etwa zeitkritische Probleme bereits aufgetreten sind und ungeklärte Konfliktthemen die Stimmung im Projektteam längst trüben. Somit werden die angesprochenen Methoden, metaphorisch gesagt, zum Feuerlöschen gebraucht, anstatt sicherzustellen, dass sich im Idealfall erst gar kein Feuer entzündet. Dass Ansätze des Lean Managements viel erfolgreicher wirken, wenn diese von Beginn eines Projektes an verfolgt werden, kann durch den Denkansatz der Lean Philosophie erklärt werden.

Das Institut für Baubetrieb und Bauwirtschaft – Forschungsbereich Baubetrieb und Bauverfahrenstechnik der Technischen Universität Wien beschäftigt sich unter anderem mit kooperativen Projektabwicklungs- und alternativen Vertragsmodellen. Diesen Projektabwicklungs- und Vertragsmodellen wird zugesprochen, dass der Fokus (wieder) vermehrt auf den Bauablauf gelegt werden soll und Bauingenieure³ sich weniger mit rechtlichen Themen auseinandersetzen müssen.

Die vorliegende Diplomarbeit soll nun den Einsatz verschiedener Lean Management Methoden und Ansätze von der Projektentwicklung bis hin zum Betrieb eines Bauprojektes beleuchten, Vor- und Nachteile erarbeiten sowie gegebenenfalls nötige Voraussetzungen für eine Umsetzung aufzeigen. Daher werden zu Beginn die Grundlagen der Lean Philosophie, später im Speziellen für Lean Design und Lean Construction, anhand einer Literaturrecherche erläutert. Die theoretischen Grundgedanken werden in weiterer Folge auf ein konkretes Projekt angewandt, damit Überlegungen zur Messbarkeit möglicher Erfolge ableitbar sind. Die Evaluierung des

³Die Autorin legt großen Wert auf Diversität, Gleichbehandlung und eine geschlechtergerechte Sprache. Dennoch wird in der vorliegenden Diplomarbeit nach derzeit gültiger grammatikalischer Konvention das generische Maskulinum oder Femininum verwendet. Deren semantische Bedeutung ist nicht zwingend auf dasselbe binäre Geburtsgeschlecht zurückzuführen. Die ausschließliche Verwendung des generischen Maskulinums oder Femininums impliziert keinesfalls eine Benachteiligung anderer biologischer Geschlechter.

Verbesserungspotenzials basiert auf der Zusammenarbeit zwischen Experten aus der Wirtschaft, Projektbeteiligten, dem Institut für interdisziplinäres Bauprozessmanagement und der Autorin.

1.1 Ausgangssituation

Es besteht das Interesse eines Unternehmens, im Zuge einer Diplomarbeit die Auswirkungen von Lean Management Methoden auf die Entwicklung der Projektdauer zu untersuchen. Neben der Einführung von Lean Management möchte das angesprochene Unternehmen Fachkompetenzen und Stabstellen im eigenen Haus aufbauen, um so als starke und kompetente Auftraggeberin im Sinne des Bauprojektmanagements auftreten zu können. Als Kernfrage steht im Raum, inwieweit sich durch den Einsatz von Lean Management Methoden sämtliche Prozesse effizient und effektiv gestalten lassen, sodass die Gesamtprojektdauer verkürzt werden kann. Weiters soll untersucht werden, inwiefern sich eine Integration von Know-how aus der Ausführungsphase in die Planungsphase auf die Gesamtprojektdauer auswirken kann. Als öffentliche Auftraggeberin ist es unerlässlich, im Rahmen des österreichischen Bundesvergabegesetzes (BVerGG) zu handeln, weshalb dieser Gesichtspunkt nicht außer Acht gelassen werden darf.

Um die theoretischen Ergebnisse dieser Diplomarbeit in weiterer Folge auch praxisnah überprüfen zu können, sollen die Ansätze anhand eines Beispielprojektes erarbeitet werden. Die Auswahl des Projekts ist an Voraussetzungen geknüpft, um einerseits die Auswirkungen von Methoden des Lean Managements darstellen zu können und andererseits eine realistische Basis für spätere Überprüfungen der Ergebnisse zu schaffen. Abschließend wird die Anwendung von Lean Management Methoden im Einklang mit dem österreichischen Bundesvergabegesetz beleuchtet.

1.2 Motivation

In den letzten Jahren wurden die Stimmen bezüglich Fachkräftemangel, vor allem in den MINT-Bereichen (Mathematik, Informatik, Naturwissenschaften, Technik), immer lauter. Laut einer Auswertung der Statistik Austria [82] wurden in Österreich im Bereich Technik und gleichrangige, nicht-technische Berufe im Jahr 2021 durchschnittlich 23.300 Stellen als offen gemeldet. In Handwerks- und verwandten Berufen waren im selben Zeitraum 28.400 Stellen ausgeschrieben und nicht besetzt worden.⁴ Laut einer weiteren Studie der Statistik Austria [79] stieg das Arbeitsvolumen im Sektor Bau gegenüber 2015 um 18,6%. Arbeiter und Angestellte im Bausektor müssten demnach im Durchschnitt knapp ein Fünftel mehr als sechs Jahre zuvor arbeiten.⁵ Gleichzeitig wurden laut Statistik Austria [81] knapp 110.000 Krankenstände aufgrund psychischer Leiden oder Verhaltensstörungen mit einer durchschnittlichen Krankenstandsdauer von 42 Tagen pro Fall im Jahr 2020 aufgezeichnet. Daten, speziell den Bausektor betreffend, sind

⁴Vgl. [82] Statistik Austria *Offene Stellen Erhebung nach ausgewählten Merkmalen*

⁵Vgl. [79] Statistik Austria *Index des Arbeitsvolumens Basis 2015, arbeitstätig bereinigt*

nicht evaluiert.⁶ Verglichen mit den Werten aus 2015 stiegen gemäß Statistik Austria [80] die Krankenstandsfälle aufgrund psychischer Belastungen um 20%.⁷

Trotz der oben angeführten Entwicklungen steigen die Anforderungen an ein Bauprojekt seitens der Gesellschaft etwa hinsichtlich Umweltschutz, Energieeffizienz, Nutzungskomfort und Funktionalität. Höhere Ansprüche in gleichzeitig mehreren Faktoren machen ein Projekt komplexer, erfordern somit mehr Know-how in der Planung und ein Expertenteam für die Umsetzung. Der Bedarf an gut ausgebildeten Fachkräften ist ersichtlich.

Das *McKinsey Global Institute* hat in einer Studie [6] die Produktivitätsentwicklungen mehrerer Branchen in den letzten 20 Jahren verglichen. Während die Produktivitätssteigerung in der Baubranche global bei etwa einem Prozent jährlich stagniert, steigt die Produktivität der gesamten Weltwirtschaft hingegen um 2,8%, die der verarbeitenden Industrie sogar um 3,6% jedes Jahr. Die Gründe für diese Missstände sieht McKinsey in der umfassenden Reglementierung der Bauindustrie, in Diskrepanzen der Risikoordnung und Intransparenz innerhalb der Vertragsgestaltung, sowie teilweise in der Unerfahrenheit der Auftraggeberinnen und Bauherren.⁸ Dies führe zu schlechtem Projektmanagement, unzureichender Planung und fehlerhafter Realisierung, bei gleichzeitig geringer Investition in die Ausbildung der Projektbeteiligten und in die Weiterentwicklung ihrer Fähigkeiten. Weiters sieht McKinsey in den folgenden sieben Punkten Handlungsbedarf, um die Produktivität in der Baubranche ganzheitlich steigern zu können:⁸

- Umgestaltung von Gesetzen und Verordnungen
- Umgestaltung von Verträgen
- Umgestaltung von Planungsprozessen
- Verbesserung der Beschaffungs- und Lieferprozesse
- Verbesserung der Bauprozesse
- Nutzung neuer Technologien und Innovationen
- Weiterbildung aller Projektbeteiligten

McKinsey spricht sich für die Einführung eines Produktionssystems innerhalb des Bauprojektes aus.⁸ Nach der Unternehmensberatung *TCW* [84] wird ein Produktionssystem definiert als „*ein dynamisches Netzwerk von Gestaltungsprinzipien, Methoden und Werkzeugen zur Planung, zum Betrieb und zur permanenten Prozessverbesserung*“.⁹

Der Autorin der Diplomarbeit stellt sich im Zusammenhang mit der oben gebrachten Studie von McKinsey [6] die Frage, mit welchem höheren *Ziel* die Produktivität innerhalb der Baubranche gesteigert werden soll. Das größte Potenzial sieht die Autorin, wenn Produktivitätsoptimierungen mit Lösungsmöglichkeiten bezüglich Fachkräftemangel Hand in Hand gehen.

⁶Vgl. [81] Statistik Austria *Krankenstandsfälle, -dauer und -tage 2020 nach Geschlecht und Diagnose*

⁷Vgl. [80] Statistik Austria *Krankenstandsfälle seit 1990 nach Diagnose*

⁸Vgl. [6] Barbosa et al. *Reinventing Construction: A route to higher productivity*

⁹Vgl. [84] *TCW Transfer-Centrum für Produktions-Logistik und Technologie-Management GmbH & Co. KG Schlanke Produktionssysteme*

Auf wissenschaftlichen Konferenzen und in Vorträgen wird Lean Construction oftmals in Zusammenhang mit effizienter Realisierung eines Bauprojektes, dem Projekterfolg an sich und einem kundenorientierten Arbeiten gebracht. Diese Verbindungen dürften die Sehnsucht der Bauindustrie nach einer Veränderung der Umstände aufzeigen. Wird die intrinsische Motivation für ein Umdenken gemeinsam mit der Notwendigkeit zu einer Änderung aufgrund der höheren Projektansprüche genutzt, kann dieses Momentum nachhaltige, positive Veränderungen veranlassen.¹⁰

Fiedler [22] sieht die Umsetzung von Lean Construction als ein wichtiges Argument, um junge Fachkräfte gewinnen zu können. Lean Construction signalisiere, dass die Mitarbeitenden nicht mit einer 60-Stunden-Woche rechnen müssen, sondern ihr Arbeitspensum in der regulären Arbeitszeit erledigen können. Für gut ausgebildete Fachkräfte, speziell der Generation Y (Jahrgang 1980–1999), sei eine ausgeglichene Work-Life-Balance wichtig, sie definierten sich nicht mehr ausschließlich über das Erklimmen der Karriereleiter. Beschäftigte der Generation Y hätten mehr Freude an der Mit- und Weiterentwicklung des Unternehmens und der Gestaltung effizienter Prozesse, als wiederkehrende Probleme immer wieder neu lösen zu müssen, ohne deren Ursache zu erforschen.¹⁰

Ziel dieser Diplomarbeit ist demnach, mögliche Auswirkungen von Lean Management auf Bauabläufe aufzuzeigen. Sämtliche Untersuchungen sollen die menschliche Komponente in den Vordergrund rücken, um die knappe Ressource *Personal* optimal einsetzen, gesundheitlich schonen und fachlich fördern zu können. An dieser Stelle sei darauf hingewiesen, dass bewusst auf die Lean Management Philosophie in seiner Gesamtheit eingegangen wird und nicht ausschließlich auf Lean Construction Methoden. Reine Methodenkompetenz ohne Berücksichtigung sozialer Komponenten bringt auf lange Sicht keinen Erfolg.

1.3 Forschungsfragen

Nachstehend sind vier Forschungskomplexe formuliert, anhand derer die vorliegende Diplomarbeit aufgebaut ist:

1. In welche Phasen gliedert sich ein klassischer Projektablauf für eine öffentliche Auftraggeberin? Kann eine konkrete Reihenfolge dieser Phasen bestimmt werden? Wie spiegeln sich die Phasen eines klassischen Projektablaufs in einem Hochbau-Bauvorhaben wider?
2. Wie würden sich Lean Management Methoden in Planung und Ausführung eines klassisch geplanten und ausgeführten Bauvorhabens auswirken? Welche Erkenntnisse können aus dem zeitlichen Verlauf eines mit Lean Management Methoden unterstützten Projektes gewonnen werden? Wie sind die Ergebnisse – bezogen auf die Gesamtprojektdauer – zu bewerten?

¹⁰Vgl. [22] Fiedler, S. 5f.

3. Welche Vorteile bringt ein mit Lean Management Methoden geplantes und ausgeführtes Projekt? Welche Nachteile können bei einem Lean gestützten Bauvorhaben verzeichnet werden? Wie sind die Vor- und Nachteile gegenüberzustellen?
4. Sind die aufgezeigten Verbesserungsvorschläge auf Basis des Lean Managements im Rahmen des österreichischen Bundesvergabegesetzes für öffentliche Auftraggeberinnen grundsätzlich umsetzbar? Wie würden sich die gezeigten Lean Management Prozesse im österreichischen Bundesvergabegesetz integrieren lassen, falls dies überhaupt möglich ist? Welche Voraussetzungen müssten diesbezüglich noch geschaffen werden?

1.4 Forschungsmethodik

Zu Beginn der Diplomarbeit werden mittels Literaturrecherche die wesentlichen theoretischen Grundlagen des Lean Managements erarbeitet. Die reine Recherche fach einschlägiger Literatur ist für die Beantwortung der Forschungsfragen allerdings unzureichend. Als wesentlicher Teil dieser Diplomarbeit werden daher die davor vorgestellten Lean Management Methoden und Werkzeuge in einem realen Projekt etabliert. In einem Vergleich zwischen IST- und LEAN-Projektablauf können die Ergebnisse ausgewertet und interpretiert werden. In ganz Europa werden die unterschiedlichsten Lean Management Methoden und ihre zugehörigen Ansätze eingesetzt. In einem weiteren Kapitel werden die gültigen Rechtslagen in Österreich, Deutschland und der Europäischen Union gegenübergestellt.

1.5 Begriffsbestimmungen

Im folgenden Abschnitt werden Begriffe aus dem Baubetrieb und dem Lean Management erläutert beziehungsweise definiert, um einen einheitlichen Wortgebrauch in der vorliegenden Diplomarbeit zu gewährleisten. Wo vorhanden, basieren die Definitionen auf der Richtlinie der Österreichischen Bautechnikvereinigung (öbv) *Lean Planen, Bauen & Betreiben* [43].

Ablauf: Ein Ablauf besteht aus logisch aufgebauten und zeitlich voneinander abhängigen Teilvorgängen.¹¹ Er definiert – im Gegensatz zu einem Prozess – keine Dauer, konkrete Tätigkeiten oder Zuständigkeiten, sondern gibt eine übergeordnete Übersicht. Ein Bauablauf beschränkt sich auf Abläufe und Vorgänge in der Baubranche.

Ein Beispiel: Der Ablauf *Betonage Wand* besteht aus den Vorgängen Schalung aufstellen, Bewehrung verlegen, Schalung schließen und Betonieren. Dieser Ablauf gilt für alle Wände, die aus Ort beton hergestellt werden, gleichermaßen und unabhängig vom Bauvorhaben.

Auftraggeberin: Der Überbegriff Auftraggeberin umfasst die nachstehenden vier Definitionen gemäß Bundesvergabegesetz und wird in dieser Diplomarbeit auch als Überbegriff verwendet.

¹¹Vgl. [76] Schneider und Wormuth, S. 4

Bauherr: Ein Bauherr ist ganz allgemein jede (juristische) Person, die gegen Entgeltzahlung einen Auftrag zur Leistungserbringung erteilt oder zu erteilen beabsichtigt.¹²

Öffentliche Auftraggeberin: Als öffentliche Auftraggeberinnen werden all jene Auftraggeberinnen bezeichnet, die dem Bundesvergabegesetz [54] unterliegen. Das sind insbesondere Bund, Länder, Gemeinden und Gemeindeverbände.¹³

Private Auftraggeberin: Bauherrn, die nicht dem Bundesvergabegesetz unterliegen, gelten als private Auftraggeberin.

Sektorenauftraggeberin: Üben Auftraggeberinnen Sektorentätigkeiten aus, werden sie als Sektorenauftraggeberinnen bezeichnet. Sie unterliegen ebenso dem Bundesvergabegesetz [54]. Sektorentätigkeiten betreffen etwa die Bereiche Gas, Wärme, Elektrizität, Wasser, Verkehrsleistungen etc.¹⁴ Wird in dieser Diplomarbeit von öffentlichen Auftraggeberinnen gesprochen, sind Sektorenauftraggeberinnen gleichermaßen gemeint.

Build-to-order-Production: Eine Produktion nach dem Build-to-order-Prinzip ist darauf ausgerichtet, dass ein Produkt erst hergestellt wird (build), wenn ein Kunde dieses Produkt bestellt (order).¹⁵

Co-Location: Als Co-Location wird ein großer Raum ohne Trennungen bezeichnet, in dem alle Projektbeteiligten ausreichend Arbeitsplätze zur Verfügung haben.

Effektivität: Um effektiv handeln zu können, ist die Fragestellung *Was muss erledigt werden?* hilfreich. Effektivität bedeutet, die richtigen Tätigkeiten zu tun, und kann gleichbedeutend mit zielführendem Handeln gesehen werden.¹⁶

Effizienz: Um effizient handeln zu können, ist die Fragestellung *Wie muss eine Tätigkeit erledigt werden?* hilfreich. Effizienz bedeutet, die Tätigkeiten richtig zu tun, und kann mit ressourcenschonendem Handeln gleichgesetzt werden.¹⁶

Flugebene: Oftmals in Verbindung mit Prozessdarstellungen beschreibt die Flugebene den Detaillierungsgrad der Visualisierung. Eine hohe Flugebene bedeutet einen niedrigen Detaillierungsgrad, während Betrachtungen mit niedriger Flugebene sehr viele Einzelheiten beinhalten.

Gemba: Unter Gemba wird der Ort des Geschehens, an dem die Wertschöpfung erfolgt, verstanden.¹⁷

Genchi Genbutsu: Unter dem Terminus Genchi Genbutsu versteht man das Prinzip, an den Ort der Wertschöpfung zu gehen, um dort die wahren Gründe von Fehlern zu erkennen

¹²Vgl. [54] *Bundesvergabegesetz 2018, Fassung vom 07.09.2021*, §2

¹³Vgl. [54] *Bundesvergabegesetz 2018, Fassung vom 07.09.2021*, §4

¹⁴Vgl. [54] *Bundesvergabegesetz 2018, Fassung vom 07.09.2021*, §166–175

¹⁵Vgl. [61] PTC Inc. *build to order definition*

¹⁶Vgl. [77] Simonis *Effizienz und Effektivität – Wo liegen die Unterschiede?*

¹⁷Vgl. [63] REFA AG *Das REFA-Lexikon – Gemba*

und zu verstehen. In weiterer Folge sollen dadurch passende Lösungen gefunden werden können. Sakichi Toyoda sagte: „*Gehe an den Ort des Geschehens, [...] und versuche nicht, die Lösung aus dem Büro zu errahnen.*“¹⁸

Jidoka: Der Begriff Jidoka steht für intelligente Automation. Es stoppt z. B. eine Maschine automatisch, sobald ein Fehler aufgetreten ist, um die Qualität des Produktes zu sichern.¹⁹

Just-in-Time: Unter dem Just-in-Time-Prinzip wird eine bedarfssynchrone Lieferung von Produkten verstanden, bei der immer nur so viele Produkte angeliefert werden, wie auch zu diesem Zeitpunkt verarbeitet werden können. Als Produkt können ein Rohstoff, Halbwerkstücke oder das Endprodukt angesehen werden.²⁰

Kanban: Das Kanban-System ist eine Methode des Toyota-Produktionssystems und hauptsächlich für die Visualisierung vom Bedarf eines Produktes oder der Auslastung einer Arbeitsstation bekannt. Kanban kommt aus dem Japanischen und bedeutet so viel wie „Karte“ oder „Tafel“.²¹

Lean Construction: Abhängig vom Zusammenhang kann der Begriff Lean Construction sinngemäß zweierlei Bedeutungen annehmen. Die erste wird in der vorliegenden Diplomarbeit ausschließlich in den einführenden und allgemeinen Kapiteln verwendet. Ab der Spezifikation des Unterschiedes zwischen Lean Design und Lean Construction in Kap. 3 wird Lean Construction nur mehr in der zweiten Bedeutung verwendet:

- Lean Construction wird für all jene Herangehensweisen, Methoden und Werkzeuge verwendet, die allgemein in der Baubranche Anwendung finden. Das kann sowohl in der Planung als auch in der Ausführung, auf der Baustelle direkt oder im Büro sein. Analog dazu können etwa Lean Healthcare für das Gesundheitswesen, Lean Development für die Produktentwicklung oder Lean Supply Chain für das Wertschöpfungskettenmanagement genannt werden.
- Unter Lean Construction im engeren Sinn werden in dieser Diplomarbeit jene konkreten Herangehensweisen, Methoden und Werkzeuge verstanden, die speziell für die Ausführung eines Bauvorhabens – den Bau eines Gebäudes – gedacht sind.

Lean Culture: Der Begriff Lean Culture umfasst sämtliche Umgangsweisen und Grundsätze zwischen Management und Mitarbeitenden, die dazu dienen, ein Unternehmensziel zu erreichen.²²

Lean Design: Unter Lean Design werden sämtliche Herangehensweisen, Methoden und Werkzeuge zusammengefasst, die speziell für die Bauprojektplanung konzipiert sind.

¹⁸Vgl. [25] Gorecki und Pautsch, S. 4

¹⁹Vgl. [64] REFA AG *Das REFA-Lexikon – Jidoka*

²⁰Vgl. [65] REFA AG *Das REFA-Lexikon – Just-in-Time*

²¹Vgl. [66] REFA AG *Das REFA-Lexikon – Kanban*

²²Vgl. [53] Müthel, S. 25

Lean Leadership: Lean Leadership ist eng verwoben mit der Lean Culture eines Unternehmens und geht mit den allgemeinen Prinzipien des Lean Managements einher. Ziel des Lean Leaderships ist die Weiterentwicklung und Selbstbefähigung aller Mitarbeitenden durch gezielte Führungstätigkeiten, um eigenständig Prozesse optimieren und Verschwendung vermeiden zu können.²³

Lean Management: Unter dem Begriff Lean Management werden alle Methoden, Denkprinzipien und Verfahrensweisen zusammengefasst, die zur Vermeidung von Verschwendung in Prozessen dienen und gleichzeitig die Wertschöpfung für Kunden erhöhen.²⁴

Lean Thinking: Lean Thinking kombiniert definierte Grundprinzipien mit einer prozessoptimierten Denkweise und bildet somit die Grundlage für eine Lean Culture.^{25, 26}

Methode und Methodik: Als Methode wird ein bestimmtes, standardisiertes Vorgehen bezeichnet, das dazu dient, Unternehmens- oder Projektziele zu erreichen.²⁷ In der vorliegenden Diplomarbeit wird der Begriff Methodik als Synonym für den Begriff Methode verwendet, kann in anderen Arbeiten aber auch einen Überbegriff für mehrere Methoden darstellen.

Produktionssystem: Unter einem Produktionssystem wird die Organisation von Methoden, Abläufen oder Verfahren verstanden, um sämtliche Prozesse in einem produzierenden Unternehmen zu standardisieren und zu dokumentieren. Außerdem bildet ein Produktionssystem auch Regeln und Vorgaben für die Entscheidungsfindung ab. Mitarbeitende können somit die Prozesse in ihrem Einflussrahmen auch gezielt steuern.²⁸

Poka Yoke: Technische und/oder physische Vorkehrungen bei der Produktgestaltung, die Bedienungsfehler vermeiden, werden im Japanischen als Poka Yoke bezeichnet. Dabei steht Poka für einen unbeabsichtigten Fehler und Yoke für die ständige Qualitätsverbesserung durch Vermeidung.²⁹ Ein bekanntes und klassisches Beispiel für Poka Yoke im Alltag sind der Schutzkontaktstecker und die Steckdose. Der Stecker passt nur auf eine Weise in die Steckdose – Bedienungsfehler und damit einhergehende Stromschläge werden vermieden.

Prozess: Prozess ist grundsätzlich ein Synonym für einen Ablauf, mit dem Unterschied, dass die Prozessdauer bekannt ist oder berechnet werden kann, konkrete Tätigkeiten definiert sind und dass Zuständig- und Verantwortlichkeiten bestimmt werden können. Ein Bauprozess beschränkt sich auf Prozesse und Tätigkeiten in der Baubranche.

Ein Beispiel: Der Prozess *Betonage Wand* besteht aus den Tätigkeiten Schalung aufstellen durch Firma A, Bewehrung verlegen durch Firma B, Schalung schließen durch Firma A und Betonieren durch Firma C. Das Herstellen der Schalung und der Bewehrung erfolgt

²³Vgl. [67] REFA AG *Das REFA-Lexikon – Lean Leadership*

²⁴Vgl. [68] REFA AG *Das REFA-Lexikon – Lean Management*

²⁵Vgl. [93] Womack und Jones, S. 23–40

²⁶Vgl. [47] Liker, S. 23–29

²⁷Vgl. [43] *Lean Planen, Bauen & Betreiben*, S. 2

²⁸Vgl. [70] REFA AG *Das REFA-Lexikon – Produktionssystem*

²⁹Vgl. [69] REFA AG *Das REFA-Lexikon – Poka Yoke*

in drei Stunden, die Betonage findet am Nachmittag statt und ist üblicherweise für eine Wand der gegebenen Größenordnung in 30 Minuten abgeschlossen. Der Verantwortliche des Prozesses ist der Polier des Bauvorhabens.

Tätigkeiten: Der Überbegriff Tätigkeiten umfasst sämtliche Verrichtungen, die im Zuge der Berufsausübung anfallen.³⁰ Es können nachstehende Arten von Tätigkeiten unterschieden werden:

Wertschöpfende Tätigkeiten (Nutzleistung/Wertschöpfung): Als wertschöpfend werden sämtliche Tätigkeiten definiert, die direkten Wert für Kunden erzeugen.³¹

Notwendige Tätigkeiten (Scheinleistung): Jene Tätigkeiten, die notwendig sind, um in weiterer Folge Wertschöpfung zu betreiben, werden als notwendige Tätigkeiten bezeichnet.³¹

Verschwenderische Tätigkeiten (Blindleistung/Verschwendung): All jene Tätigkeiten, die keinerlei Wert für Kunden schaffen und auch nicht notwendig sind, werden als Verschwendung angesehen.³¹

Werkzeug: Als Werkzeuge werden jene standardisierten Mittel bezeichnet, die zur Anwendung oder Umsetzung von Methoden dienen.³²

1.6 Abkürzungsverzeichnis

ÖBA örtliche Bauaufsicht

öbv Österreichische Bautechnikvereinigung

AG Auftraggeberin

BVergG Bundesvergabegesetz

bzw. beziehungsweise

ggf. gegebenenfalls

GSQ Gewerkesequenz

LPS Last Planner® System

SRE Standardraumeinheit

TPS Toyota Production System

z.B. zum Beispiel

³⁰Vgl. [9] Bibliographisches Institut GmbH *Tätigkeit*

³¹Vgl. [93] Womack und Jones, S. 29

³²Vgl. [43] *Lean Planen, Bauen & Betreiben*, 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.

Kapitel 2

Grundlagen der Lean Philosophie

In diesem Kapitel sollen der Begriff des Lean Managements und die daraus abgeleiteten Termini sowie die einzelnen Entwicklungen der Lean Management Richtungen behandelt werden. Eine Auseinandersetzung mit der Historie des Lean Managements hilft, die vorgestellten Bezeichnungen, Prinzipien und Einstellungen besser zu verstehen. Fortgesetzt wird mit den Personen, die die Entwicklung des Lean Managements maßgebend beeinflusst haben. Die Ansätze des Lean Thinking, der Lean Culture und des Lean Leadership runden die Denkweise der Lean Philosophie ab. Es wird zudem erläutert, inwiefern Lean Management als Unternehmensorganisations- und Unternehmensführungskonzept wirkt und welchen Einfluss die asiatische, amerikanische und europäische Kultur auf den Erfolg von Lean Management hat. Erst eine ganzheitliche Betrachtung, die über eine einzelne Methodenkompetenz hinausgeht, lässt die wahren Ausmaße und Vorteile des Lean Managements erahnen. Anschließend wird auf die Entwicklung und die konkrete Anwendung des Lean Managements im Bauwesen eingegangen.

In Suchmaschinen und zahlreicher Literatur findet man die unterschiedlichsten Versuche, den Begriff *Lean Management* zu definieren. Lean Management ist nicht nur eine Management-Methode an sich, sondern vielmehr eine Einstellung, eine Anschauung oder gar eine Philosophie. Die ausschließliche Verwendung von konkreten Methoden, ohne deren tieferen Hintergedanken zu verstehen und auch zu leben, führt zu keinem langfristigen Erfolg. Die persönliche, innere Haltung ist genauso wichtig wie Fachwissen. Das größte Potenzial des Lean Managements kann nur durch eine holistische Betrachtung aller Komponenten entfaltet werden.³³

Für die vorliegende Diplomarbeit ist die nachstehende Definition aus Sicht der Autorin am treffendsten: Lean Management umfasst „... die Gesamtheit der Denkprinzipien, Lean-Methoden und Verfahrensweisen [...] [zur effizienten] Gestaltung der kompletten Wertschöpfungskette ...“.³⁴

Lean Management beschränkt sich demnach nicht ausschließlich auf die Baubranche, sondern kann als allgemeiner, branchenunabhängiger Begriff geführt werden.

³³Vgl. [22] Fiedler, S. 4

³⁴Vgl. [68] REFA AG *Das REFA-Lexikon – Lean Management*

2.1 Entwicklung der Lean Philosophie

Die Ursprünge des Lean Managements führen nach Japan, in jene Zeit nach dem Zweiten Weltkrieg, in der Rohstoffe und Lagerfläche sehr wertvoll und zugleich enorm rar waren. Mit den zur Verfügung stehenden Ressourcen musste man somit sehr sorgfältig umgehen. Für die Innovationen in Japan in den 1940er Jahren war die Erfindung der Fließbandfertigung im Jahr 1913 durch Henry Ford richtungsweisend. Maßgebend für die Entwicklung der Lean Philosophie waren die Familie Toyoda und Taiichi Ōhno, der Begründer des *Toyota Production Systems* (TPS). William Edwards Deming entwickelte 1950 den PDCA-Zyklus und legte damit einen weiteren wichtigen Grundstein, auf dem sich die heutige Lean Philosophie stützt. Den Begriff des Lean Managements prägten erstmals und führend James P. Womack, Daniel T. Jones und Daniel Roos in den 1990er Jahren. Die genannten Persönlichkeiten werden in den folgenden Abschnitten nun eingehend vorgestellt.

2.1.1 Henry Ford

Henry Ford (1863 – 1947) war der Gründer der *Ford Motor Company*. Sein weltweit bekanntes Modell T war bis in die 1970er Jahre das meist verkaufte Automobil der Welt. In den Jahren 1908 bis 1927 wurde dieses Fahrzeug über 15 Mio. Mal hergestellt. Nach mehreren Besichtigungen von Schlachthöfen in Chicago im Jahr 1910 führte Henry Ford 1913 das Fließband in seinen Werkstätten ein, um diese enorme Produktionsleistung zu realisieren. In den neuen Schlachthöfen wurden die Schweine nach der Schlachtung auf Haken durch den Raum geschoben. Alle Metzger zerlegten immer nur dieselben Teile eines Schweines und schoben es dann zu den nächsten Metzgern weiter. Diese Art der „Fertigung“ orientiert sich an einzelnen Prozessschritten. Damit folgte auch die Massenfertigung in anderen Industriebereichen. Umgelegt auf Fords Automobilherstellung bedeutete das, dass jeder Arbeiter oder jedes Team immer dieselben Werkstücke an jeder Karosserie montierte. Das Fahrzeug wurde anschließend auf dem Fließband zum nächsten Arbeiter oder zum nächsten Team weitertransportiert. Um eine reibungslose und schnelle Montage der Werkstücke garantieren zu können, mussten diese passgenau vorgefertigt sein. Was heute als selbstverständlich erscheint, führte Henry Ford im Zuge seiner Fließband-Innovation in den 1910er Jahren ein. Ein Automobil war keine Einzelanfertigung mehr für einen speziellen Kunden, sondern wurde zum Massengut mit möglichst wenigen bis gar keinen Sonderwünschen.^{35, 36}

Dieses Vorgehen spiegelt sich auch in Henry Fords [7] bekanntem Satz wider: „*Jeder Kunde kann sein Auto in einer beliebigen Farbe lackiert bekommen, solange die Farbe, die er will, Schwarz ist.*“³⁷

³⁵Vgl. [25] Gorecki und Pautsch, S. 3 f.

³⁶Vgl. [23] Ford Motor Company *Die Henry Ford Story*

³⁷Vgl. [7] Bender *Henry Ford – Zitate*

2.1.2 Familie Toyota und Taiichi Ōhno

Familie Toyota war eine Unternehmerfamilie, auf die einige Innovationen zurückgehen. Familienmitglieder waren Ingenieure und hatten ein gewisses Faible für die Analyse von Fehlern, woraus sie Verbesserungsideen generierten.

Der Name Toyota bedeutet aus dem Japanischen übersetzt „*fruchtbares Reisfeld*“. Nach einer öffentlichen Ausschreibung des Automobilunternehmens bezüglich eines neuen Firmennamens, entschied man sich, auch wegen der Nähe zum Namen der Gründerfamilie, für das Wort *Toyota*. Es hat zwar im Japanischen keine nähere Bedeutung, kann aber mit acht Strichen geschrieben werden – die Zahl Acht gilt in Japan als Glückszahl.³⁸

Sakichi Toyoda

Sakichi Toyoda (1867 – 1930) wurde 1985 *post mortem* vom japanischen Patentamt zu einem der wichtigsten Unternehmer und Erfinder in der japanischen Geschichte erklärt. In seinen jungen Jahren studierte Sakichi Toyoda die unterschiedlichsten Webmaschinen aus aller Welt. Zu dieser Zeit wurden industrielle Webstühle mittels Dampf betrieben, die dafür benötigte Kohle war teuer. Mit 18 Jahren setzte sich Sakichi Toyoda zum Ziel, nach einem alternativen Antrieb zu suchen. Er besuchte jede Ausstellung über Webmaschinen und beobachtete diese, bis er ihre Funktionsweise verstanden hatte. 1891 meldete Sakichi Toyoda sein erstes Patent für einen hölzernen, handbetriebenen Webstuhl an, der mit nur einer Hand angetrieben werden konnte. Dieser erreichte einen Effizienzgrad von etwa 50%. Herkömmliche Webstühle dieser Zeit hatten einen deutlich geringeren Effizienzgrad. Diese Neuerung stellte einen großen Fortschritt dar. Nichtsdestotrotz beschäftigte sich Sakichi Toyoda fortan, weiter mit Webstühlen, die nicht per Hand betrieben werden mussten, um so die Verarbeitungsgeschwindigkeit und die Gesamteffizienz zu erhöhen. 1894 erfand Sakichi Toyoda die sehr effiziente *Toyoda Winding Maschine*, die als epochaler Meilenstein in der Textilindustrie angesehen wird. Nach weiteren Innovationen und Weiterentwicklungen seiner Webstühle gründete Sakichi Toyoda 1907 die *Toyoda's Loom Works Ltd.*, die als Grundstein der Firma *Toyota Motor Corporation* gilt. Sakichi Toyoda reiste immer wieder durch ganz Europa sowie durch die USA und besichtigte und studierte die Webstühle namhafter Unternehmen. Dieses Vorgehen prägte den Begriff *Gemba* – den Ort des Geschehens. Sakichi Toyoda beobachtete oft stundenlang die Maschinen mit dem Ziel, die wahren Gründe eines Problems oder Fehlers herauszufinden. Die daraus gewonnenen Erkenntnisse ließ er in seine Erfindungen einfließen. Dieses Prinzip wird heute als *Genchi Genbutsu* bezeichnet und ist eines der grundlegenden Prinzipien des Toyota-Produktionssystems. Weitere Ausführungen dazu folgen in Abs. 2.4.^{39, 40, 41}

Kiichirō Toyoda

Kiichirō Toyoda (1894 – 1952) war der Sohn von Sakichi Toyoda. Die automatischen Webstühle seines Vaters wurden von Kiichirō Toyoda weiterentwickelt. Er führte zudem das *Jidoka*-Prinzip

³⁸Vgl. [86] Toyota Deutschland GmbH *Wie alles begann*

³⁹Vgl. [48] Mass und Robertson, S. 1 ff.

⁴⁰Vgl. [25] Gorecki und Pautsch, S. 4 f.

⁴¹Vgl. [87] Toyota Industries Corporation *The Story of Sakichi Toyoda*

ein, bei dem der Webstuhl automatisch stoppte, sobald ein Faden riss oder das Ende erreicht war. Durch diese Neuerung konnte nun eine Person mehrere Maschinen gleichzeitig betreuen. Zum einen konnte die Produktivität, zum anderen auch die Qualität der Produkte gesteigert werden. Vor seinem Tod hatte Sakichi Toyoda seinem Sohn Kiichirō nahegelegt, seine Vision von einem eigenen Automobilwerk zu verfolgen. Kiichirō Toyoda gründete 1937 die *Toyota Motor Corporation*.^{40, 41, 42}

Taiichi Ōhno

Taiichi Ōhno (1912 – 1990) gilt als der Erfinder des Toyota-Produktionssystems. Viele Lean Management Methoden gehen auf ihn zurück. Er war in den 1950er Jahren der Produktionsleiter des Stammwerks der *Toyota Motor Corporation*. Auf seinen Reisen in die USA besuchte Taiichi Ōhno mehrere Supermarktketten sowie die Fabriken der *Ford Motor Company* und von *General Motors*. Er setzte das Prinzip der bedarfsorientierten Nachbestellung in seinem Werk um.^{40, 43}

Durch eine verbrauchsabhängige Nachbestellung der Waren konnte die Lagerfläche auf ein Minimum verkleinert werden. Das setzte allerdings voraus, dass die Waren rechtzeitig bestellt wurden, um eine zeitgerechte Lieferung zum festgelegten Zeitpunkt der Weiterverarbeitung gewährleisten zu können. Dieses Prinzip wird *Just-In-Time*-Lieferung genannt. Wann eine bestimmte Ware bestellt werden muss, zeigt die sogenannte *Kanban-Karte* an. Kanban-Karten können unterschiedlich aussehen und verschiedene Informationen beinhalten, alle Versionen haben aber eine Gemeinsamkeit: Sie visualisieren den minimalen Restbestand einer Ware, der sich nach der Lieferdauer der jeweiligen Ware richtet. Werden zum Beispiel in einem Werk täglich zehn Stück der Ware A weiterverarbeitet und beträgt die Lieferdauer vom Zeitpunkt der Bestellung bis zum Zeitpunkt der möglichen Weiterverarbeitung drei Tage, so muss spätestens bei 30 Stück Restbestand nachbestellt werden.

2.1.3 William Edwards Deming

William Edwards Deming (1900 – 1993) war US-amerikanischer Physiker und Statistiker und gilt als der Vorreiter im Bereich des Qualitätsmanagements. Seiner Expertise zur Qualitätssteigerung in Prozessen wurde bis in die 1980er Jahre in den USA wenig Gehör geschenkt. Anders verhielt es sich in Japan, wo Demings Ansätze bereits 1950 in die japanischen Unternehmenskulturen aufgenommen wurden. Zu seinen Ehren wird in Japan ab 1950 der Deming-Preis, einer der wichtigsten Qualitätspreise, vergeben. Auf Deming geht der bekannte PDCA-Zyklus (*plan, do, check, act*) zurück.

Die Begriffe Demingkreis und *kontinuierlicher Verbesserungsprozess* werden als Synonyme geführt. Ziel des PDCA-Zyklus ist es, einen kontinuierlichen Verbesserungsprozess durch neue Standardisierungen in die Wege zu leiten. Abb. 2.1 soll diesen Prozess zum besseren Verständnis darstellen:

⁴²Vgl. [88] Toyota Motor Corporation *75 Years of Toyota*

⁴³Vgl. [46] Liker, S. 31

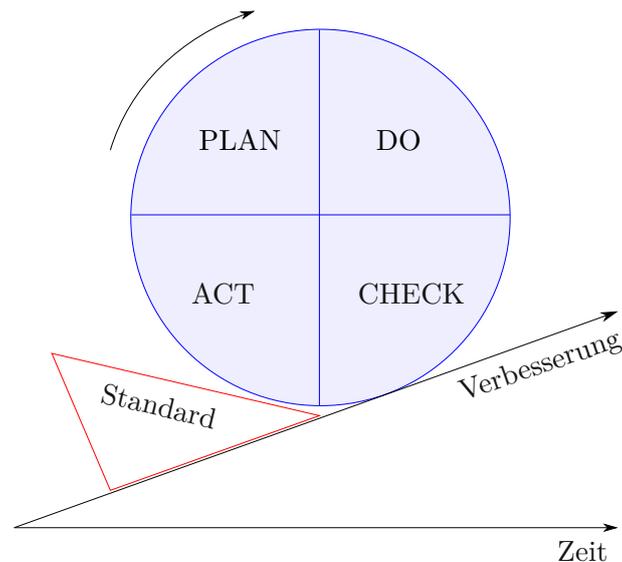


Abb. 2.1: Der PDCA-Zyklus nach Deming (modifiziert nach: *Lean Planen, Bauen & Betreiben* [43, S. 70])

Die Schwerpunkte sind in den einzelnen Phasen nach *Lean Planen, Bauen & Betreiben* [43] wie folgt gesetzt:

P – plan: Probleme werden analysiert und Lösungsansätze erarbeitet.

D – do: Lösungsansätze werden getestet, falls nötig konkretisiert und anschließend umgesetzt.

C – check: Die Ergebnisse werden mit den Erwartungen aus der *do*-Phase verglichen.

A – act: Stimmen die erzielten Ergebnisse mit den Erwartungen überein, wird ein entsprechender Standard etabliert, wenn nicht, beginnt eine neue *plan*-Phase.

Lean Management Methoden haben zum Ziel, Verschwendung in Prozessen zu eliminieren. Dazu kann die Herangehensweise des PDCA-Zyklus beitragen.

2.1.4 James P. Womack und Daniel T. Jones

Die US-amerikanischen Ökonomen James P. Womack und Daniel T. Jones haben in ihrem 1992 erschienen Buch *Die zweite Revolution in der Autoindustrie: Konsequenzen aus der weltweiten Studie aus dem Massachusetts Institute of Technology* [94] erstmals den Begriff *Lean* eingeführt. Innerhalb ihrer Forschungsprogramme am *Massachusetts Institute of Technology* untersuchten sie weltweit die unterschiedlichsten Produktionspraktiken, speziell im Automobilssektor. Der von James P. Womack und Daniel T. Jones erfundene Name *Lean Management* umfasst alle in ihrer Forschung beobachteten Prinzipien, Herangehensweisen und Einstellungen, die eben zu einem „schlanken“ Management beitragen. Diese Entwicklung erklärt, warum der Begriff *Lean Management* eher in Europa und Amerika bekannt ist als in Japan selbst.

In seiner Dissertation beschäftigt sich James P. Womack mit den Unterschieden der Industriepolitik zwischen den USA, Deutschland und Japan. Angelehnt an seine Dissertation, zeigt

nachstehende Tabelle (Tab. 2.1) Unterschiede von Herstellungsmerkmalen in Abhängigkeit vom Produktionsstandort auf.⁴⁴

	japanische Werke in Japan	japanische Werke in Nordamerika	amerikanische Werke in Nordamerika	alle europäische Werke
LEISTUNG				
Produktivität <i>Stunden pro Auto</i>	16,8	21,2	25,1	36,2
Qualität <i>Montagefehler pro 100 Autos</i>	60,0	65,0	82,3	97,0
LAYOUT				
Fläche <i>Quadratmeter pro Auto pro Jahr</i>	0,5	0,8	0,7	0,7
Größe des Reparaturbereichs <i>Prozent der Montagefläche</i>	4,1	4,9	12,9	14,4
Lagerbestand <i>Tage für 8 ausgewählte Teile</i>	0,2	1,6	2,9	2,0
ARBEITSKRÄFTE				
Verteilung produktiver Arbeitskräfte zu Management <i>Prozent produktiver Arbeitskräfte in Teams</i>	69,3	71,3	17,3	0,6
Job Rotation <i>0 = keine ; 4 = häufig</i>	3,0	2,7	0,9	1,9
Verbesserungsvorschläge <i>Vorschläge pro Beschäftigten</i>	61,6	1,4	0,4	0,4
Lohnverteilung <i>Anzahl der Lohngruppen</i>	11,9	8,7	67,1	14,8
Ausbildung neuer produktiver Arbeitskräfte <i>Stunden</i>	380,3	370,0	46,4	173,3
Abwesenheit <i>Prozent</i>	5,0	4,8	11,7	12,1
AUTOMATION				
Schweißen <i>% der Arbeitsgänge</i>	86,2	85,0	76,2	76,6
Lackieren <i>% der Arbeitsgänge</i>	54,6	40,7	33,6	38,2
Montage <i>% der Arbeitsgänge</i>	1,7	1,1	1,2	3,1

Tab. 2.1: Produktivitätsvergleich in der Automobilherstellung zwischen Japan und Ländern in Amerika sowie Europa (modifiziert nach: Womack et al. [94, S. 97])

Sehr deutlich sind die Unterschiede bezüglich den Kriterien *Produktivität*, *Lagerbestand* und *Job Rotation*. Japanische Werke stellen ein Auto im Vergleich zu europäischen Werken um mehr als die Hälfte schneller her, Werkstücke werden in amerikanischen Lagerhallen über 14-mal länger gelagert. Japanische Arbeiter wechseln häufiger ihre Aufgabengebiete als amerikanische Kollegen, so entwickeln sie sukzessive ein Verständnis für den gesamten Herstellungsprozess. Wie diese teils enormen Unterschiede zustande kommen, sollen die nächsten Abschnitte verdeutlichen.

⁴⁴Vgl. [42] Lean Enterprise Institute *James Womack*

2.2 Lean Thinking

In diesem Abschnitt werden die Grundsätze des Lean Thinking vorgestellt, die in weiterer Folge als theoretische Basis konkreter Methoden und Werkzeuge von Lean Design und Lean Construction dienen. Neben anderen Begriffen prägten James P. Womack und Daniel T. Jones in ihrem ersten Buch [94] den Begriff *Lean Thinking*. Da Lean Thinking derart Anklang gefunden hat, haben sich die zwei Autoren 1996 in einem weiteren, über 400 Seiten starken Buch mit dem Titel *Lean Thinking: Ballast abwerfen, Unternehmensgewinne steigern* [93] ausschließlich diesem Thema gewidmet.

Bei Lean Thinking geht es hauptsächlich darum, die eigene Denkweise über herkömmliche, ressourcenoptimierte Prozesse kritisch zu hinterfragen. Es ist zu überlegen, inwieweit die Tätigkeiten der Beteiligten dahingehend geändert werden können, dass für sämtliche Beteiligten ein Mehrwert generiert und gleichzeitig Verschwendung eliminiert werden kann.⁴⁵

James P. Womack und Daniel T. Jones sehen Verschwendung in ressourcenoptimierten Prozessen. Hierfür bedienen sie sich der fünf Grundprinzipien des Lean Thinking, auf die in den nachstehenden Abschnitten näher eingegangen wird:⁴⁶

1. Die Spezifikation des Kundenwerts
2. Die Identifikation des Wertstroms
3. Das Fluss-Prinzip
4. Das Pull-Prinzip
5. Die Perfektion

Um allerdings den Grundgedanken hinter den fünf Grundprinzipien zu verstehen, ist es wichtig, sich des Phänomens Verschwendung in all seinen Facetten bewusst zu werden. Die fünf Grundprinzipien des Lean Managements bauen auf dem Verständnis für Verschwendung auf. Das Ziel des Lean Thinking besteht darin, in weiterer Folge eine Lean Culture im Unternehmen zu etablieren.

2.2.1 Verschwendung und ihre Formen

Ein Wort, das das komplette Lean Management – unabhängig von spezifischen Branchen – durchgängig prägt, ist *Muda*. Muda ist die japanische Bezeichnung für Verschwendung. Unter dem Terminus Verschwendung werden nach James P. Womack und Daniel T. Jones [93] sämtliche Tätigkeiten zusammengefasst, die Ressourcen verbrauchen, dabei allerdings keinen Wert generieren. Das wären etwa zu korrigierende Fehler, die Produktion von Gütern, für die kein Markt besteht, daher Lagerfläche verbrauchen und -kosten verursachen. Unnötige Prozessschritte, die zu Wartezeiten führen, oder unnötiger Transport von Material ohne Zweck zählen ebenso zu

⁴⁵Vgl. [22] Fiedler, S. 13 f.

⁴⁶Vgl. [94] Womack et al., S. 20

Muda. Als die größte Verschwendung wird die Produktion von Gütern oder Dienstleistungen gesehen, die nicht den Wünschen der Kunden entsprechen.

James P. Womack und Daniel T. Jones [93] behaupten, „wenn Sie [...] lernen, muda zu erkennen, werden Sie außerdem entdecken, dass es sogar mehr davon um Sie herum gibt, als Sie je geahnt hätten.“⁴⁷

Das Gegenteil von Verschwendung stellt Wertschöpfung dar. Dazu zählen jene Tätigkeiten, die direkten Wert für den Kunden erzeugen. Sie werden auch Nutzleistung genannt. Jene Tätigkeiten, die notwendig sind, um wertschöpfende Leistung zu erbringen, werden auch Scheinleistung genannt. Alle Prozessschritte, die keinerlei Wert erzeugen, heißen Blindleistung oder Verschwendung.⁴⁸

Als Beispiel sei das Betonieren der Kellerwände eines Gebäudes als wertschöpfende Tätigkeit genannt, sofern der Bauherr ein Kellergeschoss geplant hat. Das Aufstellen der Schalung stellt eine notwendige Tätigkeit dar, da ohne Schalung keine Wand in Ortbetonbauweise betoniert werden könnte. Suchen einer Mutter des Schalungsankers, das Warten auf die Betonlieferung oder das Umheben von Bewehrung, weil diese an genau der Stelle liegt, wo die Kellerwand hergestellt werden soll, zählen zu Verschwendung. Dieses Beispiel ist vielleicht eine sehr plakative Darstellung. Wie groß aber der Anteil an Verschwendung werden kann, soll der nächste Abschnitt zeigen, denn die Identifikation des Kundenwerts und Verschwendung gehen Hand in Hand.

2.2.2 Die Spezifikation des Kundenwerts

Ganz nach dem Motto „Der Kunde ist König“ steht der Kundenwert als oberstes Prinzip des Lean Thinking. Ohne Kunden gibt es keine Abnehmer, ohne Abnehmer keine Produktion oder Dienstleistung und ohne Produktion oder Dienstleistung wird jedes Unternehmen früher oder später obsolet. Den Wert eines Produktes oder einer Dienstleistung definieren demnach ausschließlich die Kunden, wobei die Hersteller diesen Wert erzeugen. Direkter formuliert, ist die angesprochene Aufgabe der Hersteller, nämlich für Kunden Wert zu erzeugen, „der Grund, weshalb es Hersteller gibt.“⁴⁹

James P. Womack und Daniel T. Jones hatten immer wieder mit Unternehmen zu tun, die ihre Geräte und Herstellungsstraßen auf komplizierte Art und Weise modernisierten, bei der aber die Kunden keinen Mehrwert erfuhren. Es wurden oftmals neue, teure Technologien eingesetzt, die nur mehr Spezialisten bedienen und verstehen konnten. Die Maschinen konnten das Produkt dennoch nicht schneller oder billiger herstellen. Diese Entwicklung erhöhte allerdings den Preis eines Produktes, den die Endkunden zu tragen hatten, ohne dass sie Vorteile genießen konnten. In vielen Fällen wird der Wert eines Produktes fälschlicherweise von den Spezialisten in der Fertigung definiert, wobei Kundenwünsche unberücksichtigt bleiben.⁴⁹

An dieser Stelle wird in der Fachliteratur gerne ein Beispiel aus dem Flugverkehr gebracht: Möchte ein Gast von A nach B fliegen, besteht der Wert der Dienstleistung darin, möglichst schnell und sicher von A nach B zu gelangen. Da Fluggesellschaften allerdings ressourcenoptimiert (dazu

⁴⁷Vgl. [93] Womack und Jones, S. 23

⁴⁸Vgl. [93] Womack und Jones, S. 29

⁴⁹Vgl. [93] Womack und Jones, S. 24–26

später mehr in Abs. 2.2.4) aufgestellt sind, werden Flüge zeitlich so angesetzt, dass das Flugzeug (die Ressource) möglichst wenig Stillstandszeiten hat. Das führt dazu, dass Passagiere mindestens zwei bis drei Stunden vor Abflug einchecken und längere Wartezeiten beim Gate in Kauf nehmen müssen. Sämtliche Zusatzdienstleistungen, wie eine *VIP-Lounge* oder Einkaufsmöglichkeiten, sollen den Passagieren die Wartezeit zwar angenehmer gestalten, tragen aber, streng genommen, nicht zur Werterfüllung bei – nämlich von A nach B zu reisen.⁴⁹

Umgelegt auf das oben gebrachte Beispiel der Kellerwände, bedeutet das, dass alle beschriebenen Tätigkeiten einer Verschwendung gleichzusetzen sind, sobald der Bauherr kein unterkellertes Gebäude bestellt hat. Dies gilt auch für den Fall, dass keinerlei Materialien mehr gesucht oder verlegt werden müssen und die Betonlieferung noch so pünktlich ist. Vor jeder Prozessoptimierung muss sich daher ein Unternehmen die Frage stellen, *wofür* der Kunde bereit ist, Geld auszugeben. Sämtliche Prozessoptimierungen, die dem Kunden keinerlei Mehrwert liefern, sind Verschwendung.

2.2.3 Die Identifikation des Wertstroms

Wertstrom ist ein Begriff, der aus der Betriebswirtschaftslehre stammt. Er umfasst sämtliche Tätigkeiten und Prozesse, die dazu dienen, ein Produkt herzustellen oder eine Dienstleistung anzubieten. Der Wertstrom inkludiert alle Tätigkeiten und Prozesse, die es braucht, um aus dem Rohstoff ein fertiges Produkt herzustellen. Er geht meist über die eigenen Unternehmensgrenzen hinaus.⁵⁰

Im Falle der Baubranche wäre etwa ein bezugsfertiges Gebäude das fertige Produkt. Der zugehörige Wertstrom erstreckt sich von der Projektentwicklungsphase über die Planung, Ausschreibung und Vergabe bis hin zur Ausführung. Dieser berücksichtigt alle Projektbeteiligten, vom Bauherrn bis zu den Nutzern, vom Betonlieferanten bis zum Bodenlegerunternehmen. Dieses Beispiel beschreibt einen enorm großen Wertstrom, der sehr viele Teilprozesse beinhaltet. Es ist allerdings auch möglich, kleinere Teilprozesse isoliert zu betrachten und jedes Teilergebnis als eigenständiges Produkt zu sehen – etwa den fertigen Einreichplan zur Vorlage bei der Behörde.

Zum gesamten Wertstrommanagement gehören die Wertstromanalyse (Aufzeigen des IST-Zustandes), das Wertstromdesign (Definieren des SOLL-Zustandes) und die Wertstromplanung, die sämtliche Verbesserungsschritte beinhaltet, um im Sinne eines PDCA-Zyklus den SOLL-Zustand zu erreichen. Das übergeordnete Ziel der Wertstromanalyse ist, Prozesse, Material- und Informationsflüsse zu visualisieren und Verschwendung aufzuzeigen.⁵¹

Das Fluss-Prinzip und die Wertstromanalyse ergänzen und unterstützen sich gegenseitig. Während die Wertstromanalyse Ressourcenflüsse aufzeigt und visualisiert, versucht das Fluss-Prinzip diese Ressourcen *in Fluss* zu bringen.

⁵⁰Vgl. [73] Rother und Shook *Sehen lernen: mit Wertstromdesign die Wertschöpfung erhöhen und Verschwendung beseitigen*

⁵¹Vgl. [43] *Lean Planen, Bauen & Betreiben*, S. 29

2.2.4 Das Fluss-Prinzip

Das Fluss-Prinzip zielt darauf ab, einen durchgängigen Fluss von Personal- und Zeitressourcen, Materialien und Informationen zu gewährleisten. Der Ursprung dieses dritten Grundprinzips des Lean Managements geht auf die Fließbandproduktion der stationären Industrie zurück. Die Unterschiede zwischen stationärer Industrie und der Baubranche sind laut öbv-Richtlinie [43] nachstehend aufgezeigt:⁵²

1. In der stationären Industrie sind Geräte und Personal standortbezogen fest, während das Produkt von Arbeitsstation zu Arbeitsstation weitertransportiert wird. In der Bauindustrie ist jedoch das herzustellende Gebäude (das Produkt) in den meisten Fällen an einen bestimmten Bauplatz gebunden, während Geräte und Personal an verschiedenen Bereichen der Baustelle oder gar zwischen unterschiedlichen Baustellen wechseln.
2. Automatisierte Fertigungsprozesse bestimmen zum Großteil die Produktherstellung in der stationären Industrie, während sich die Baubranche durch einen hohen Anteil an arbeitsintensiver, manueller Fertigung auszeichnet.
3. Eine Produktion in der stationären Industrie wird meist erst nach komplett abgeschlossener Planung und einer Testphase gestartet. Gebäude sind hingegen Unikate, wobei oftmals schon während der Planungsphase zu bauen begonnen wird, oder anders gesagt: Während der Ausführung werden immer noch Teilplanungen geändert, Details fertiggestellt oder ergänzt.
4. Die Baubranche ist außerdem von externen Einflüssen wie Witterung, Temperatur oder Verkehr teilweise oder gänzlich abhängig. Diese Parameter spielen in der stationären Industrie nur eine sehr untergeordnete Rolle.
5. Während in der stationären Industrie längerfristige Rahmenverträge mit Lieferanten geschlossen werden, ist die Teamzusammensetzung auch in Hinblick auf Partnerunternehmerkonstellationen bei jedem Bauprojekt verschieden.

Weiters sei hinzuzufügen, dass bei jedem Bauprojekt Auftraggeberinnen oft mit unterschiedlichen Firmen zusammenarbeiten. So sind die Projektteams von Bauvorhaben zu Bauvorhaben meist verschieden personell besetzt. Unter Beachtung der oben angeführten Eigenschaften der Bauindustrie lassen sich nun laut der öbv-Richtlinie [43] acht Hauptflüsse aufzählen, die grundsätzlich in keiner Wertigkeit zueinander stehen:

- Menschen
- Geräte
- Materialien
- Informationen
- gemeinsames Verständnis
- Vorleistungen
- sicherer Arbeitsplatz
- äußere Bedingungen

⁵²Vgl. [43] *Lean Planen, Bauen & Betreiben*, S. 10

Jedes Unternehmen und jeder Bauherr kann seine eigene Priorität festlegen, wobei diese auch in den unterschiedlichen Phasen der Projektrealisierung geändert werden kann. Fest steht allerdings, dass alle acht Hauptflüsse zu einem gelungenen Bauvorhaben beitragen und die Vernachlässigung eines Teilflusses den Erfolg gefährden kann.

Wie bereits oben angedeutet, gibt es einen Unterschied zwischen Ressourceneffizienz und Flusseffizienz. Um den Bogen zum Fluss-Prinzip spannen zu können, bedient sich die Autorin des Beispiels aus dem Werk *Das ist Lean: die Auflösung des Effizienzparadoxons* [50]:

Eine Patientin ertastet einen Knoten in der Brust und ist verunsichert. Sie sucht ihren Frauenarzt auf, der sie an eine Spezialklinik verweist. In der Spezialklinik werden einige Untersuchungen gemacht, allerdings kann keine konkrete Diagnose gestellt werden. Die Patientin wird an ein Speziallabor verwiesen, das eine Gewebeprobe entnimmt. Der Befund der Biopsie wird an die Spezialklinik geschickt, wo die Frau erneut einen Termin vereinbaren muss. Für die Vereinbarung jedes Arzttermins muss die Patientin mehrmals in der jeweiligen Ordination anrufen, da kurzfristig keine freien Termine zur Verfügung stehen. Bekommt die Patientin nun endlich Gelegenheit, mit den entsprechenden Ärzten zu sprechen, muss sie zuvor länger im Warteraum Platz nehmen. Man entschuldigt sich mit den Worten, die Fachärzte hätten sehr viel zu tun. Insgesamt sechs Wochen nach Ertastung des Knotens erhält die Patientin ihren Befund.⁵³

Eine zweite Patientin ertastet ebenso einen Knoten in ihrer Brust und ist gleichfalls verunsichert. Sie weiß von einem interdisziplinären Brustkrebszentrum im örtlichen Krankenhaus, an das sich Frauen ohne Überweisung direkt wenden können. Am übernächsten Tag fährt die zweite Patientin in die Klinik und wird von einer Krankenschwester begrüßt. Die Patientin wird in das Untersuchungszimmer begleitet, wo sofort eine Voruntersuchung durchgeführt wird. Danach wird die Frau in das Wartezimmer gebeten. Kurze Zeit später liegen die Ergebnisse vor, eine Ärztin klärt sie umgehend über die nächsten Untersuchungen auf. Die Krankenschwester begleitet die Patientin in die entsprechenden Untersuchungsräume. Etwa zwei Stunden, nachdem die Patientin das Krankenhaus betreten hat, wird sie zur zuständigen Chirurgin gebeten, die mit ihr den endgültigen Befund bespricht.⁵³

Im ersten Fall zeigt die klassische ressourcenoptimierte Herangehensweise unseres Gesundheitssystems auf. Ressourceneffizienz bedeutet, dass die behandelnden Ärzte oder die teuren Untersuchungsgeräte niemals Leerläufe haben sollten, unabhängig davon, ob die Patientinnen lange Wartezeiten in Kauf nehmen müssen oder nicht. Im Gegensatz dazu steht die Flusseffizienz, bei der dem Produkt (der Patientin beziehungsweise dem Befund) durchgehend Wert zugefügt wird. Die zweite Patientin erfährt keine Wartezeit, an ihrem Befund wird durchgehend gearbeitet. Wie in Gl. 2.1 dargestellt, bedeutet, mathematisch gesehen, Flusseffizienz nichts anderes, als der Anteil der wertschöpfenden Tätigkeiten im Verhältnis zur Durchlaufzeit:

$$\text{Flusseffizienz [\%]} = \frac{\text{wertschöpfende Tätigkeiten [min]}}{\text{Durchlaufzeit [min]}} * 100 \quad (2.1)$$

⁵³Vgl. [50] Modig und Åhlström, S. 2–17

Die Durchlaufzeit kann mit *Little's Gesetz* in Gl. 2.2 beschrieben werden, das von John D. C. Little im Zuge der Warteschlangentheorie aufgestellt und bewiesen wurde:

$$\text{Durchlaufzeit [min]} = \text{Flusseinheiten in Arbeit} * \text{Zykluszeit [min]} \quad (2.2)$$

Der Faktor *Flusseinheiten in Arbeit* zählt all jene Produkte, Werkstücke oder Dienstleistungen, die innerhalb einer definierten Zeitspanne bearbeitet oder erbracht werden. Die Zykluszeit misst die vergangene Zeit, bis eine neue Flusseinheit die Systemgrenzen passiert. Wichtig für die Bestimmung der Durchlaufzeit ist die Definition der Systemgrenzen. Um noch einmal auf die Patientinnen aus dem oben gebrachten Beispiel zurückzukommen: Bei der ersten Patientin sind insgesamt 42 Tage (1.008 Stunden) vom Erstkontakt mit dem Gesundheitssystem bis zur Erstellung der Diagnose (diese Spanne entspricht den Systemgrenzen) vergangen, wobei lediglich zwei Stunden auf Arztgespräche oder Untersuchungen fallen. Die zweite Patientin hat ihren Befund innerhalb von zwei Stunden, von denen 80 Minuten direkt wertschöpfende Zeit ist. Die Flusseffizienz des ressourcenoptimierten Gesundheitssystems beträgt gerundet 0,2 Prozent, die Flusseffizienz der zweiten Gesundheitssystemausrichtung liegt hingegen bei 67 Prozent. Bevor das Fluss-Prinzip vollständig verstanden und sich zu Nutze gemacht werden kann, muss man sich über die Auswirkungen von Verschwendung, des Wertes eines Produktes und der Durchlaufzeit im Klaren sein. Dabei ist es wichtig zu verstehen, welche Tätigkeiten einem Produkt Wert zufügen und welche Verschwendung darstellen. Das Fluss-Prinzip und das Pull-Prinzip sind eng miteinander verknüpft und bauen aufeinander auf.

2.2.5 Das Pull-Prinzip

Toyota war nach dem Zweiten Weltkrieg mit einer ausgedehnten Wirtschaftskrise konfrontiert. Beim Wiederaufbau der japanischen Industrie sah sich Toyota gezwungen, nur jene Produkte fehlerfrei und schnell herzustellen, die von Kunden nachgefragt wurden. Für nicht benötigte Produkte fehlten schlichtweg die Ressourcen. Aus diesen Bedürfnissen entstand das Fluss-Prinzip mit seiner *Just-in-Time*-Lieferung, die mit dem Pull-Prinzip einhergeht. Pull bedeutet, aus dem Englischen übersetzt, *ziehen*. Kunden ziehen mit ihrer Bestellung sämtliche vorgelagerten (Produktions-)Prozesse beziehungsweise bringen sie in Gang. Ohne Kundenbestellung wird nichts produziert. Toyota nannte diese Produktionsart *Build-to-order-Production*. Um allerdings den Wert eines Produktes zu kennen, musste Toyota über den Kundenbedarf Bescheid wissen. Bei jeder Bestellung wurden daher die Kunden gefragt, *was genau* (welches Produkt) sie haben möchten, *wann* das Produkt geliefert werden soll und *welche Menge* die Kunden benötigen.⁵⁴

Als Beispiel dient folgende Veranschaulichung von Modig und Åhlström [50]. Der Informationsfluss ist nach Abb. 2.2 dem Produktfluss entgegengerichtet, wobei jeder Produktionsschritt den Kunden des vorangestellten Produktionsschrittes darstellt. Bestellt der Endkunde ein blaues Auto vom Modell A mit Liefertermin etwa zum nächsten Monatsanfang, dann wird genau dieses Auto in Produktion gegeben.

⁵⁴Vgl. [50] Modig und Åhlström, S. 78 ff.

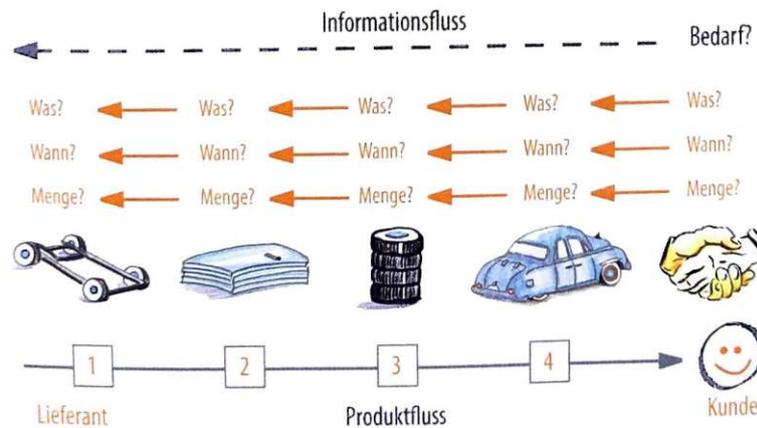


Abb. 2.2: Gegenüberstellung Informations- und Produktfluss (Quelle: Modig und Åhlström [50, S. 81])

Die Endwerkstätte (Nummer 4 in Abb. 2.2) bekommt vom Verkäufer die Kundenwünsche mit folgenden Informationen übermittelt:

- *Was* soll hergestellt werden? – blaues Auto, Modell A
- *Wie viele* Autos sollen produziert werden? – ein Stück
- *Bis wann* soll es geliefert werden? – bis zum nächsten Monatsersten

Somit kann die Endwerkstätte dem Partnerbetrieb, welcher die Reifen und Felgen liefert (Nummer 3 in Abb. 2.2), erneut folgende Informationen zukommen lassen:

- *Was* soll hergestellt werden? – Sommerreifen für das Fahrgestell vom Typ B und Felgen des Typs C
- *Wie viele* Reifen sollen produziert werden? – vier Stück
- *Bis wann* sollen sie geliefert werden? – in 14 Tagen

Der Partnerbetrieb kann wiederum bei seinem Materiallieferanten (Nummer 2 in Abb. 2.2) die nötigen Blechwerkstücke bestellen, die für die Produktion der Felgen nötig sind. Dabei werden immer die benötigten Informationen weitergegeben, um die Fragen *Was? Wann? Menge?* beantworten zu können. Dieser Informationsfluss geht so weit, bis der Beginn der jeweiligen Wertschöpfungskette (Nummer 1 in Abb. 2.2) erreicht worden ist. Für die Weitergabe der Informationen wird kein hochkomplexes System benötigt, sondern auf das Kanban-System zurückgegriffen. Es gibt sowohl eine analoge Art (Kanban-Kärtchen) als auch eine digitale Möglichkeit (einfache Bestellsoftware). Welche Art des Kanban-Systems gewählt wird, hängt von einigen Einflussfaktoren, wie von interner/externer Bestellung, von Lieferwegen und -zeiten oder vom Produktionsprozess an sich, ab.⁵⁵

⁵⁵Vgl. [50] Modig und Åhlström, S. 78 ff.

Das Gegenteil von *Pull* ist *Push*. Beim Push-Prinzip, das in fast allen Branchen weltweit die vorherrschende Produktionsart ist, werden Produkte – unabhängig von der Marktnachfrage – in großer Menge produziert. Die Produkte müssen in riesigen Lagerhallen zwischengelagert werden und überschwemmen in weiterer Folge den Markt. Den Kunden werden gewisse Produkte durch Sonderpreise oder Mengenrabatte sozusagen aufgezwungen, andernfalls müssten diese Produkte entsorgt werden.⁵⁶

Gerade zu Zeiten, in denen die Bedeutung von Nachhaltigkeit und ressourcenschonender Produktion in jeder Branche allgegenwärtig ist, gewinnt eine bedarfsorientierte Produktion (Pull-Prinzip) immer mehr an Bedeutung.

2.2.6 Die Perfektion

Die Perfektion stellt das letzte und zugleich das am schwierigsten zu verwirklichende Grundprinzip des Lean Thinking dar. Perfektion kann als das umfassende Prinzip aller vorangegangener Prinzipien gesehen werden. Durch die Spezifikation des Kundenwertes und die Identifikation des Wertstromes kann eine Produktion in Fluss gebracht werden. Das gibt zugleich Kunden die Möglichkeit, Leistungen oder Produkte direkt abzurufen (Pull-Prinzip). Je stärker der Wertfluss beschleunigt wird, desto eher wird Verschwendung identifiziert. Je mehr Kunden an einem Prozess ziehen, desto mehr Hürden werden aufgedeckt und können beseitigt werden. Und je besser die Prozesse funktionieren, desto eher entspricht ein Produkt oder eine Leistung dem Kundenwunsch – je zufriedener die Kunden, desto größer die Nachfrage. Das Streben nach Perfektion ist daher der Motor, der das Rad der Grundprinzipien am Laufen hält.⁵⁶

2.2.7 Resümee zum Lean Thinking

Die fünf Grundprinzipien des Lean Thinking bilden die theoretische Basis für konkrete Methoden und Werkzeuge von Lean Design und Lean Construction. Das Verständnis von Verschwendung und ihren Formen ist den Prinzipien vorangestellt. Dabei wird zwischen wertschöpfenden Tätigkeiten, notwendigen Tätigkeiten und Verschwendung unterschieden. Die Spezifikation des Kundenwerts trägt dazu bei, jene Aktivitäten herauszufinden, die einem Produkt oder einer Dienstleistung Wert zuführen. Sobald der Kundenwert festgestellt worden ist, kann mit der Identifikation des Wertstromes begonnen werden. Der Wertstrom inkludiert alle Tätigkeiten und Prozesse, die es braucht, um aus dem Rohstoff ein fertiges Produkt herzustellen. Dabei werden sämtliche Prozesse beleuchtet, um in weiterer Folge enthaltene Verschwendung zu eliminieren. Prozesse innerhalb des Wertstroms können auch unternehmensexterne Partner, wie etwa Lieferanten, betreffen. Eine kontinuierliche Bewegung des herzustellenden Produktes ist Ziel des Fluss-Prinzips. Voraussetzung dafür ist die Elimination von verschwenderischen Tätigkeiten entlang des gesamten Wertstroms. Das Pull-Prinzip soll den Kunden die Möglichkeit geben, das gewünschte Endprodukt oder die Vorgängerleistungen jederzeit anfordern zu können. Die Nachfrage der Kunden bestimmt somit die Geschwindigkeit des Flusses innerhalb des Wertstroms. Das umfassende Grundprinzip des

⁵⁶Vgl. [93] Womack und Jones, S. 35 f.

Lean Thinking ist die Perfektion. Durch Streben nach Perfektion wird Verschwendung stetig minimiert, dadurch kann der Wertstrom schneller fließen. Die Produkte erfüllen immer genauer den Kundenwunsch – die Chance steigt, dass dieses Produkt immer öfter bestellt wird. Die fünf Grundprinzipien greifen alle ineinander. Wird an einer Stellschraube gedreht, beeinflusst das automatisch auch die anderen Faktoren. Die Ansätze des Lean Thinking fließen in der Folge in die Lean Culture und in das Lean Leadership ein.

2.3 Lean Culture und Lean Leadership

Dieser Abschnitt befasst sich mit der Kultur, die mit dem Lean Management einhergeht. Zuerst wird auf die Begriffsdefinition eingegangen. Unter *Kultur* versteht man nach Textor [85] „*die Gesamtheit der typischen Lebensformen [oder] Verhaltensnormen*“, wie etwa einer Streit- oder Sicherheitskultur. Kultur basiert auf bestimmten Wertvorstellungen und erlernten Verhaltensweisen.⁵⁷

Unter Unternehmenskultur werden jene gemeinsamen Glaubensgrundsätze zwischen Management und Mitarbeitenden verstanden, mit deren Hilfe das Unternehmen seine Ziele erreichen soll. Es kann zwischen einer egoistisch-individuellen und einer prinzipien- und gesellschaftsorientierten Unternehmenskultur unterschieden werden. Bei ersterer verfolgen sowohl Management als auch Mitarbeitende persönliche, eigene Interessen. Bei einer prinzipien- und gesellschaftsorientierten Unternehmenskultur wird ausschließlich unter Einhaltung von gesellschaftlichen Gesetzen und Normen gehandelt, wobei auch das Interesse von Kunden und Partnerunternehmen berücksichtigt wird.⁵⁸

Möchte man die Lean Culture beschreiben, kann die in Abb. 2.3 dargestellte 4P-Pyramide herangezogen werden. Die 4P-Pyramide ist Teil des Toyota-Produktionssystems. Als Fundament wirkt die langfristige Philosophie, die den Unternehmenszweck, aber auch die Unternehmensvision beinhaltet. Die Vision bildet die Entwicklungsgrundlage, in welchem Rahmen sich das Unternehmen ausrichten soll. Selbst wenn ein kurzfristiges Ziel nicht klar definiert werden kann, zeigt die Vision die Richtung – sie entspricht quasi einer Kompassnadel. Die Vision kann abstrakt formuliert werden und soziokulturelle Inhalte haben. Der Unternehmenszweck beschreibt, wie sich ein Unternehmen in den nächsten Jahren zum Beispiel wirtschaftlich entwickeln möchte. Aufbauend auf der Philosophie, werden langfristig Prozesse beschrieben, die laut Toyota zu betrieblichen Bestleistungen führen sollen, wobei Verschwendung eliminiert wird. Die Spitze der Pyramide bilden Personen und Partner sowie eine kontinuierliche Verbesserung durch Problemlösung.^{59, 60}

In den nächsten Abschnitten wird der Stellenwert, den Mitarbeitende und Partner bei Toyota haben, beschrieben. Für Toyota ist die Integration der Mitarbeitenden in die Geschäftsprozesse für Erfolg ausschlaggebend. Alle Mitarbeitenden sind dazu angehalten, innerhalb einer kontinuierlichen Verbesserung zum Unternehmenserfolg beizutragen.

⁵⁷Vgl. [85] Textor, S. 239

⁵⁸Vgl. [53] Mützel, S. 25

⁵⁹Vgl. [47] Liker, S. 25

⁶⁰Vgl. [25] Gorecki und Pautsch, S. 36

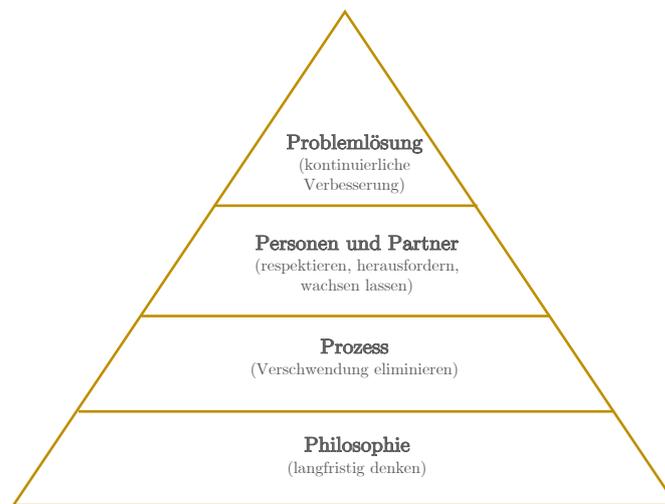


Abb. 2.3: 4P-Pyramide (modifiziert nach: Liker [47, S. 81])

Führungskultur

Um ein streng hierarchisch geführtes Unternehmen zu einer „lebenden“ Organisation zu machen, braucht es einen kulturellen Wandel, den alle Beteiligten im Unternehmen mittragen. Unter „lebender Organisation“ wird nach *Konas Consulting* [35] eine gemeinschaftsorientierte Organisation verstanden, in der alle Mitarbeitenden den Sinn und Zweck ihres Unternehmens sowie dessen Werte und Vision kennen und leben. Lebende Organisationen zeichnen sich dadurch aus, dass sie auf Leistungs- und Anpassungsfähigkeit, aber auch auf die Potenzialentfaltung ihrer Mitarbeitenden ausgerichtet sind. Diese übernehmen Verantwortung bezüglich ihres Handelns und sind sich bewusst, was ihr Beitrag für ihr Team oder das gesamte Unternehmen bedeutet.⁶¹

Um eine Kultur, wie oben beschrieben, leben zu können, bedarf es einer Führungsart, bei der nicht autoritär vom Büro aus entschieden wird. Es braucht eine Führungskraft, die das Wohl, die Bedürfnisse und die Meinung der Mitarbeitenden berücksichtigt. Zudem sollte das Prinzip Gemba (Gehe zum Ort des Geschehens) eine Selbstverständlichkeit sein. Soll ein Kulturwandel zu einem Lean-organisierten Unternehmen stattfinden, besteht die wichtigste Aufgabe des Managements darin, eine Vorbildrolle einzunehmen und mit gutem Beispiel voranzugehen.⁶²

Fehlerkultur

In Organisationen ohne etabliertes Lean Thinking werden aus Angst vor Konflikten möglichst keine Fehler erwähnt – weder die eigenen, noch die von Kollegen. Sollen in weiterer Folge Prozesse optimiert werden, müssen allerdings Fehler und Probleme angesprochen werden (dürfen). Um Fehler oder Probleme nachhaltig eliminieren zu können, ist es zudem wichtig, dass der Ursache auf den Grund gegangen wird und nicht nur Symptome behandelt werden. Hierfür hat sich die 5W-Fragetechnik etabliert. Bei dieser wird solange *Warum?* nachgefragt, bis diese Frage nicht mehr gestellt werden kann. Erst dann ist die wahre Ursache gefunden. Eine entscheidende

⁶¹Vgl. [35] Konas Consulting Unternehmensberatung GmbH *Lebendige Organisationen gestalten*

⁶²Vgl. [22] Fiedler, S. 75 f.

Aufgabe von Führungskräften im Lean Management ist daher, eine offene Fehlerkultur zu fordern und zu fördern.⁶³

Prozessdenken

Um den Wertstrom identifizieren oder das Fluss-Prinzip anwenden zu können, ist es wichtig, ein gewisses Verständnis für Prozesse, deren Einflüsse und Auswirkungen aufzubauen. In vielen Unternehmen findet man Abteilungen, in denen Aufgaben isoliert voneinander, in Stapeln oder ohne Berücksichtigung anderer Abteilungen, erledigt werden.

Womack und Jones [93] bringen ein anschauliches Beispiel: Mehrere Exemplare eines Rundschreibens müssen gefaltet, die Kuverts verschlossen, frankiert und mit der entsprechenden Adresse versehen werden. Die neunjährige Tochter des Autors ist sich sicher, dass eine stapelweise Bearbeitung am effizientesten sei. Zuerst müsse man alle Rundschreiben falten, dann alle Kuverts verschließen, danach jeweils frankieren und erst zum Schluss sämtliche Adressen vermerken. Dieses Vorgehen ist aber keinesfalls flusseffizient. Aus Sicht des Rundschreibens würde es zwischen den Bearbeitungsschritten eine viermalige Wartezeit erfahren. Die Durchlaufzeit wäre sehr lange und das Fehlerpotenzial groß, eine nicht zum Empfänger des Rundschreibens passende Adresse auf dem Kuvert zu notieren. Aus der Sicht des Rundschreibens könnte Flusseffizienz hergestellt werden, indem sämtliche Prozessschritte an jeweils einem Rundschreiben hintereinander durchgeführt werden. Erst wenn ein Rundschreiben gefaltet, das Kuvert verschlossen, frankiert und mit der richtigen Adresse versehen ist, wird das nächste gefaltet.⁶⁴

Dieses Beispiel geht auf die Erhöhung der Flusseffizienz aus der Sicht des Rundschreibens ein, es steht das Rundschreiben im Mittelpunkt der Betrachtungen. Besteht hingegen das Ziel darin, der Tochter bei der Aufgabe Freude zu bereiten, ist der Kundenwert ein ganz anderer. Vielleicht wird jedes einzelne Papier bunt bemalt oder es werden Papierflieger gebastelt – Hauptsache, die Tochter freut sich. Dieses Paradigma zeigt sehr deutlich, wie wichtig die Identifikation des Kundenwerts am Anfang aller Überlegungen und Bemühungen ist.

Bevor alle Prozessbeteiligten Verschwendung aufzeigen und im Sinne einer lebenden Organisation Verbesserungsvorschläge einbringen können, müssen sie zuerst die Prozesse verstehen und ein Prozessdenken erlernt haben. Die Prozessdenkweise erfordert eine Betrachtung des großen Ganzen, auch über die eigenen Team- oder Abteilungsgrenzen hinaus. Diese Einstellung bedingt unter anderem ein Überdenken konventioneller Unternehmensorganisationen.⁶⁴

Wissenskultur

Vom englischen Philosophen Francis Bacon [21] stammt die Aussage „*Wissen ist Macht*“. Das Bürgertum wolle durch Zugang zu Wissen Anteil an der Macht erlangen, um so die vererbten Standesrechte abzulösen.⁶⁵

⁶³Vgl. [22] Fiedler, S. 67

⁶⁴Vgl. [93] Womack und Jones, S. 31–34

⁶⁵Vgl. [21] Faulstich *Aufklärung – Zugang zum Wissen und die Macht seines Gebrauchs*

Ganz im Sinne von Marie von Ebner-Eschenbach, die betont „*Wer nichts weiß, muss alles glauben*“ [90], sollten die Irrtümer und Täuschungen der Machthabenden durch Wissen durchschaut werden können und zu einer neuen gesellschaftlichen Ordnung führen.⁶⁶

Laut Fiedler [22] wird in konventionellen Organisationsstrukturen Wissen oder Erfahrung selten mit Kollegen geteilt, um die eigene Stellung zu wahren. Langjährige Mitarbeiter hätten somit die „Macht“ über jüngere, unerfahrenere Angestellte. Problematisch wird diese Einstellung vor allem dann, wenn die erfahrenen Personen die Organisation verlassen und ihr Wissen und ihre Erfahrung dem Unternehmen verloren gehen. Möchte ein Unternehmen die Kultur der Wissensweitergabe einführen, braucht es die Unterstützung des Managements. Eine gelebte und offene Wissenskultur ist ein Grundpfeiler lebender Organisationen, speziell aber auch interdisziplinärer Teams, die es oftmals zur Realisierung von Bauprojekten benötigt.⁶⁷

Respekt und Wertschätzung

Wie bereits eingangs angesprochen, sah sich Toyota nach dem Zweiten Weltkrieg mit einer massiven gesamtwirtschaftlichen Depression konfrontiert. Kredite wurden gestrichen, der Absatz der produzierten Wagen war gering und die Gewerkschaften der Beschäftigten wurden durch Unterstützung der amerikanischen Besatzungsmächte immer stärker. Kiichirō Toyoda sah sich gezwungen, ein Viertel der Belegschaft zu entlassen, um das Unternehmen vor dem Bankrott zu retten. Er selbst übernahm die Verantwortung für diesen Misstand und trat als Präsident des Unternehmens zurück. Nach langen Verhandlungen einigten sich Familie Toyoda und die Gewerkschaft auf einen Kompromiss, der den Beschäftigten zwei Garantien einräumte, eine lebenslange Beschäftigung und Bezahlung sowie Bonuszahlungen in Abhängigkeit von den Unternehmensgewinnen. Somit erhielten die Beschäftigten Zugang zu sämtlichen Toyota-internen Einrichtungen, Wohnungen oder Freizeitangeboten. Ihnen wurden zudem viele Rechte in der Toyota-Gemeinschaft zugesprochen. Im Gegenzug erwartete sich das Unternehmen, dass jede Arbeitskraft einen Beitrag zur Weiterentwicklung des Unternehmens leistet und sich aktiv engagiert, Fehler zu erkennen und zu eliminieren. Beschäftigte traten durchschnittlich im Alter von 20 Jahren ins Unternehmen ein und blieben bis zu ihrer Pensionierung mit 60 Jahren. Toyota erkannte seine Verantwortung bezüglich der Ressource Mensch und investierte folglich in die Weiterbildung und die Fähigkeiten aller Beschäftigten. Das ist im Vergleich zur amerikanischen Fließbandproduktion zur selbigen Zeit eine gänzlich konträre Herangehensweise. Dort wurden Beschäftigte als austauschbare Billigstlohn-Arbeitskräfte angesehen. Toyotas Vorgehen brachte den Angestellten Respekt und Wertschätzung ein, woraufhin die Beschäftigten sehr bald bereit waren, vollen Einsatz zu bringen und sich auf die neuen Produktionsvorschläge von Taiichi Ōhno einzulassen. Respekt und Wertschätzung prägen die gesamte Kultur und sämtliche Führungsbestrebungen nach der Lean Philosophie.⁶⁸

⁶⁶Vgl. [90] von Ebner-Eschenbach *Wer nichts weiß, muss alles glauben*

⁶⁷Vgl. [22] Fiedler, S. 58

⁶⁸Vgl. [94] Womack et al., S. 58–60

Zusammenfassung

Lean Culture und Lean Leadership gehen Hand in Hand. Beide sind geprägt von der übergreifenden Lean Philosophie und beide stellen den Menschen in den Vordergrund. Durch flache Hierarchien und verantwortungsbewusste Führung soll eine lebende Organisation entstehen. Lebende Organisationen zeichnen sich durch ihre Leistungs- und Anpassungsfähigkeit aus, wo zudem alle Mitarbeitenden ihre Potenziale entfalten können. Eine offene Fehlerkultur ist Voraussetzung für kontinuierliche Verbesserung. Nur wer Fehler nicht als Störung, sondern als Chance betrachtet, kann sich positiv entwickeln. In Prozessen zu denken, ist für viele Personen ungewohnt oder ihnen gar fremd. Um allerdings Verschwendung erkennen und Fehlern auf den Grund gehen zu können, braucht es eine Betrachtung des großen Ganzen – eben die Prozessdenkweise. Eine ehrliche Wissensweitergabe zwischen Mitarbeitenden, aber auch zwischen Generationen, trägt zum Erfolg einer lebenden Organisation bei. Lean Culture und Lean Leadership stützen sich entscheidend auf Wertschätzung und einen gegenseitigen, respektvollen Umgang. Dies führte bei Toyota zur persönlichen Verantwortung der Führungskräfte und zum Versprechen, für Mitarbeitende lebenslang zu sorgen.

2.4 Lean Management im Bauwesen

Neben der Automobilbranche haben später auch andere Bereiche den übergreifenden Mehrwert des Lean Managements erkannt. Ausgelegt auf die stationäre Industrie, wurden erst in den 1990er Jahren Bestrebungen gestartet, die Methoden und Herangehensweisen an die Baubranche anzupassen. Als Basis diente Lean Production, mit Schwerpunkt in der industriellen Fertigung. Die Grundprinzipien der Lean Logistics konnten für die Baubranche adaptiert übernommen werden. Lean Administration bedient jene Bereiche der Baubranche, die nicht direkt das operative Geschäft betreffen. Das wären unter anderem Verwaltungsaufgaben, wie etwa Einkauf, Controlling oder Personalwesen. Lean Design deckt hingegen den Teilbereich der Planung ab, während Lean Construction auf die Bauausführung spezialisiert ist.

Lean Production

Das *Toyota Production System* ist ein ganzheitliches Produktionssystem, das vom langjährigen Produktionsleiter der *Toyota Motor Corporation* Taiichi Ōhno entwickelt worden ist. Darauf aufbauend, prägten James P. Womack und Daniel T. Jones den allgemeineren Namen Lean Produktionssystem, das für die gesamte industrielle Fertigung ausgelegt ist. Die Grundsätze sind übernommen worden und können am Besten mit dem Haus des Toyota-Produktionssystems (Abb. 2.4) dargestellt werden. Die Wirtschaftslage nach dem Zweiten Weltkrieg zwang Toyota dazu, höchste Produktivität und Qualität anzustreben, um am Markt überleben zu können. Toyota war sich sicher, dieses Ziel durch die Ansätze von Jidoka und einer Just-in-Time-Produktion erreichen zu können. Innerhalb der Just-in-Time Produktion lag das Hauptaugenmerk auf einem kontinuierlichen Materialfluss, dem Pull-System und einer getakteten Fertigung. Dabei wird nur auf Kundennachfrage bestellt, geschulte Mitarbeitende sichern die ausbalancierte Produktion. Unter Jidoka werden standardisierte Prozesse und Methoden zur Fehlervermeidung

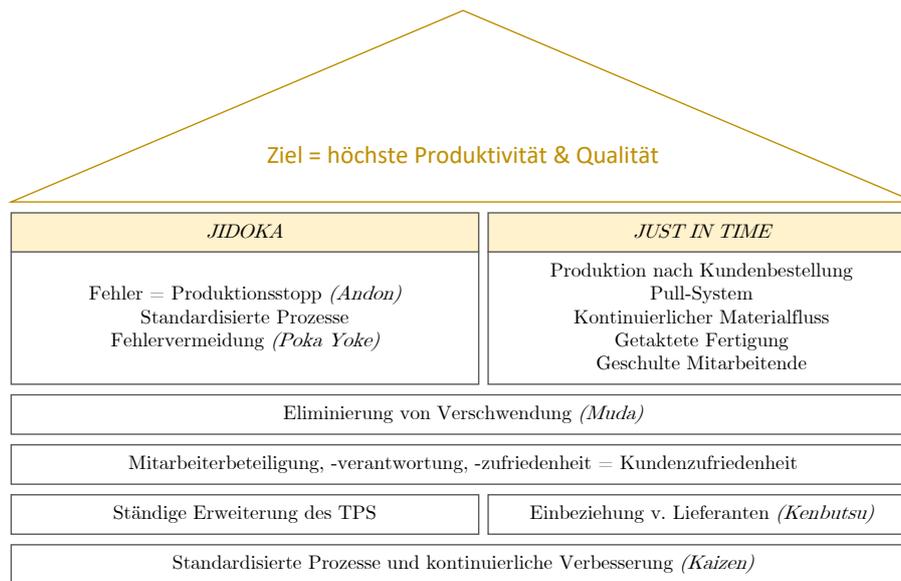


Abb. 2.4: Das Haus des TPS (modifiziert nach: Fiedler [22, S. 50])

zusammengefasst. Grundlage bietet ein automatisierter Stopp der Produktion, sobald ein Fehler auftritt. Das Fundament des Toyota-Hauses bilden der Gedanke, Verschwendung zu eliminieren, die Kundenzufriedenheit und die Einbeziehung sämtlicher Partner, wie etwa Lieferanten. Die kontinuierliche Verbesserung und eine ständige Erweiterung des Toyota-Hauses sollen höchste Produktivität und die Qualität der Produkte sichern.⁶⁹

Lean Production und das Toyota-Produktionssystem fassten im Grunde die geschichtlichen Entwicklungen der Lean Philosophie (Abs. 2.1) in einer Methodik zusammen. Leicht adaptiert, finden sich die Grundgedanken auch bei Lean Construction wieder – Näheres in Kap. 3.

Lean Logistics

Lean Logistics beschäftigt sich mit sämtlichen Tätigkeiten in Logistikprozessen. Diese können von der Lieferung der Rohstoffe über innerbetriebliche Lagerverwaltung bis hin zum Transport eines Endproduktes zu Kunden reichen. Dabei werden die fünf Grundprinzipien des Lean Managements und die Verschwendungsarten von der Produktherstellung auf Lieferprozesse umgelegt und entsprechend adaptiert. Laut Mecalux [49] sollen durch folgende Punkte die Logistikkosten gesenkt und die Durchlaufzeit verkürzt werden:⁷⁰

1. Identifizieren der Aktivitäten, die einen Mehrwert für Kunden haben
2. Verschwendung erkennen und gleichzeitig Verbesserungsmöglichkeiten finden
3. Erstellen eines neuen optimierten Prozessablaufs (Wertstromdesign – vgl. Abs. 2.2.3)
4. Pull-Strategien zur Bestandsminimierung anwenden
5. Neue Prozesse standardisieren und auf Veränderung reagieren

⁶⁹Vgl. [22] Fiedler, S. 47–52

⁷⁰Vgl. [49] Mecalux GmbH *Was bedeutet Lean Logistik?*

Die Analogien zu den fünf Grundprinzipien des Lean Managements sind erkennbar. Im Zuge der Bauvorbereitung findet Lean Logistics oft Anwendung bei speziellen, komplexen Baufeldern. Das sind zum Beispiel innerstädtische Baustellen, wo die Zufahrtsmöglichkeiten sehr eingeschränkt sind oder kaum Lagerfläche beziehungsweise Fläche für Baustelleneinrichtung zur Verfügung steht.

Lean Administration

Lean Administration deckt mit ihren Methoden all jene Bereiche des Bauwesens ab, die nicht direkt mit dem operativen Geschäft in Verbindung zu bringen sind. Das wären etwa Verwaltungsaufgaben, kaufmännische Verrechnung oder die gesamte administrative Auftragsabwicklung. Kosten für Baugeräteverwaltung, Controlling oder die Personalabteilung werden oft über Baustellengemeinkosten auf den Preis der Bauleistung umgelegt. Je geringer ein Unternehmen die Gemeinkosten halten kann, desto größer ist der Wettbewerbsvorteil gegenüber anderen Unternehmen. Lean Administration ist auf die Aufgaben administrativer Verwaltung spezialisiert – allen voran ihre Ansätze *Shopfloor-Management* und die *Stand up-Meetings*. Diese Methoden werden, angepasst an die Bedürfnisse der Baubranche, in Kap. 3 vorgestellt.

Lean Design und Lean Construction

Sowohl Lean Design als auch Lean Construction bedienen sich der Lean Philosophie, ihrer Grundprinzipien, der Eigenschaften einer Lean Culture und des Lean Leaderships. Allerdings können die meisten – für die Automobilbranche entwickelten – Methoden nicht direkt auf das Bauwesen umgelegt werden. Die Unterschiede zwischen stationärer Industrie und der Baubranche wurden bereits in Kap. 2.2.4 erläutert. Es sind daher eigene Methoden speziell für die Planung und die Bauausführung erarbeitet worden. Sie nehmen Rücksicht auf jene Herausforderungen des Bauwesens, die jedes Bauvorhaben einzigartig machen. Eine Auswahl von Methoden und ihre Beschreibungen sind Hauptinhalt des nächsten Kapitels.

2.5 Zusammenfassung

Lean Management hat zum Ziel, Wert ohne Verschwendung zu generieren. Dabei sollen wertschöpfende Tätigkeiten oder Prozesse optimal aufeinander abgestimmt werden, während nicht wertschöpfende Tätigkeiten oder Prozesse so gering wie möglich gehalten oder gänzlich eliminiert werden. Dabei steht der Mensch immer im Mittelpunkt, sei es durch Bemühungen, bestimmte Produkte nach den Wertvorstellungen der jeweiligen Kunden herzustellen, sei es durch die Umsetzung von Lean Thinking oder einer Lean Culture im Unternehmen. Lean Thinking und Lean Culture prägen die psychosoziale Einstellung und ergänzen das methodenspezifische und strukturierte Herangehen des Lean Managements. Nur eine holistische Anwendung von Lean Management, bei der alle Komponenten gleichwertig umgesetzt werden, verspricht Erfolg.

Der deutsche Qualitätsmanagementpionier und Ingenieurwissenschaftler Gerd Kamiske [34] prägt den passenden Leitspruch: „*Qualität entsteht [...] mithilfe der Technik auf der Basis einer entsprechenden Geisteshaltung.*“⁷¹

⁷¹Vgl. [34] Kamiske und Brauer, S. 67

Kapitel 3

Vertiefende Betrachtung von Lean Design, Lean Construction und Integrierter Projektabwicklung im Bauwesen

Im Zuge dieses Kapitels werden ausgewählte Lean Management Methoden und Lean Construction Methoden sowie zugehörige Werkzeuge vorgestellt. Ihre theoretischen Grundlagen werden beleuchtet und an geeigneten Stellen werden Beispiele gebracht. Die vorgestellten Methoden finden in den nächsten Kapiteln ihre Umsetzung. Als eine der bekanntesten Lean Construction Methoden gilt das Last Planner® System, das große Ähnlichkeiten mit dem Lean Construction Management® aufweist. Die Beschreibung von Gesamtprozessanalysen, der Taktplanung sowie der Taktsteuerung stellen einen wesentlichen Teil des Kapitels dar. Vor allem die einzelnen Schritte der Taktplanung sind für die praktische Projektoptimierung von Relevanz. *Shopfloor*-Management und *Stand-Up-Meetings* können sowohl im Lean Design als auch in Lean Construction angewendet werden. Anschließend werden konkrete Werkzeuge, die dem Last Planner® System oder der Taktsteuerung zugeordnet werden können, vorgestellt. Am Ende dieses Kapitels folgt eine Einführung in die Integrierte Projektabwicklung.

An dieser Stelle ist zu erwähnen, dass sämtliche Herangehensweisen des Lean Managements auch in Lean Construction (im Sinne des Lean Managements innerhalb der Baubranche) Anwendung finden. So sind die übergeordneten fünf Prinzipien des Lean Managements ebenso in der Baubranche relevant, wie die Denkweise der Lean Philosophie mit Lean Thinking, Lean Culture und Lean Leadership. Eine extrahierte Betrachtung einzelner Lean Construction Methoden oder Lean Design Methoden und Werkzeuge führt – ohne Berücksichtigung der Lean Philosophie – langfristig zu keinem Erfolg.

3.1 Last Planner® System

Das Last Planner® System ist ursprünglich von Glenn Ballard im Zuge seiner Dissertation [5] konzipiert worden. Glenn Ballard gilt als einer der wichtigsten und bedeutendsten Persönlichkeiten in der frühen Lean Construction Entwicklung. Er ist Mitglied und Forschungsleiter am *Lean Construction Institute*, das den (geschützten) Begriff Last Planner® System fördert. Dabei wird der Begriff sowohl im Englischen als auch im Deutschen gleichbedeutend verwendet. Der *Last Planner* bezeichnet, frei übersetzt, jenen „letzten Planer“, der den finalen Schritt zur Realisierung eines Bauvorhabens ausführt. Der *Last Planner* kann jedoch genauso ein ausführendes Gewerk sein. Generell zielt das Last Planner® System primär auf ausführende Unternehmen, im Speziellen auf Generalunternehmer, ab. Allgemein kombiniert das Last Planner® System die Vorteile von projektteaminterner Kooperation und der Visualisierung von Abläufen und Prozessen. Im Projektteam wird gemeinsam ein Ablaufplan des Bauprojektes definiert. Das Erfolgsrezept des Last Planner® Systems besteht darin, dass *alle* Projektbeteiligten an der Erstellung des Ablaufplans mitwirken und somit auch für den Inhalt einstehen.⁷²

Anders als in der stationären Industrie gibt es in der Baubranche für die Produktionsplanung und -steuerung keine vergleichbare Systematik. Planungs- und Ausführungsabläufe hängen oft von einzelnen, erfahrenen Mitarbeitenden ab. Laut einer Studie des *BauInfoConsult* fällt ein Großteil der eingesetzten Arbeitsstunden auf Wartezeiten und Nacharbeiten – der Fehlerkostenanteil liegt bei 14% des gesamten Branchenumsatzes. Methoden wie das Last Planner® System oder die weiter unten beschriebene Taktplanung und -steuerung können durch ihre prozessbasierte Systematik die Lücke zwischen Projektmanagement und Ausführung schließen. Beide Systeme können eigenständig, aber genauso in Verbindung angewendet werden – jede Prozessstabilisierung wirkt sich positiv auf die Produktivität aus.⁷³

Um die Funktionsweise des Last Planner® Systems nach Ballard [4] zu verstehen, benötigt man vorab zwei Begriffsdefinitionen, von denen die *Planung von Plänen* „Wege zur Erreichung von Zielen“ beschreibt. Die *Ausführung von Plänen* umfasst zwei Funktionen, einerseits „Maßnahmen zur Erreichung der Ziele“, andererseits die „Überwachung der Fortschritte hin zu diesen Zielen“. Das Last Planner® System wurde folglich dazu entwickelt, in Projekten proaktiv gezielte Maßnahmen zur Zielerreichung zu setzen.⁷²

In Abb. 3.1 sind überblicksmäßig die Inhalte des Last Planner® Systems nach Ballard [4] dargestellt. Was an Arbeiten, wann und von wem erledigt werden *sollten* (*should*), geben Meilenstein- und Phasenpläne an (*Master and Phase Scheduling*). Wie Meilenstein- und Phasenpläne aufgebaut sind, wird in Abs. 3.7 erläutert. Tätigkeiten müssen durch eine vorausschauende Planung so vorbereitet werden, dass sie bei geplantem Startzeitpunkt ausführbar sind. Arbeitspakete, die erledigt werden *können* (*can*), werden aus den gemeinsam erstellten, detaillierteren Plänen entnommen, zu denen das gesamte Team seine Verpflichtungserklärung abgegeben hat. Diese Ablaufpläne geben außerdem auch jene Tätigkeiten an, die in Zukunft erledigt *werden* (*will*). Arbeitspakete, die bereits erledigt *wurden* (*did*), dienen der Gegenüberstellung von Plan-SOLL

⁷²Vgl. [4] Ballard, S. 121 f.

⁷³Vgl. [30] Haghsheno und Wachter, S. 37

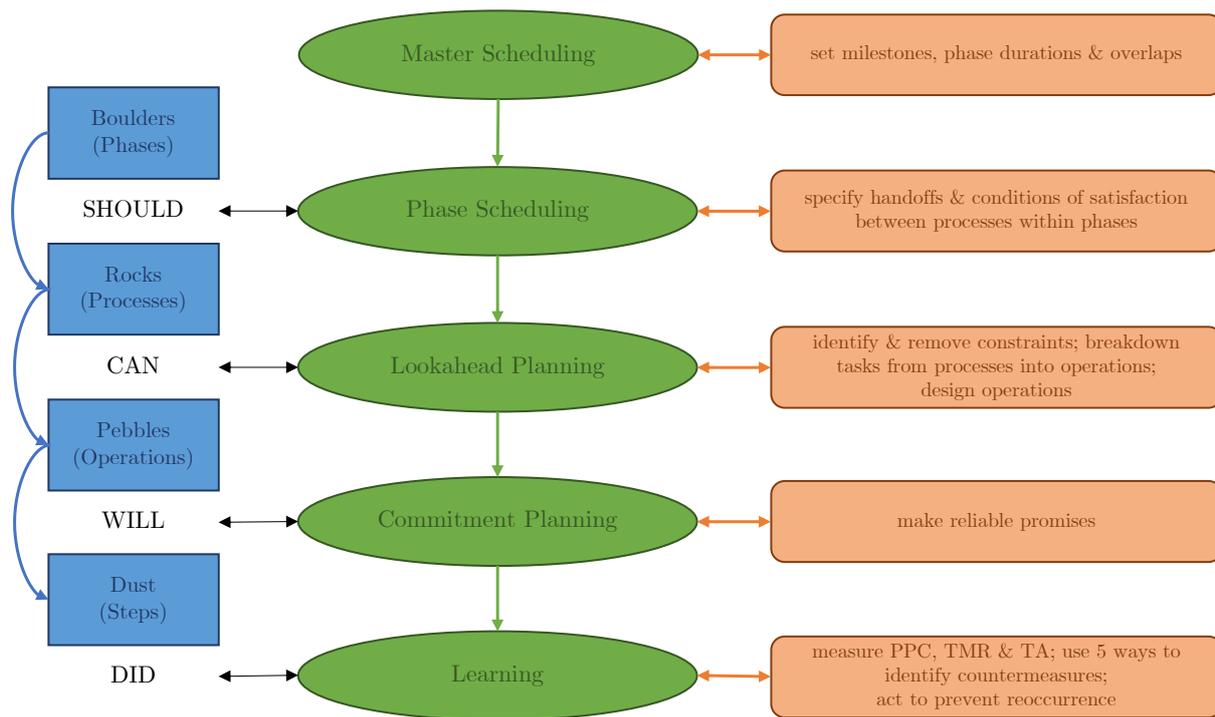


Abb. 3.1: Übersicht der Funktionsweise des Last Planner® Systems nach Glenn Ballard (modifiziert nach: Ballard [4, S. 124])

und -IST. Stimmen Ablaufplanung und tatsächlicher Ablauf nicht überein, muss entsprechend gesteuert werden. Die Pläne für *can*, *will* und *did* folgen keiner vorgegebenen Darstellungsform, können aber genauso in Form von Meilenstein- und Phasenplänen abgebildet werden.

In der Mitte der Grafik sind die Grundsätze der verschiedenen Planungen beziehungsweise deren Detaillierungsgrad dargestellt. Die Meilensteinpläne (*Master Scheduling*) werden in Phasenplänen (*Phase Scheduling*) verfeinert. Generell gelten die Prinzipien der vorausschauenden Planung (*Lookahead Planning*) und der gemeinsamen Verpflichtungserklärung (*Commitment Planning*). Das Last Planner® System erlaubt und wünscht sogar ein stetiges Lernen (*Learning*) aus SOLL-IST-Vergleichen. Die rechte Seite der Abbildung beschreibt Zwischenschritte zwischen den Planungen oder Methoden.⁷⁴

Die Phasenplanung erfolgt mit dem Lean Prinzip der Pull-Planung. Ausgehend vom letzten Meilenstein eines Ablaufes, wird Richtung Startmeilenstein nach vor geplant. Dabei ist stets die Frage zu stellen, welche Arbeitsschritte zuvor erledigt sein müssen, um die aktuelle Tätigkeit durchführen zu können. Somit ist die Gefahr, Vorleistungen zu vergessen, gegenüber der herkömmlichen Planung viel geringer. Nach erfolgter Phasenplanung kann das Ergebnis ortsbezogen auf Bauteile des Projektes angewendet werden.⁷⁵

Die vorausschauende Ablaufplanung sollte zumindest die nächsten drei bis zwölf Arbeitswochen, abhängig von projektspezifischen Faktoren wie Größe und Komplexität, beinhalten. Die

⁷⁴Vgl. [4] Ballard, S. 123 f.

⁷⁵Vgl. [4] Ballard, S. 129 f.

Beseitigung von Störquellen, wie sie beispielsweise Materiallieferprobleme, fehlende Freigaben oder Planinformationen darstellen, sollte innerhalb der Vorschau möglich sein. Die abgegebenen Verpflichtungserklärungen einzelner Gewerke, Störquellen zu beseitigen oder Tätigkeiten bis zu einem bestimmten Zeitpunkt auszuführen, werden aufgezeichnet und evaluiert. Die Gründe für nicht eingehaltene Zusagen werden erfragt. Die dazu angewendeten Werkzeuge werden in Abs. 3.8 vorgestellt.⁷⁶

Das Last Planner[®] System setzt alle fünf Prinzipien der Lean Philosophie um. Es identifiziert den Mehrwert für Kunden – in diesem Fall stellen die Kunden die anderen Gewerke und deren Bedürfnisse dar. Es werden Prozesse dahingehend optimiert, dass Störstellen beseitigt werden und somit auch Verschwendung eliminiert wird. Durch die Rückwärtsplanung wird das Pull-Prinzip umgesetzt, wobei der Fokus immer auf dem Gesamtvorhaben liegt. Durch die vollständige Produktionsplanung ergeben sich zeitliche Komponenten und Ressourceneinsatz automatisch. Die Mehrwerte des Last Planner[®] Systems fasst das *German Lean Construction Institute* in ihren Begriffsbestimmungen [30] wie folgt zusammen:⁷⁷

1. Die Produktivität wird in allen Projektphasen gesteigert.
2. Die Zufriedenheit aller Projektbeteiligten, sowohl intern als auch extern, wird gesteigert.
3. Projekte werden vorhersehbarer und stabiler.
4. Arbeitsabläufe und Prozesse sind zuverlässiger und „flüssiger“ organisiert.
5. Meilensteine werden zuverlässig eingehalten und Produktionszeiten verringert.
6. Projekte werden schneller und kostengünstiger abgewickelt.
7. Das Endprodukt wird mit größerer Sicherheit und höherer Qualität erreicht.
8. Die Projektabwicklung erfolgt durch die Integration der Projektbeteiligten.
9. Der überholte Ansatz der reinen Nachunternehmer-Kontrolle wird transformiert zur eigenverantwortlichen Zieleinhaltung.
10. Stress und „Feuerwehraktionen“ werden reduziert.
11. Kommunikation und Transparenz während der Abwicklung werden gesteigert.
12. Das Last Planner[®] System unterstützt die erfolgreiche Umsetzung von weiteren Lean Management Maßnahmen in einer Organisation.

⁷⁶Vgl. [4] Ballard, S. 127

⁷⁷Vgl. [30] Haghsheno und Wachter, S. 38 f.

3.2 Lean Construction Management®

Während das Last Planner® System in seinen Anfängen eher für Baufirmen gedacht war, entwickelte Drees & Sommer das Lean Construction Management® vorrangig für das Projektmanagement auf Seiten der Bauherrschaft. In späteren Jahren wurde das Lean Construction Management® immer häufiger auch für die Bauausführung eingesetzt und entsprechend adaptiert. Generell soll es für mehr Transparenz, eine höhere Termineinhaltungsrate sowie für eine Minimierung von Risiken und Nachträgen sorgen. Die Grundzüge des Lean Construction Managements® bestehen aus nachstehenden sieben Werkzeugen. Sie wurden 2001 von Drees & Sommer aus Methoden der Automobilproduktion hergeleitet und gemeinsam mit der Bauherrschaft an die Bedürfnisse innerhalb der Baubranche angepasst:⁷⁸

- **Taktzeit:** Die Taktzeit beschreibt das Intervall der Kundennachfrage und setzt die verfügbare Betriebszeit mit dem Kundenbedarf in ein Verhältnis – siehe auch Abs. 3.4.
- **Kanban:** Kanbankarten sollen die Produktionsplanung visualisieren und fördern die Pull-Produktion in kleinen Stückzahlen – siehe auch Abs. 2.1.2.
- **Kontinuierlicher Fluss:** Im Idealfall soll der Material- und Informationsfluss ungestört und kontinuierlich erfolgen – siehe auch Abs. 2.2.4.
- **Quick Changeover:** Beim Quick Changeover (dt. schnelle Umschaltung) wird die Vorbereitungszeit, um Maschinen für die Herstellung eines anderen Produktes umzurüsten, reduziert.
- **Poka Yoke:** Hier werden technische und/oder physische Vorkehrungen durch Standardisierungen getroffen, um Fehler zu vermeiden – siehe auch Abs. 1.5.
- **Andon:** Andon wird ein visuelles Signal genannt, das aufleuchtet, wenn Fehler in der Produktionskette aufgetreten sind – siehe auch Abs. 1.5.
- **5-mal „Warum?“:** Es wird so lange nachgefragt, bis die wahre Problemursache gefunden wurde – siehe auch Abs. 2.3.

Die Methodik des Lean Construction Managements® bedient sich zudem der folgenden drei Kernelementen, der Gesamtprozessanalyse, der Prozessplanung und der Detailplanung. Bei der Gesamtprozessanalyse wird, wie der Name verrät, der gesamte Ausführungsprozess – der Ablauf zur Herstellung eines Bauwerks – analysiert und visualisiert. Dabei werden Abhängigkeiten zwischen Teilprozessen oder Schnittstellenproblematiken transparent gemacht. So kann sukzessive der Gesamtprozess optimiert werden, wobei das Augenmerk ausschließlich auf der Optimierung des Prozessflusses und nicht bei der Optimierung der Terminschiene liegt. Bei der Prozessplanung werden im Gegensatz zur Gesamtprozessanalyse die Arbeitsschritte mit terminlichen Komponenten, wie Dauer, Beginn- und Endzeitpunkt, belegt. Hierbei erfolgt die

⁷⁸Vgl. [22] Fiedler, S. 137–162

Erstellung eines abgestimmten Zeitplans mit allen Projektbeteiligten gemeinsam. Als visuelles Steuerungsinstrument dient die Detailplanung primär der Bauleitung, um den Bauablauf der nächsten vier Wochen im Detail darzustellen, zu koordinieren und zu steuern.⁷⁹

Einige der oben angeführten Werkzeuge sind bereits näher beschrieben worden, auf andere wird in den nächsten Abschnitten näher eingegangen. Zudem werden die drei Kernelemente detaillierter beleuchtet. Da sich die Herangehensweise, die Intention sowie sehr viele Inhalte und Werkzeuge des Lean Construction Managements[®] mit dem Last Planner[®] System decken, wird im Folgenden nicht genauer zwischen den beiden Methoden unterschieden.

3.3 Gesamtprozessanalyse

Wie bereits im Kap. 3.2 angeschnitten, dient die Gesamtprozessanalyse der Visualisierung des gesamten Bauablaufes. Anwendung finden Gesamtprozessanalysen auch in anderen Disziplinen. Allerdings bilden sie eine wesentliche Grundlage für die Taktplanung und alle Prozessoptimierungen, weshalb sie in diesem Abschnitt als Teil einer Lean Construction Methode vorgestellt werden. Eine Gesamtprozessanalyse kann sich auf Abläufe in der Planungs- oder Ausführungsphase beschränken. Meist ist eine Kombination sinnvoller, da Planungsleistungen als Vorleistung für ein ausführendes Gewerk nötig sind. Genannt sei etwa das Beispiel der Planung eines Fliesenspiegels als benötigte Information für das Verlegen der Fliesen selbst.

Die Gesamtprozessanalyse wird idealerweise so früh wie möglich mit allen Projektbeteiligten durchgeführt. Das fördert ein gemeinsames Verständnis für den Bauablauf und zeigt auch Abhängigkeiten zwischen Projektbeteiligten oder parallel ablaufenden Prozessen auf. Durch eine holistische Betrachtungsweise werden Prozesse vom Groben ins Feine optimiert und Probleme frühzeitig erkannt. Ein proaktiver Umgang mit Risiken wird gefördert. Durch die Berücksichtigung von limitierenden Projektfaktoren, Lieferbedingungen, Transportwegen, benötigtem Werkzeug oder Geräten innerhalb von Teilprozessen können kritische Prozessschritte identifiziert werden. Material, Fläche und sonstige Ressourcen werden so optimal ausgenutzt.^{80, 81}

Wichtig ist vor allem eine kombinierte Sicht von Teilprozessen mit ihren logistischen Nebenprozessen. Ein Teilprozess ist ein Prozessschritt innerhalb des übergeordneten Gesamtprozesses. Nebenprozesse sind hingegen alle notwendigen Prozesse rund um einen Teil- oder Gesamtprozess, die aber selbst nicht primär mit dem jeweiligen Teil- oder Gesamtprozess in Verbindung stehen. Dem in Abb. 3.2 visualisierten Teilprozess *Baustelleneinrichtung* kann der Nebenprozess *Transport der Baustellencontainer* zugeordnet werden.

⁷⁹Vgl. [22] Fiedler, S. 137–162

⁸⁰Vgl. [22] Fiedler, S. 141–144

⁸¹Vgl. [30] Haghsheno und Wachter, S. 41

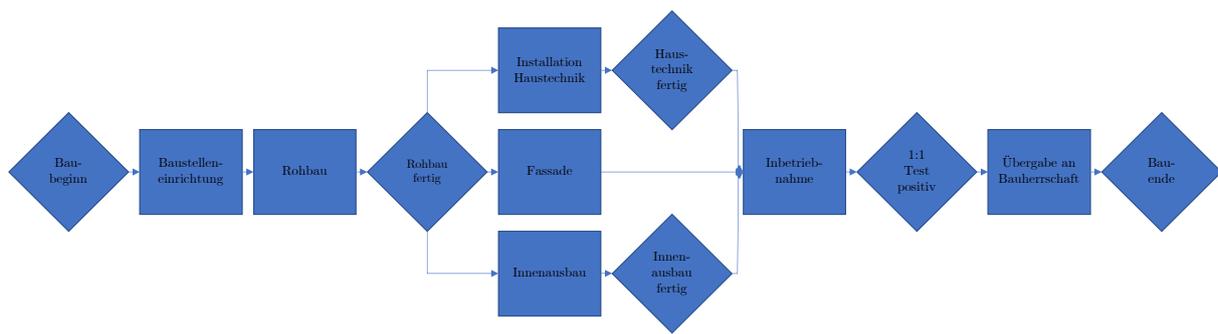


Abb. 3.2: Beispielhafte Gesamtprozessanalyse (modifiziert nach: *Lean Planen, Bauen & Betreiben* [43, S. 25])

Abb. 3.2 zeigt exemplarisch eine schematische Gesamtprozessanalyse eines Hochbauprojekts auf sehr hoher Flugebene. Der Gesamtprozess beginnt mit dem Baustart. Im ersten Teilprozess wird die Baustelle eingerichtet. Darauf folgt die Errichtung des Rohbaus. Sobald dieser steht, wird mit dem Bau der Fassade, dem Innenausbau und der Installation der gesamten Haustechnik begonnen. Diese drei Teilprozesse laufen parallel ab, da sie nicht primär aneinander gekoppelt und räumlich getrennt sind. Die Haustechnikinstallationsarbeiten sowie der Innenausbau enden jeweils mit einem Meilenstein. Erst wenn diese Meilensteine erreicht sind, kann mit der Inbetriebnahme gestartet werden. Nach erfolgreichem Probebetrieb (simulierte Nutzung sämtlicher Technik vor regulärem Betrieb) erfolgt die Übergabe an die Bauherrschaft. Die Vollendung des letzten Teilprozesses kennzeichnet zugleich das Bauende. Eine anwendungsgetreuere Gesamtprozessanalyse eines Hochbaus wird in Kap. 5 erarbeitet.

3.4 Taktplanung

Im Lean Management bedient man sich der allgemeinen Definition, in der Takt als gleicher Rhythmus bestimmt ist, in dem etwas abläuft oder in den sich etwas zeitlich gliedern lässt. Bezogen auf die Technik- und EDV-Branche, wird Takt als Arbeits- oder Produktionsabschnitt in der automatisierten Fertigung beziehungsweise als Rhythmus synchronisierter Vorgänge bezeichnet.⁸²

Die Taktung hat sich bereits in vielen unterschiedlichen Lebensbereichen erfolgreich durchgesetzt – in der Baubranche etwa im Zugverkehr, beim Abwickeln größerer Linienbaustellen oder im Eintakten von Betonlieferungen. In der Fertigungsindustrie, im Sinne der Lean Production, spielt die Taktplanung ebenso eine entscheidende Rolle, Wartezeiten zu verhindern, die Durchlaufzeit zu erhöhen und den Herstellungsprozess durch einen kontinuierlichen Materialfluss zu stabilisieren.⁸³

Die Taktzeit kann je nach Prozess und Branche zwischen ein paar Sekunden und einigen Tagen variieren – in der Baubranche haben sich Taktzeiten von einem Tag bis zu einer Woche etabliert.⁸⁴

⁸²Vgl. [8] Bibliographisches Institut GmbH *Takt*

⁸³Vgl. [52] Motzko, S. 43

⁸⁴Vgl. [27] Haghsheno et al., S. 53–62

Die in Abs. 3.2 angesprochene Prozessplanung entspricht in ihren Kernelementen der Taktplanung, einzelne Begriffe können sich hinsichtlich ihrer Bedeutung leicht unterscheiden. Die Taktplanung gliedert sich in die Prozessanalyse und die anschließende Erstellung eines Taktplanes. Ergänzend kommt noch der Umgang mit Sonderbereichen hinzu. Der Taktplan stellt die ideale, zeitliche SOLL-Grundlage dar. Wie ein klassischer Bauzeitplan muss der Taktplan ebenso mit dem tatsächlichen IST-Stand abgeglichen werden. Sind Anpassungen des Plans nötig, geschieht das mit den Mechanismen der Taktsteuerung. Die Taktsteuerung ist somit eng mit der Taktplanung verwoben.

Die Taktplanung kann auf verschiedenen Flugebenen erstellt werden, weshalb im Anschluss an die Abschnitte der Taktplanung und Taktsteuerung die Betrachtung dreier Ebenen im gleichnamigen Modell vorgestellt wird. Den Aufbau der Taktplanung und die Erläuterungen zu den einzelnen Schritten sind adaptiert nach Binnering et al. [10]. Zur Veranschaulichung einer Taktplanung dient als Beispiel ein dreigeschossiger Wohnbau mit 8 Wohnungen (blau), einem Gangbereich (gelb) und jeweils zwei Allgemeinflächen (orange und grün) pro Geschoss. Ein Schema des Wohnprojektes ist in Abb. 3.3 dargestellt.

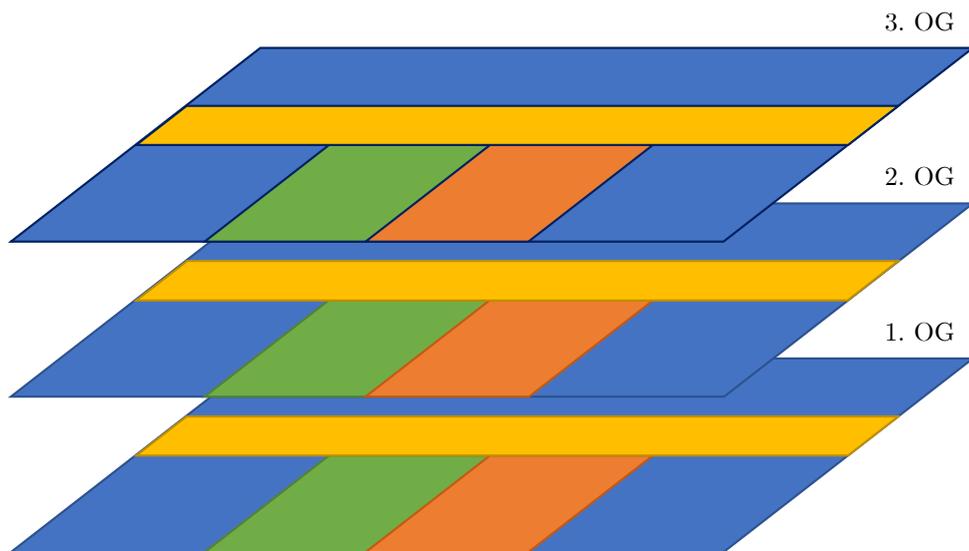


Abb. 3.3: Skizzenhafte Darstellung des Anschauungsbeispiels eines dreigeschossigen Wohnbaus (modifiziert nach: Binnering et al. [10, S. 608])

In den nachstehenden Unterabschnitten werden die acht Schritte der Taktplanung erläutert. Die ersten vier Schritte gehören zu der Prozessanalyse. Dabei wird das Projekt untersucht und grundlegende Informationen werden zusammengetragen. Die Inhalte der Schritte fünf bis acht dienen der Erstellung des eigentlichen Taktplans. Abschließend werden noch Sonderbereiche behandelt.

3.4.1 Prozessanalyse

Die Prozessanalyse gliedert sich in vier Schritte, bei denen Funktionsbereiche festgelegt und priorisiert, Standardraumeinheiten definiert, Arbeitsschritte identifiziert und Arbeitspakete erstellt werden. Zu den einzelnen Schritten erfolgt nun eine detailliertere Beschreibung.

Schritt 1: Festlegen von Funktionsbereichen und deren Prioritäten

Die Prozessanalyse beginnt mit der Identifikation und dem Einteilen sämtlicher Flächen in sogenannte Funktionsbereiche. Diese Bereiche unterscheiden sich innerhalb ihrer Funktion und im weiteren Sinne auch in ihren Bauabläufen. Bei einer Wohnhausanlage können Funktionsbereiche zum Beispiel die Wohnungen selbst, das Treppenhaus und Verkehrsflächen sowie allgemeine Bereiche wie ein Kinderwagenabstellplatz, ein Müllraum oder eine Waschküche sein. Im Anschluss werden die Prioritäten der Funktionsbereiche gemeinsam mit der Auftraggeberin festgelegt. Im angeführten Beispiel möchte die Auftraggeberin die Wohnungen schnellstmöglich für die Endkunden zur Verfügung stellen, damit diese ihre Küchenplanung vornehmen können. Hier ist das Lean Thinking-Prinzip des Kundenwerts erkennbar. Bei einem anderen Projekt mit neuem Bauherrn können beispielsweise die Funktionsbereiche nach abweichenden Kriterien priorisiert werden. Eine systematische Skizze zeigt Abb. 3.4:

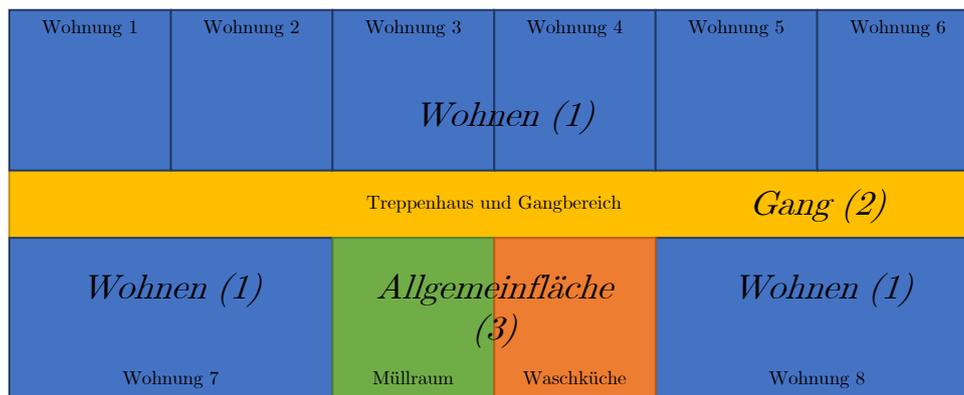


Abb. 3.4: Festlegung der Funktionsbereiche *Wohnen*, *Gang*, *Allgemeinflächen* für das 1.OG (Grundrissdarstellung) (modifiziert nach: Binnering et al. [10, S. 608])

Unterschieden werden die Funktionsbereiche *Wohnen*, *Gang* und *Allgemeinfläche*. Wohnungen nehmen dabei die höchste Priorität (1) ein. Darauf folgen der Gangbereich (2) und die Allgemeinflächen (3).

Schritt 2: Definition von Standardraumeinheiten

Im nächsten Schritt werden die einzelnen Funktionsbereiche in sich wiederholende Raumeinheiten untergliedert. Die kleinste Raumeinheit, bei der sich die Arbeitsschritte wiederholen, wird Standardraumeinheit (SRE) genannt. Bei dem Beispiel der Wohnhausanlage kann der Funktionsbereich *Wohnen* in die einzelnen Tops segmentiert werden. In Abb. 3.5 ist diese Unterteilung grafisch dargestellt:

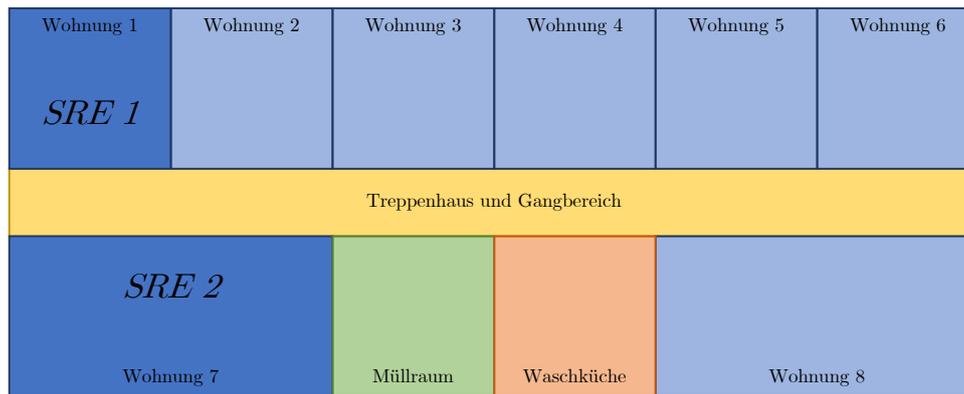


Abb. 3.5: Definition von zwei Standardraumeinheiten: Wohnung klein (SRE 1), Wohnung groß (SRE 2) (modifiziert nach: Binninger et al. [10, S. 608])

Meistens gibt es mehrere Wohnungen eines Typs, wo Größe und Aufteilung der Zimmer ident sind. Die Bauabläufe unterscheiden sich dadurch kaum. Ein Wohnungstyp (Wohnung 1 bis 6 beziehungsweise Wohnung 7 und 8) wird dann als Standardraumeinheit bezeichnet. Räumlichkeiten, bei denen der Bauablauf nirgends wiederholt werden kann, sind als Sonderbereiche zu betrachten – im gegebenen Beispiel der Müllraum, die Waschküche und der Gangbereich.

Schritt 3: Identifikation der Arbeitsschritte

Sobald die Standardraumeinheiten der Funktionsbereiche fixiert sind, werden für jede Standardraumeinheit die nötigen Arbeitsschritte mittels des Pull-Prinzips erarbeitet. Dabei bildet die fertig abnehmbare Leistung (die schlüsselfertige Wohnung) die Basis für die vorangestellten Leistungen. Um eine Wohnung an ihre Käufer übergeben zu können, müssen etwa sämtliche HKLS- und Elektroinstallationen komplettiert sein. Diese brauchen wiederum Vorleistungen von Malerei und Trockenbau. Um Trockenbauwände schließen zu können, müssen die Haustechnikinstallationen fertig verlegt sein. Nach dieser Vorgehensweise werden sämtliche Arbeitsschritte auf sehr detaillierter Basis identifiziert. Im Anschluss werden die jeweiligen Arbeitsschritte mit Aufwandswerten behaftet. Im Idealfall kann auf Erfahrungswerte der Projektteammitglieder zurückgegriffen werden.

Schritt 4: Erstellen von Arbeitspaketen

Die zuvor definierten Arbeitsschritte werden nun miteinander zu Arbeitspaketen kombiniert. Dabei beinhaltet ein Arbeitspaket lediglich die Arbeiten eines Gewerks. Einem Gewerk können allerdings mehrere Arbeitspakete zugeordnet werden. Klassisches Beispiel hierfür sind die Trockenbauarbeiten, wo zu Beginn die Wände einseitig vorgestellt und erst nach den Haustechnikinstallationen in einem zweiten Arbeitsschritt geschlossen werden. In Abb. 3.6 wird exemplarisch das Arbeitspaket *Türen* dargestellt. Es beinhaltet die Arbeitsschritte *Wandvorbereitung*, *Einbau Türrahmen* und *Einbau Türblatt*. Alle drei Arbeitsschritte werden vom Gewerk *Türentischler* durchgeführt.



Abb. 3.6: Erstellung des Arbeitspaketes *Türen* (modifiziert nach: Binnerer et al. [10, S. 608])

Sind alle Arbeitspakete geschnürt, kann die Gewerkesequenz (GSQ) (Abb. 3.7) erstellt werden. Dabei wird die Reihenfolge der einzelnen Arbeitsschritte weiterhin eingehalten, allerdings basiert die Gewerkesequenz auf dem Detaillierungsgrad der Arbeitspakete. So werden etwa nicht mehr die Arbeitsschritte *Wandvorbereitung*, *Einbau Türrahmen* und *Einbau Türblatt* wiedergegeben, sondern nur mehr das Arbeitspaket *Türen*.



Abb. 3.7: Darstellung der Gewerkesequenz auf Basis der Arbeitspakete (modifiziert nach: Binnerer et al. [10, S. 608])

3.4.2 Erstellung des Taktplans

Aufbauend auf den ersten vier Schritten der Prozessanalyse gliedert sich die Erstellung des Taktplanes erneut in vier Schritte. Nachdem die Basisinformationen zum Bauwerk zusammengetragen sind, werden nun Taktbereiche und Taktzeit definiert und die Taktzeiten harmonisiert. Nach dem Aufstellen des Gewerkezugs kann schließlich der Taktplan ausgearbeitet werden. Die einzelnen Schritte werden nun genauer erläutert.

Schritt 5: Definition von Taktbereich und Taktzeit

Mehrere gleiche Standardraumeinheiten werden zu einem Taktbereich zusammengeführt. Das kann im Wohnungsbau etwa geschossweise oder bei Bürobauten mit mehreren Trakten bauteilweise erfolgen. Die Grenzen der Taktbereiche können auch Betonierabschnitte, Brandabschnitte oder haustechnische Trennungen darstellen. Im gegebenen Beispiel wird ein Geschoss als Taktbereich definiert. Bei größeren Bauvorhaben können auch mehrere Taktbereiche pro Geschoss festgelegt werden. Alle Taktbereiche sollten flächenmäßig die gleiche Größe aufweisen, um die Taktung zu erleichtern.

Zur Bestimmung der Taktzeit wird die Dauer für die Fertigstellung einer Standardraumeinheit mit der Anzahl der Standardraumeinheiten pro Taktbereich multipliziert. Bei der Berechnung sind auch Überlegungen zu Personal und Partiestärke zu führen. Wie viele Mitarbeitende stehen der Baustelle zur Verfügung? Welche Partie kann welche Arbeiten übernehmen? Ziel der Personalüberlegungen ist der gleichmäßige Einsatz des Personals eines Gewerks über den gesamten Bauablauf hinweg und eine konstante Leistungserbringung innerhalb der gewählten Taktzeit.

Im vorliegenden Beispiel wird eine Taktzeit von fünf Arbeitstagen (entspricht einer Arbeitswoche) gewählt. Die gewählte Taktzeit ist von mehreren Faktoren abhängig. Auf projektbezogene Faktoren wird in Abs. 5.3.5 näher eingegangen. Ebenso spielen betriebswirtschaftliche Überlegungen eine Rolle. (Halb-)Wochentakte sind eher bei Hochbaubaustellen mit Arbeitszeiten wochentags vorherrschend. Bei Tunnelbaustellen ist genauso eine Taktzeit einer Dekade sinnvoll. Bei Infrastrukturbauprojekten mit Nacharbeiten und Verkehrsbeschränkungen oder -sperrungen kann die Taktzeit auch an die Nachtstunden angepasst sein.

Schritt 6: Harmonisierung der Taktzeiten

Für einen „taktreinen“ Taktplan ist es von großer Bedeutung, dass die Dauern aller Arbeitspakete der Taktzeit entsprechen. Eine anschauliche Erklärung der Bedeutung „taktrein“ wird im Zusammenhang mit dem achten Schritt (Anfertigen des Taktplans) gebracht. Im angeführten Beispiel (Abb. 3.8) entsprechen die Dauern der Arbeitspakete nicht der gewählten Taktzeit von fünf Arbeitstagen. Während die Arbeitspakete der zweiten Elektroinstallation und des Bodenbelags mit einem beziehungsweise zwei Arbeitstagen deutlich unter der geforderten Taktzeit liegen, übersteigen die Trockenbau- und Estricharbeiten mit sechs beziehungsweise sieben Arbeitstagen die Taktzeit.

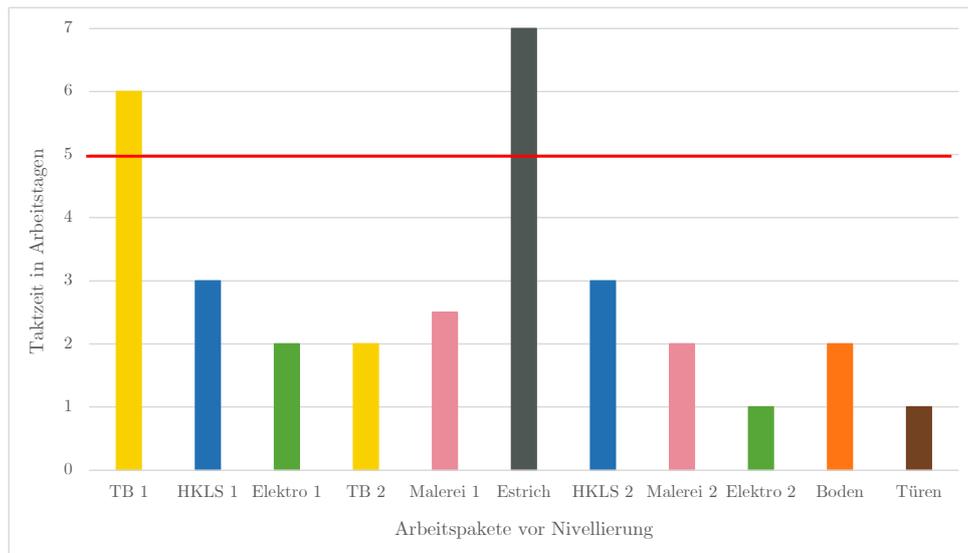


Abb. 3.8: Arbeitszeiten aller Arbeitspakete vor Nivellierung (modifiziert nach: Binninger et al. [10, S. 608])

Die Harmonisierung des Produktionsflusses kann mit *Heijunka* erreicht werden. *Heijunka* ist ein Werkzeug aus dem japanischen Toyota-Produktionssystem, im Deutschen hat sich der betriebswirtschaftliche Begriff *Nivellierung* etabliert. Dabei werden die Arbeitspakete so angepasst, dass die geforderte Taktzeit annähernd eingehalten werden kann. In der Baubranche wird meistens die Partiestärke variiert oder Arbeitspakete werden aufgesplittet. Eine Zusammenlegung mehrerer Arbeitspakete ist ebenfalls möglich.

Abb. 3.9 zeigt die Nivellierung der Arbeitspakete an die geforderte Taktzeit von fünf Tagen. Beim Arbeitspaket *Trockenbau 1* wird Personal aufgestockt, sodass sich der Leistungszeitraum

von sechs auf fünf Arbeitstage reduzieren lässt. Die Rohinstallationen der Haustechnik werden im Arbeitspaket *HKLS 1* und *Elektro 1* zusammengefasst. Bei Vorgängen, deren Dauer nicht durch mehr Arbeitsleistung reduziert werden kann (zum Beispiel Aushärtungszeiten), sind technische Fragestellungen zu klären. Ab wann darf der Estrich innerhalb der nötigen Aushärtungszeit schadlos begangen werden? Gibt es Möglichkeiten, durch Zusätze die Trocknung zu beschleunigen? Kann die Dauer des Vorgangs durch keine technische Lösung reduziert werden, ergänzt man einen oder mehrere Takte nur für diese Tätigkeiten. In Abb. 3.9 wurde für die Estrichtrocknung ein eigener Takt eingeführt.

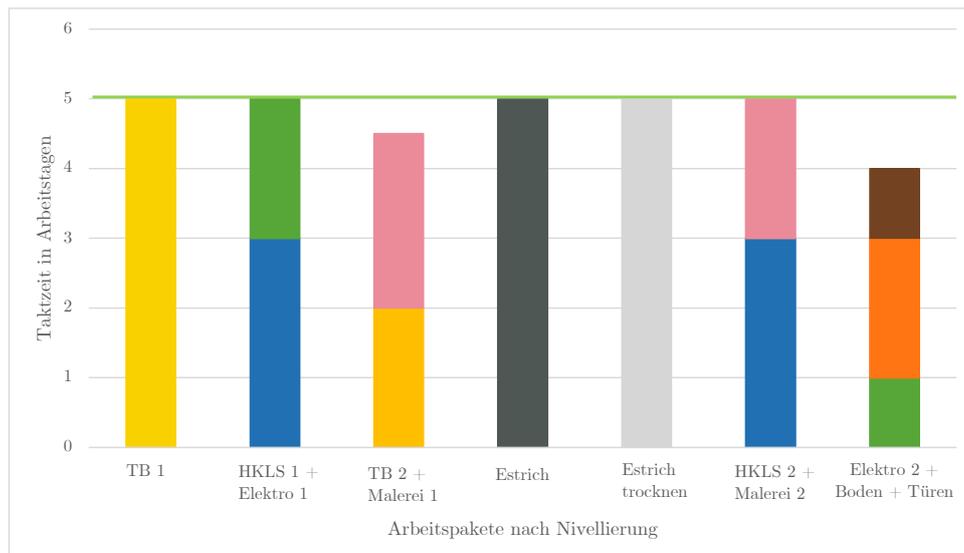


Abb. 3.9: Arbeitszeiten aller Arbeitspakete nach Nivellierung (modifiziert nach: Binninger et al. [10, S. 608])

Bei der Zusammenlegung von Arbeitspaketen ist auf den technischen Bauablauf zu achten – eine Zusammenlegung macht nur für Gewerke Sinn, die sich nicht gegenseitig in der Ausführung ihrer Arbeiten behindern. So bringt es keinen Vorteil, die Malerei in einem Arbeitspaket mit den haustechnischen Rohinstallationen zusammenzufassen, wenn die Trockenbauwände noch nicht geschlossen sind.

Schritt 7: Aufstellen eines Gewerkezugs

Sämtliche Arbeitspakete, die innerhalb eines Taktes (fünf Arbeitstage) ausgeführt werden können, formen einen Gewerkewaggon. Analog zum Eisenbahnwesen bildet die Kopplung aller Waggonen den Gewerkezug. Der in Abb. 3.10 dargestellte Gewerkezug setzt sich aus sieben Waggonen zusammen. Die Kombination mehrerer Gewerke innerhalb eines Waggonen ist ebenfalls erkennbar. Vor der Nivellierung der Taktzeit hätte der Gewerkezug aus elf Waggonen bestanden, mit der Nivellierung lässt sich dieser auf sieben Waggonen reduzieren.

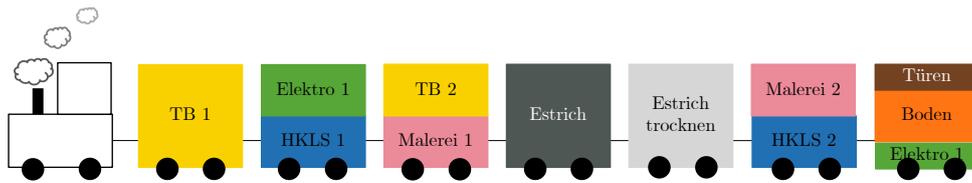


Abb. 3.10: Darstellung des Gewerkezugs (modifiziert nach: Binner et al. [10, S. 608])

Schritt 8: Anfertigen des Taktplans

Zur besseren Kennzeichnung wird jedem Waggon eine Farbe zugeteilt. Meistens wird jene Farbe gewählt, dessen Gewerk in diesem Takt vorherrschend ist. Im Taktplan (Abb. 3.11) sind die Taktbereiche auf der y-Achse, die benötigten Takte auf der x-Achse aufgetragen. Der Taktbereich 1 kennzeichnet das erste Obergeschoss. Der Taktunterbereich 1.1 entspricht der Wohnung 1 im ersten Obergeschoss in Abb. 3.4. Da die Wohnungen 7 und 8 doppelt so groß sind wie die Wohnungen 1 bis 6, wird dort gezielt mehr Personal eingesetzt, um die Taktzeit von 5 Arbeitstagen zu halten. Sind die größeren Wohnungen fertiggestellt, wird das zusätzliche Personal mit Tätigkeiten am Gang oder auf Allgemeinflächen betraut. Solche Überlegungen sind speziell mit den jeweiligen Nachunternehmern abzuklären. Sollte der gezielte Einsatz von mehr Personal in diesen Bereichen nicht möglich sein, verdoppelt sich die Dauer von sieben auf vierzehn Takte pro großer Wohnung.

		Projektwoche													
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Funktionsbereich Wohnen 1.OG	Taktbereich 1.1	W 01	W 02	W 03	W 04	W 05	W 06	W 07							
	Taktbereich 1.2		W 01	W 02	W 03	W 04	W 05	W 06	W 07						
	Taktbereich 1.3			W 01	W 02	W 03	W 04	W 05	W 06	W 07					
	Taktbereich 1.4				W 01	W 02	W 03	W 04	W 05	W 06	W 07				
	Taktbereich 1.5					W 01	W 02	W 03	W 04	W 05	W 06	W 07			
	Taktbereich 1.6						W 01	W 02	W 03	W 04	W 05	W 06	W 07		
	Taktbereich 1.7							W 01	W 02	W 03	W 04	W 05	W 06	W 07	
	Taktbereich 1.8								W 01	W 02	W 03	W 04	W 05	W 06	W 07

Abb. 3.11: Darstellung des Taktplanes für den Funktionsbereich *Wohnen* des 1. Obergeschosses (modifiziert nach: Binner et al. [10, S. 609])

Nun kann man sich vorstellen, dass der Gewerkezug durch das zu errichtende Gebäude fährt. Beginnend mit Waggon 1 (W 01) im ersten Takt (Projektwoche 1) des ersten Taktbereiches (TB 1.1), befindet er sich im zweiten Takt (Projektwoche 2) im Taktbereich 2 (TB 1.2). Währenddessen sind im ersten Taktbereich bereits die Gewerke des zweiten Waggons (W 02) tätig. Nach sieben Takten sind die Arbeiten im ersten Taktbereich abgeschlossen.

Die Gesamtausführungsdauer lässt sich mit der Summe der Taktbereiche T , addiert mit der Anzahl der Waggons W , abzüglich eines Waggons, errechnen (vgl. Gl. 3.1), wobei n_1 die Anzahl der Taktunterbereiche eines Taktbereiches (hier Taktbereich 1.1 bis 1.8) und n_2 die Anzahl der Waggons (hier 7 Waggons) im Gewerkezug darstellen:

$$\text{Ausführungsdauer [Wochen]} = \sum_{T=1}^{n_1} T + \sum_{W=1}^{n_2} W - 1 \quad (3.1)$$

Für die Innenausbauarbeiten des ersten Obergeschosses ist im dargestellten Beispiel eine Dauer von vierzehn Takten anberaumt (vgl. Abb. 3.11). Das entspricht einer Ausführungsdauer von vierzehn Wochen.

3.4.3 Sonderbereiche

Als Sonderbereiche werden jene Räumlichkeiten betrachtet, deren Gewerkesequenz nicht in einem anderen Bereich wiederholt werden kann. Im Müllraum (SB 2; Abb. 3.12) müsste etwa eine spezielle Boden- und Wandbeschichtung aufgetragen werden, die Waschküche (SB 3) verlangt besondere Sanitär- und Elektroanschlüsse für Industriewaschmaschinen und Trockner. In beiden Fällen kann der Arbeitsaufwand nicht mit jenem aus den Wohnungen verglichen werden.

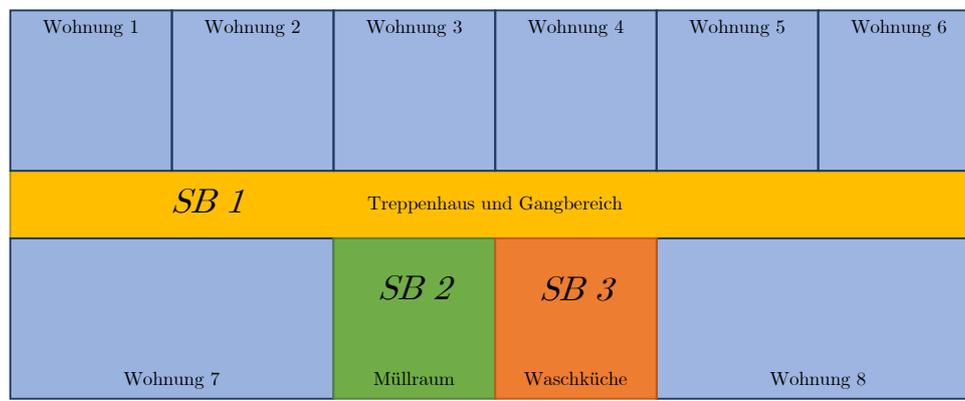


Abb. 3.12: Darstellung der Sonderbereiche: Gangbereich (SB 1), Müllraum (SB 2) und Waschküche (SB 3) (modifiziert nach: Binninger et al. [10, S. 608])

Der Sonderbereich *Gang* stellt einen Spezialfall dar. Zwar kann die Gewerkesequenz des Ganges in allen Geschossen – sofern die Geometrien ident sind – wiederholt werden, allerdings ist es sinnvoll, große Gangbereiche nochmals zu unterteilen. Meistens gibt es einen Aufzugs- und/oder Stiegenhauskern und mehrere Haustechniksteigschächte für die Wohnungszuleitungen. Deren Arbeitsaufwände sind wiederum nicht mit flächigen Arbeiten wie der Malerei und dem Verlegen von Fliesen vergleichbar. Zudem werden Installationen in Steigschächten selten geschossweise montiert, sondern als Strangabschnitte, die über mehrere Geschosse reichen. Wasserleitungen werden etwa alle drei bis fünf Geschosse abgedrückt und auf Dichtheit überprüft. Die Kabel der Elektroinstallationen werden von der Haustechnikzentrale im Untergeschoss zu den jeweiligen Verteilern in den Geschossen gezogen. Diese projektabhängigen Gegebenheiten müssen beim Erstellen eines Taktplanes gesondert berücksichtigt werden. Arbeiten in den Taktbereichen benötigen oft Vorleistungen aus den Steigschächten. Es ist sehr empfehlenswert, die entsprechenden Fachunternehmen der Haustechnik in die Taktplanung miteinzubeziehen.

In Abb. 3.13 ist nun der gesamte Taktplan für den dreigeschossigen Wohnbau dargestellt. Zu erkennen sind die getakteten Abläufe der Regelbereiche im Funktionsbereich *Wohnen*. Um die Baudauer zu reduzieren, werden drei Gewerkezüge mit zweiwöchig versetztem Startzeitpunkt eingesetzt. Wäre ein derartiger Personaleinsatz nicht möglich, würde der Gewerkezug aus dem

		Projektwoche	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Funktionsbereich Wohnen 1.OG	Taktbereich 1.1	W 01	W 02	W 03	W 04	W 05	W 06	W 07												
	Taktbereich 1.2		W 01	W 02	W 03	W 04	W 05	W 06	W 07											
	Taktbereich 1.3			W 01	W 02	W 03	W 04	W 05	W 06	W 07										
	Taktbereich 1.4				W 01	W 02	W 03	W 04	W 05	W 06	W 07									
	Taktbereich 1.5					W 01	W 02	W 03	W 04	W 05	W 06	W 07								
	Taktbereich 1.6						W 01	W 02	W 03	W 04	W 05	W 06	W 07							
	Taktbereich 1.7							W 01	W 02	W 03	W 04	W 05	W 06	W 07						
	Taktbereich 1.8								W 01	W 02	W 03	W 04	W 05	W 06	W 07					
	Taktbereich 2.1			W 01	W 02	W 03	W 04	W 05	W 06	W 07										
Taktbereich 2.2				W 01	W 02	W 03	W 04	W 05	W 06	W 07										
Taktbereich 2.3					W 01	W 02	W 03	W 04	W 05	W 06	W 07									
Taktbereich 2.4						W 01	W 02	W 03	W 04	W 05	W 06	W 07								
Taktbereich 2.5							W 01	W 02	W 03	W 04	W 05	W 06	W 07							
Taktbereich 2.6								W 01	W 02	W 03	W 04	W 05	W 06	W 07						
Taktbereich 2.7									W 01	W 02	W 03	W 04	W 05	W 06	W 07					
Taktbereich 2.8										W 01	W 02	W 03	W 04	W 05	W 06	W 07				
Taktbereich 3.1					W 01	W 02	W 03	W 04	W 05	W 06	W 07									
Taktbereich 3.2						W 01	W 02	W 03	W 04	W 05	W 06	W 07								
Taktbereich 3.3							W 01	W 02	W 03	W 04	W 05	W 06	W 07							
Taktbereich 3.4								W 01	W 02	W 03	W 04	W 05	W 06	W 07						
Taktbereich 3.5									W 01	W 02	W 03	W 04	W 05	W 06	W 07					
Taktbereich 3.6										W 01	W 02	W 03	W 04	W 05	W 06	W 07				
Taktbereich 3.7											W 01	W 02	W 03	W 04	W 05	W 06	W 07			
Taktbereich 3.8												W 01	W 02	W 03	W 04	W 05	W 06	W 07		
Sonderbereiche	Gang 1.OG	W 01	W 02	W 03	W 04	W 05	W 06	W 07												
	Gang 2.OG			W 01	W 02	W 03	W 04	W 05	W 06											
	Gang 3.OG				W 01	W 02	W 03	W 04	W 05	W 06										
	Müllraum							W 01	W 02	W 03	W 04	W 05								
	Waschküche								W 01	W 02	W 03	W 04	W 05	W 06	W 07					
	SB grün 2.OG									W 01	W 02	W 03	W 04	W 05						
	SB orange 2.OG										W 01	W 02	W 03	W 04	W 05	W 06	W 07			
SB grün 3.OG											W 01	W 02	W 03	W 04	W 05	W 06	W 07			
SB orange 3.OG												W 01	W 02	W 03	W 04	W 05	W 06	W 07		

Abb. 3.13: Darstellung des gesamten Taktplans des dreigeschossigen Wohnbaus inkl. Sonderbereiche (modifiziert nach: Binninger et al. [10, S. 609])

ersten Obergeschoss in Projektwoche neun im zweiten und in Projektwoche 16 im dritten Obergeschoss starten.

Der Gewerkezug des Gangbereichs beginnt parallel mit dem Gewerkezug der zugehörigen Geschosse. Eine „taktreine“ Einplanung der Tätigkeiten ist hier nicht erfolgt, dies ist an den Unterbrechungen der jeweiligen Arbeiten zwischen den Geschossen erkennbar. Die Tätigkeiten der Gewerkezüge in den jeweiligen Geschossen gelten als „taktrein“ eingeplant. Ein und dieselbe Tätigkeit, die im ersten Takt im Taktunterbereich 1.1 erfolgt, wird im zweiten Takt in Taktunterbereich 1.2 ausgeführt. „Taktreine“ Taktpläne erkennt man an der harmonischen und gleichmäßigen Abstufung ihrer Tätigkeiten – vgl. Abb. 3.13.

Die restlichen Sonderbereiche in den Obergeschossen werden nicht eingetaktet, da hier die Art der Tätigkeiten, die Arbeitsaufwände und die aufs Gesamtprojekt bezogenen personellen Aufwände sehr unterschiedlich sind. Die mit der Auftraggeberin festgelegten Prioritäten werden berücksichtigt. Die Prioritätenlegung wird verdeutlicht durch den zeitlichen Vorzug der Wohnbereiche und der Verkehrsflächen, während die restlichen Sonderbereiche nach optimiertem Ressourceneinsatz eingeplant sind. Tab. 3.1 zeigt überblicksmäßig zusammengefasst sämtliche Schritte der Taktplanung:

Taktplanung	A Prozessanalyse Festlegen von Funktionsbereichen und deren Prioritäten Definition von Standardraumeinheiten Identifikation der Arbeitsschritte Erstellen von Arbeitspaketen
	B Erstellung des Taktplans Definition von Taktbereich und Taktzeit Harmonisierung der Taktzeiten Aufstellen eines Gewerkezugs Anfertigen des Taktplans
	C Sonderbereiche Einplanen der Sonderbereiche in den Taktplan

Tab. 3.1: Zusammenfassung aller Schritte der Taktplanung

3.5 Taktsteuerung

Die Taktsteuerung kann – streng genommen – als eigene Lean Construction Methode betrachtet werden. Doch ist sie derart eng mit der Taktplanung verwoben, dass sie hier – an die Taktplanung gekoppelt – vorgestellt wird. Die Taktsteuerung hat als primäres Ziel, die Stabilität der Arbeitsprozesse aufrechtzuerhalten. Der Taktplan bildet die terminliche SOLL-Grundlage während des Ausführungsprozesses. Kleinere Abweichungen versucht man direkt vor Ort zu lösen. Treten allerdings größere Störungen auf, muss entsprechend reagiert und der Taktplan adaptiert oder geändert werden. Zur Verfügung stehen einige Steuerungsmechanismen, die nachstehend beschrieben werden.^{85, 86}

Entkopplung eines Taktbereiches

Kann ein Taktbereich nicht ohne Behinderung eines anderen Taktbereiches fertiggestellt werden, wird dieser aus dem Gewerkezug entkoppelt und an einer anderen Stelle wieder eingeplant. Störungen können etwa durch fehlende Freigaben, Materiallieferengpässe oder kurzfristige Umplanungen bedingt sein. In Abb. 3.14 ist die Entkopplung und Wiedereinplanung des Taktbereiches 1.4 visualisiert. Aufgrund der Taktzeit von einer Woche, muss die fehlende Freigabe oder das Material spätestens drei Wochen später vorhanden sein, um keine weiteren Verzögerungen zu verursachen.

⁸⁵Vgl. [27] Haghsheno et al., S. 53–62

⁸⁶Vgl. [11] Binninger et al., S. 617–619

		Projektwoche	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Funktionsbereich Wohnen I.OG	Taktbereich 1.1		W 01	W 02	W 03	W 04	W 05	W 06	W 07							
	Taktbereich 1.2			W 01	W 02	W 03	W 04	W 05	W 06	W 07						
	Taktbereich 1.3				W 01	W 02	W 03	W 04	W 05	W 06	W 07					
	Taktbereich 1.5					W 01	W 02	W 03	W 04	W 05	W 06	W 07				
	Taktbereich 1.6						W 01	W 02	W 03	W 04	W 05	W 06	W 07			
	Taktbereich 1.7							W 01	W 02	W 03	W 04	W 05	W 06	W 07		
	Taktbereich 1.4								W 01	W 02	W 03	W 04	W 05	W 06	W 07	
	Taktbereich 1.8									W 01	W 02	W 03	W 04	W 05	W 06	W 07
											W 01	W 02	W 03	W 04	W 05	W 06

Abb. 3.14: Entkopplung des Taktbereiches 1.4 (modifiziert nach: Binnerer et al. [11, S. 618])

Einplanung von Pufferzeiten

Die Einplanung von Pufferwaggons kann bauverfahrenstechnisch, beispielsweise zur Einhaltung von Trocknungszeiten, notwendig sein. Ebenso können Pufferwaggons zur Erhöhung der Prozessstabilität nach kritischen Arbeiten eingeplant werden – siehe jeweils zwischen Waggon 3 und 4 in Abb. 3.15. Je eingebauten Pufferwaggon verschiebt sich die Fertigstellung der Arbeiten um einen Takt – hier um eine Woche.

		Projektwoche	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Funktionsbereich Wohnen I.OG	Taktbereich 1.1		W 01	W 02	W 03		W 04	W 05	W 06	W 07							
	Taktbereich 1.2			W 01	W 02	W 03		W 04	W 05	W 06	W 07						
	Taktbereich 1.3				W 01	W 02	W 03		W 04	W 05	W 06	W 07					
	Taktbereich 1.5					W 01	W 02	W 03		W 04	W 05	W 06	W 07				
	Taktbereich 1.6						W 01	W 02	W 03		W 04	W 05	W 06	W 07			
	Taktbereich 1.7							W 01	W 02	W 03		W 04	W 05	W 06	W 07		
	Taktbereich 1.4								W 01	W 02	W 03		W 04	W 05	W 06	W 07	
	Taktbereich 1.8									W 01	W 02	W 03		W 04	W 05	W 06	W 07
											W 01	W 02	W 03		W 04	W 05	W 06

Abb. 3.15: Einplanung eines Pufferwaggons (eisblau) zwischen Waggon 3 und 4 (modifiziert nach: Binnerer et al. [11, S. 618])

Generell sollte vermieden werden, zu viele Pufferwaggons einzuschieben. Die Taktplanung folgt dem Grundsatz der pufferfreien Planung. Benötigt ein Gewerk beispielsweise vier Arbeitstage für eine gewisse Leistung, dann sind genau vier Tage und nicht „sicherheitshalber“ fünf Arbeitstage anzunehmen. Die Einschätzung einer realistischen Leistungsdauer basiert stark auf Erfahrungswerten der Professionisten, der Bauleitung und der Poliere. Genehmigt sich jedes Gewerk interne Puffertage, die dann nicht gebraucht werden, verlängert sich die Baudauer massiv. Stattdessen sollten kollegiale Pufferwochen eingeplant werden, die jedes Gewerk beliebig nutzen kann. Die Sommermonate oder die Wochen über Weihnachten bieten sich dafür meistens an, da hier urlaubsbedingt weniger Leistung erbracht wird. Erfahrungsgemäß zeigt sich die Einplanung eines kollegialen Puffers von etwa 10% der pufferfreien Gesamtbaudauer als vorteilhaft. Abb. 3.16 verbildlicht einen kollegialen Puffer von einer Woche.

		Projektwoche	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Funktionsbereich Wohnen LOG	Taktbereich 1.1		W 01	W 02	W 03	W 04	W 05	W 06		W 07							
	Taktbereich 1.2			W 01	W 02	W 03	W 04	W 05		W 06	W 07						
	Taktbereich 1.3				W 01	W 02	W 03	W 04		W 05	W 06	W 07					
	Taktbereich 1.5					W 01	W 02	W 03		W 04	W 05	W 06	W 07				
	Taktbereich 1.6						W 01	W 02		W 03	W 04	W 05	W 06	W 07			
	Taktbereich 1.7							W 01		W 02	W 03	W 04	W 05	W 06	W 07		
	Taktbereich 1.4									W 01	W 02	W 03	W 04	W 05	W 06	W 07	
	Taktbereich 1.8										W 01	W 02	W 03	W 04	W 05	W 06	W 07
												W 01	W 02	W 03	W 04	W 05	W 06

Abb. 3.16: Einplanung eines kollegialen Puffers (eisblau) im Ausmaß von einer Woche (modifiziert nach: Binnerer et al. [11, S. 618])

Stoppen des Gewerkezug

Treten gravierende Störungen im Projektgeschehen auf, die nicht mehr während des Taktes gelöst werden können, und alle Gewerke und/oder Taktbereiche betreffen, ist ein Stopp des gesamten Gewerkezugs nötig. Dieser Mechanismus sollte nach Möglichkeit verhindert werden. Ist ein Stopp unumgänglich, gilt es, sämtliche Ressourcen zur nachhaltigen Lösung des Problems einzusetzen. Abb. 3.17 zeigt einen Zugstopp in Projektwoche sieben.

		Projektwoche	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Funktionsbereich Wohnen LOG	Taktbereich 1.1		W 01	W 02	W 03	W 04	W 05	W 06		W 07							
	Taktbereich 1.2			W 01	W 02	W 03	W 04	W 05		W 06	W 07						
	Taktbereich 1.3				W 01	W 02	W 03	W 04		W 05	W 06	W 07					
	Taktbereich 1.5					W 01	W 02	W 03		W 04	W 05	W 06	W 07				
	Taktbereich 1.6						W 01	W 02		W 03	W 04	W 05	W 06	W 07			
	Taktbereich 1.7							W 01		W 02	W 03	W 04	W 05	W 06	W 07		
	Taktbereich 1.4									W 01	W 02	W 03	W 04	W 05	W 06	W 07	
	Taktbereich 1.8										W 01	W 02	W 03	W 04	W 05	W 06	W 07
												W 01	W 02	W 03	W 04	W 05	W 06

Abb. 3.17: Zugstopp in Projektwoche 7 (modifiziert nach: Binnerer et al. [11, S. 619])

Elemente der Taktsteuerung, wie etwa die Einplanung eines kollegialen Puffers, können und sollen bereits während der Taktplanung berücksichtigt werden. Tragend wird die Taktsteuerung beim begleitenden SOLL-IST-Vergleich während der Bauausführung. Sind größere Abweichungen erkennbar, kann mithilfe der angeführten Steuerungsmechanismen entgegengesteuert werden. Nach welchen Detaillierungsgraden eine (Takt-)Planung und Steuerung mittels Lean Management Methoden möglich ist, beschreibt das nachstehende Drei-Ebenen-Modell.

3.6 Das Drei-Ebenen-Modell

Um die Mehrdimensionalität von Plänen, speziell von Phasen- und Taktplänen, besser begreifen zu können, wurde das Drei-Ebenen-Modell dargestellt in Abb. 3.18, entwickelt. Es soll die Möglichkeit schaffen, Bauprozesse in Abhängigkeit von ihrem Detaillierungsgrad zu veranschaulichen. Räumliche und zeitliche Detaillierungstiefe nehmen mit den drei Ebenen Makro-, Norm- und Mikroebene zu. Damit können unterschiedliche Kommunikationskanäle und Verantwortungsebenen bespielt werden.⁸⁷

⁸⁷Vgl. [22] Fiedler, S. 211–214



Abb. 3.18: Das Drei-Ebenen-Modell (Quelle: Dlouhy et al. [18, S. 17])

Makroebene

Die Plandarstellung auf Makroebene dient der Kommunikation mit Kunden. Sie umfasst zum einen den Bauherrn, zum anderen mögliche Nachunternehmer. Pläne auf Makroebene werden meist in sehr früher Projektphase erstellt. Für die Auftraggeberin sind daher in erster Linie grobe Abläufe und einzelne Meilensteine wichtig. Bei der Rückwärtsplanung wird ein Bauvorhaben, vom letzten Meilenstein beginnend, Richtung Baustart nach vor geplant. Dabei wird immer nach der benötigten Vorleistung gefragt. So kann gewährleistet werden, dass auf keine Prozessschritte vergessen wird. Mit Nachunternehmern können mehrere Terminplanalternativen besprochen werden, um den besten Einsatz von Ressourcen zu ermöglichen. Einzelnen Prozessschritten können bereits hier Personalressourcen zugrunde liegen, um den Taktplan auf Realisierbarkeit zu überprüfen. Gesamtprozessanalysen mit hinterlegten Zeitdaten oder ein Meilenstein- und Phasenpläne stellen ebenso Visualisierungen auf Makroebene dar. Meistens sind zeitliche Informationen auf Jahres- oder Monatsbasis angegeben. Als Beispiel kann der Meilenstein- und Phasenplan in Abb. 3.19 herangezogen werden.⁸⁷

Normebene

Der Taktplan auf Normebene ist primär für den ständigen Leistungsabgleich während der Ausführungsphase gedacht. Zudem soll er Personalplanungen und Materialbestellungen für die anstehenden Arbeiten der nächsten Wochen erleichtern. Um einen Taktplan auf Normebene zu erhalten, werden die Abläufe der Makroebene in einzelne Arbeitspakete gegliedert. Diesen werden Material- und Personalressourcen zugeordnet. Taktpläne auf Normebene gelten als Grundlage für die Taktsteuerung. Der Taktplan in Abb. 3.13 entspricht einem Taktplan auf Normebene. Die Darstellung erfolgt oft auf Wochenbasis.⁸⁷

Mikroebene

Pläne auf Mikroebene sind auf Tagesbasis und werden wöchentlich evaluiert und neu eingeplant. Als praktisches Werkzeug dient die 4-Wochenvorschau-Tafel – siehe Abs. 3.8. Taktpläne auf Mikroebene fördern die Kommunikation und Abstimmung zwischen mehrerer Nachunternehmern. Ergeben sich deutliche Abweichungen (>2 Wochen) innerhalb der Mikroebene, müssen Taktpläne auf Normebene und gegebenenfalls auch jene auf Makroebene angepasst werden.⁸⁸

3.7 Meilenstein- und Phasenplan

Meilensteinpläne sind Plandarstellungen auf Makroebene und bestehen, wie der Name schon verrät, nur aus Meilensteinen, die Anfang und Ende von Abläufen markieren. Es sind keine zeitlichen Informationen oder Dauer hinterlegt. Damit betrachtet man Abläufe auf sehr hoher Flugebene, worin ihr großer Vorteil liegt. Das gesamte Projekt wird überblicksmäßig dargestellt. Neben- und Teilprozesse, die es für einen reibungslosen Ablauf braucht, werden identifiziert. Projektrelevante Abläufe, beteiligte Parteien, Lieferanten, Transportwege, Materialien und Werkzeuge sowie kritische Prozessschritte oder mögliche Hindernisse werden aufgedeckt und behandelt.⁸⁹

Aufbauend auf dem Meilensteinplan macht den Phasenplan die genauere Betrachtung der Abläufe zwischen den Meilensteinen aus. Dabei werden diese Abläufe mit ersten Zeit- und Ressourceninformationen bereichert. Beim Phasenplan auf Makroebene erfolgt die Darstellung immer noch auf hoher Flugebene. Es werden keine Detailprozesse beleuchtet. Ziel ist es, grobe Zusammenhänge zwischen den identifizierten Neben- und Teilprozessen abzubilden und vor allem parallel laufende Prozesse näher auszuarbeiten. Phasenpläne können in weiterer Folge auch auf Norm- oder Mikroebene präzisiert werden. Dadurch steigt ihr Detaillierungsgrad, Zeitdaten werden auf Wochen- oder Tagesbasis angegeben.⁸⁹

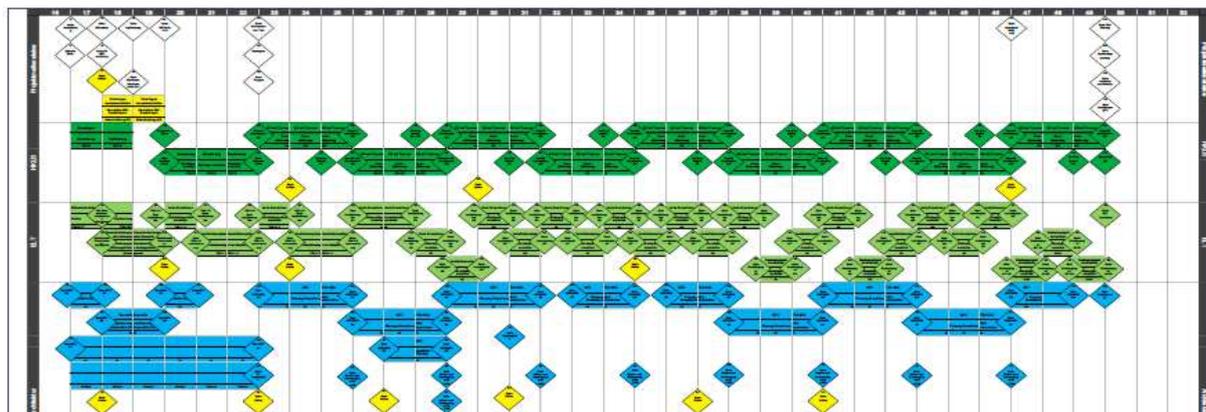


Abb. 3.19: Ausschnitt eines kombinierten Meilenstein- und Phasenplans (Quelle: Haghsheno und Wachter [30, S. 42])

⁸⁸Vgl. [22] Fiedler, S. 211–214

⁸⁹Vgl. [30] Haghsheno und Wachter, S. 41 f.

In der Praxis werden Meilenstein- und Phasenpläne oftmals kombiniert. Ein Beispiel liefert Abb. 3.19. Die weißen und gelben Meilensteine kennzeichnen wichtige Zeitpunkte. Die übrigen bunten Meilensteine markieren jeweils den Start und das Ende der zugehörigen, dazwischenliegenden Prozesse.

3.8 Ausgewählte Werkzeuge in Ergänzung zu Lean Design und Lean Construction

Ein Großteil der wertschöpfenden Tätigkeiten in der Baubranche findet direkt auf der Baustelle statt. Die Projektanforderungen werden zusehends höher, während die Baudauer verkürzt und Kostenvorgaben unterschritten werden sollen. Gleichzeitig werden Entscheidungen bezüglich Führung, Planung und Ausführung eines Bauvorhabens oftmals in Besprechungszimmern getroffen. Der Lean Management Ansatz des *Shopfloor-Managements* versucht, diese strikte Trennung von Administration und Produktion aufzuheben. Als *Shopfloor* wird der Ort, an dem Wertschöpfung erbracht wird, bezeichnet. Shopfloor-Management hat zum Ziel, die Zusammenarbeit von Management und Mitarbeitenden zu stärken, um so die Fähigkeit aller Beteiligten hinsichtlich kontinuierlichen Prozessverbesserungen zu erhöhen (vgl. Abs. 2.3). Jedes Shopfloor-Management ist auf das jeweilige Bauvorhaben und Projektteam abgestimmt, dennoch enthält es gewisse standardisierte Inhalte. Das sind unter anderem Anzeigetafeln, die den aktuellen *Status quo* des Baufortschritts darstellen. Dazu gehören Kennzahlen zur Zielerreichung (SOLL-IST-Vergleiche) und Qualität oder zum Mitarbeiterinsatz.⁹⁰ Nachstehend werden nun Werkzeuge des Lean Managements vorgestellt, die konkreten Methoden wie dem Last Planner® System oder der Taktsteuerung entnommen sind. Die ausgewählten Werkzeuge stehen jeweils in Verbindung mit dem Shopfloor-Management.

3.8.1 Big Room und Lean Room

Der Big Room, der „große Raum“, ist mit einer Einsatzzentrale vergleichbar, wie man sie etwa aus dem Rettungswesen kennt. Dabei beschreibt der Begriff nicht nur die physische Beschaffenheit des Raumes, sondern vielmehr die dort gelebte Arbeitsweise. Im Idealfall ist der Big Room als reine *Co-Location* ausreichend groß, sodass für alle Projektbeteiligten Arbeitsplätze zur Verfügung stehen. Ergänzt wird der Big Room um visuelle Darstellungen, wie etwa der 4-Wochenvorschau, um einen Meilenstein- und Phasenplan, aber auch um Abbildungen von Prozessen. Wann und wie oft der Big Room von den Projektbeteiligten genutzt wird, ist abhängig von der Komplexität des Projektes und der Teamgröße. Die Nutzungsfrequenz variiert von einem Halbtage pro Woche bis hin zur dauerhaften Nutzung durch das Projektteam. Die Art der Nutzung des Big Room kann den unterschiedlichen Projektphasen angepasst werden. So kann die frühe Einrichtung und Verwendung des Big Room auch schon von Vorteil sein, wenn das Projektteam noch nicht vollständig ist. Als sehr nützlich und effektiv hat sich der Big Room vor allem bei interdisziplinären

⁹⁰Vgl. [43] *Lean Planen, Bauen & Betreiben* S. 45f.

Teams gezeigt. Durch den großen, gemeinsamen Arbeitsbereich wird die direkte Kommunikation zwischen den Projektbeteiligten gesteigert, das kollektive Verständnis von Zielen wird gefördert und Prozesse werden transparenter gemacht. Probleme und Risiken können gewerkeübergreifend angesprochen und im Sinne des „Best-for-Project“-Gedankens gelöst werden.⁹¹

Zusätzlich zur Einrichtung des Big Room gibt es von jedem Projektteam individuell verabschiedete, verbindliche Kommunikationsregeln, die bei allen gemeinsamen Besprechungen gelten. Angelehnt an Universal Health Services [89] sind die grundsätzlichen Inhalte, die enthalten sein sollten, um eine kollaborative Zusammenarbeit zu fördern, nachstehend angeführt:⁹²

- **Der Big Room ist ein sicheres Umfeld.** Alle Projektbeteiligten werden ermutigt, ihre eigene Meinung zu äußern, ohne von anderen in Verlegenheit gebracht oder verspottet zu werden.
- **Allen gebührt dieselbe Wertschätzung.** Alle Projektbeteiligten haben gleiches Mitspracherecht und verdienen denselben Respekt.
- **Gemeinsame Kommunikation bringt Ideen.** Miteinander reden löst oftmals Probleme oder lässt sie erst gar nicht entstehen.
- **Zuhören verhindert Missverständnisse.** Um den Standpunkt oder Probleme anderer besser zu verstehen, ist aktives Zuhören wichtig.
- **Singletasking ist bei Besprechungen willkommen.** Während Besprechungen sind Neben-, Einzel- oder Telefongespräche sowie das Beantworten von E-Mails unerwünscht. Inhalte sollten mit allen geteilt werden. Unterbrechungen oder Störungen durch Telefonate Einzelner wirken sich negativ auf die Zeiteffizienz des gesamten Teams aus.
- **Eine Tagesordnung trägt zur Pünktlichkeit bei.** Besprechungen sollten im Interesse aller pünktlich gestartet und beendet werden. Durch eine vorab definierte Agenda können sich alle Anwesenden vorbereiten und zur effizienten Gestaltung der Besprechung beitragen.

Der Lean Room ist dem Big Room sehr ähnlich. Es gelten dieselben Kommunikations- und Verhaltensregeln. Zum Lean Room sollten jederzeit alle Projektbeteiligten aus dem Management und produktives Personal gleichermaßen Zugang haben. Der Lean Room kann auch als Projektsteuerungsraum bezeichnet werden, in dem sich alle Projektbeteiligten zur gemeinsamen Planung von Abläufen und Prozessoptimierungen treffen. Die Differenz liegt in der Ausstattung. Während der Big Room mit voll eingerichteten Arbeitsplätzen ausgestattet ist, gleicht der Lean Room eher einem großen Besprechungsraum. Der essenzielle Unterschied zu herkömmlichen Besprechungsräumen besteht in der Nutzung der Wandflächen – der Lean Room ist ausgehängt mit Grundriss- und Terminplänen sowie spezifischen Anzeigetafeln. Sie dienen allesamt der Steuerung der Bauabläufe. Die nachstehenden Abschnitte gehen auf die Inhalte ausgewählter Anzeigetafeln ein. Die Darstellungsformen sind stark von Projekt und Unternehmen abhängig, weswegen keine visuellen Beispiele gebracht werden.

⁹¹Vgl. [40] Lean Construction Institute *The Mindset of an Effective Big Room*

⁹²Vgl. [89] Universal Health Services *Lean Project Delivery Guide*

3.8.2 Taktsteuerungs- und 4-Wochenvorschau-Tafel

Im Zuge von Lean Besprechungen kommt beiden Tafeln eine große Bedeutung zu. Die Taktsteuerungstafel wird eher bei täglichen Kurzbesprechungen eingesetzt, während die 4-Wochenvorschau-Tafel tendenziell eher bei wöchentlichen Besprechungen ihre Anwendung findet. Wie der Name bereits nahelegt, ist die Taktsteuerungstafel ein Werkzeug der Methode *Taktsteuerung*. Als zentrales Werkzeug bietet sie einen schnellen Überblick über den aktuellen Stand der Bauleistungen (IST) im Vergleich zum Taktplan (SOLL). Einmal täglich kommen alle verantwortlichen Vorarbeiterinnen, Poliere und Vertreter der Bauleitung zusammen, um die anstehenden Tätigkeiten zu besprechen und abgeschlossene Leistungen zu evaluieren. Verzögern sich Tätigkeiten, kann das mittels Ampelsystem signalisiert werden. Weiters kann per Ampelsystem der Baufortschritt in den Kategorien Termine, Qualität, Ordnung und Sauberkeit sowie Logistik bewertet werden. Gemeinsame Maßnahmen zur Behebung einer Störung müssen direkt vor Ort getroffen werden, wenn eine Tätigkeit mit Gelb (taktkritisch) oder Rot (sehr taktkritisch) eingestuft wird. Die Einhaltung oder Wiederherstellung des Taktes bis zum nächsten Taktbeginn ist übergeordnetes Ziel. Bei einem Wochentakt beginnen die nächsten Takte immer am gleichen Wochentag der folgenden Woche.⁹³

Die 4-Wochenvorschau-Tafel betrachtet nicht nur einen Tag, sondern alle anstehenden Tätigkeiten der nächsten vier Wochen. Dabei wird die Tafel in mehrere Sektoren untergliedert – ein Sektor entspricht einem Taktbereich. In der wöchentlichen Lean Besprechung plant nun jedes Gewerk seine Tätigkeiten der kommenden vier Wochen auf Tagesbasis ein. Wenn nötig, erfolgt eine Abstimmung unter den Gewerken oder jeweils mit der Bauleitung bezüglich erforderlicher Vorleistungen und Freigaben. Zudem wird die vergangene Woche evaluiert und Verzögerungen sowie Störungen werden auf der Analysetafel aufgenommen, die nachstehend vorgestellt wird. Ob eine Taktsteuerungstafel ergänzend zur 4-Wochenvorschau-Tafel verwendet wird, ist von der Größe des Bauvorhabens und der Komplexität der Arbeiten abhängig.

3.8.3 Verzögerungs- und Störungsanalyse

Wird im Zuge der Lean Besprechung eine Verzögerung oder Störung in der evaluierten Woche erkannt, wird mittels 5W-Fragetechnik die Ursache erfragt. Die Ursachen können – abhängig vom Bauvorhaben – sehr vielfältig sein. Bei klassischen Hochbau-Bauvorhaben können ausgefallene Arbeitskräfte, verspätete Materiallieferungen oder fehlende Freigaben Gründe für Verzögerungen sein. Auf Tunnelbaustellen etwa können auch andere Umstände zu Störungen führen. Denkbar wären hier defekte Maschinen, Starkregenereignisse und erhöhter Wasserandrang oder unerwartete geologische Einflüsse. Die Verzögerungs- und Störungsanalyse kann ebenso in der Planungsphase eines Projektes eingesetzt werden. Fehlende Vorleistungen, offene Bauherrnfreigaben oder statische Planänderungen können hier die Gründe von Behinderungen darstellen. Auf der zugehörigen Analysetafel sind die typischen und zu erwartenden Ursachen des jeweiligen Bauvorhabens gekennzeichnet, so kann eine schnellere Zuordnung in der Lean Besprechung erfolgen.⁹⁴

⁹³Vgl. [43] *Lean Planen, Bauen & Betreiben* S. 56

⁹⁴Vgl. [60] Prötsch, S. 76 f.

Nach der Einplanung sämtlicher Tätigkeiten in der 4-Wochenvorschau wird die nächste Woche im Detail durchgesprochen, gegebenenfalls werden noch aufgetretene Fragen geklärt. Im Anschluss wird die Zustimmung aller Projektbeteiligten, auch der anwesenden Vorarbeiter, für den Plan der kommenden Woche eingeholt (vgl. *Commitment* in Abs. 3.1). Die zugesagten Tätigkeiten aller Gewerke werden gezählt und aufgenommen. Werden in der nächsten Lean Besprechung die Tätigkeiten auf ihren Stand hin evaluiert, können abgeschlossene Arbeitsschritte durchgestrichen und von der 4-Wochenvorschau-Tafel abgenommen werden. Verzögerte oder nicht erledigte Arbeiten werden auf der Verzögerungs- und Störungs-Analysetafel dem entsprechenden Störungsgrund zugeordnet. Am Ende der Besprechung kann so der Anteil erfüllter Aufgaben ermittelt werden. Oftmals erfolgt diese Berechnung Excel-gestützt. Das Ergebnis ist ein zweidimensionales Diagramm mit drei Achsen. Auf der x-Achse sind die vergangenen Projektwochen aufgetragen. Die y-Achse markiert die Anzahl der Zusagen, während auf der anderen y-Achse die Zuverlässigkeit in Prozent angegeben ist. Aus dem Diagramm kann so ein Trend des Erfüllungsgrades (PEA-Trend = *Prozent erfüllter Aufgaben*) abgelesen werden.⁹⁴

3.8.4 Aktionsliste und Risikomatrix

Treten Verzögerungen oder Störungen auf, die ein Risiko für den Bauablauf darstellen, werden sie auf der Risikomatrix eingeordnet. Aktionsliste und die Risikomatrix-Tafel sind Hilfsmittel, den proaktiven Umgang mit erkannten Risiken zu fördern. Wird ein Risiko jedweder Art im Baugeschehen identifiziert, erfolgt die Einordnung auf der Risikomatrix. Die Risikomatrix gliedert sich in neun Bereiche unterschiedlicher Farbe. Dabei werden sowohl x- als auch y-Achse gedrittelt und Quadranten gebildet. Wie wahrscheinlich das Eintreten eines Risikos ist, zeigt die x-Achse. Die y-Achse beschreibt hingegen die Größe der Auswirkungen, sollte das Risiko eintreten. Auswirkungen können monetärer, terminlicher oder personeller Natur sein. Identifizierte Risiken mit geringer Eintrittswahrscheinlichkeit und zugleich geringer Auswirkung werden in den drei unteren, grauen Quadranten eingeordnet. Risiken mit mittlerer Eintrittswahrscheinlichkeit und zugleich mittleren Auswirkungen auf das Projektgeschehen werden in den drei gelben Bereichen in der Mitte der Risikomatrix angesiedelt. Risiken mit hoher Eintrittswahrscheinlichkeit und zugleich großen Auswirkungen werden den drei roten, oberen Quadranten zugeordnet. Jedes mittels Risikomatrix bewertete Risiko hat eine Aktion auf der Aktionsliste zur Folge. Als Aktion werden alle Bemühungen bezeichnet, den Eintritt des Risikos zu verhindern oder die erwarteten Auswirkungen durch proaktiven Umgang zu reduzieren. Die Aktionsliste gleicht einer erweiterten *To-Do*-Liste, bei der sämtlichen Aufgaben Verantwortlich- und Zuständigkeiten zugeordnet werden. Zudem ist der Status einer Aufgabe nach dem PDCA-Zyklus ersichtlich. Die Aktionsliste kann auch losgelöst von der Risikomatrix verwendet werden.⁹⁵

⁹⁵Vgl. [3] Angermeier *Risikomatrix*

3.9 Integrierte Projektabwicklung als eigenständiges Modell

Bis jetzt wurde zwischen Planung und Bauausführung strikt getrennt. Die Ansätze von Lean Design und Lean Construction versuchen, trotz einer grundsätzlichen Trennung der Projektphasen, den Informationsfluss durch die bemühte Einbindung aller Projektbeteiligten aufrechtzuerhalten oder gar zu verbessern. Eine gänzlich andere Herangehensweise wählt die Integrierte Projektabwicklung. Dieses Kapitel soll die Ansätze der Integrierten Projektabwicklung grob umreißen.

Der Vergabeprozess von Bauleistungen hatte in den 1980er Jahren in der europäischen und amerikanischen Bauwirtschaft große Ähnlichkeiten. So versuchten Bauherren ihre gewünschten Bauleistungen möglichst genau zu charakterisieren und anschließend auszuschreiben. Die Vergabe erfolgte an jenen Bieter mit dem niedrigsten Angebotspreis.⁹⁶

Nach einer empirischen Studie aus dem Jahr 2005 von Haghsheno und Kaben [29] sind Leistungsänderungen, zusätzliche Leistungen, Unklarheiten im Vertrag, fehlerhafte Leistungsverzeichnisse und fehlende Planunterlagen bei etwa 50% aller Bauprojekte konfliktverursachend. Die Ergebnisse konnten im Zuge einer Dissertation von Werkl [91] 2012 quantitativ bestätigt werden. Bei Leistungsänderungen und fehlenden Planunterlagen als Konfliktursachen erhöhten sich sogar die Werte um jeweils acht Prozent.⁹⁷

Alternative Projektabwicklungsformen kommen im DACH-Raum trotz der Kalamitäten vergleichsweise selten zum Einsatz. In Österreich zeichnet sich ein erster Trend in Richtung einer kooperativen Projektabwicklung ab. Angeführt werden in diesem Zusammenhang die ÖNORM B2118 [57] sowie die öbv-Richtlinien *Kooperative Projektabwicklung* [37] und *Alternative Vertragsmodelle* [1]. Dieser Abschnitt soll einen groben Überblick über weltweite Entwicklungen alternativer Projektabwicklungsformen geben. Im Anschluss wird im Speziellen auf die Integrierte Projektabwicklung näher eingegangen. Sie ist ein ursprünglich aus Amerika stammendes Modell, das versucht, durch die frühzeitige Einbindung aller Projektbeteiligten die Abwicklung von Bauvorhaben zu optimieren.

3.9.1 Auswahl kooperationsorientierter Partnerschaftsmodelle

Folgender Abschnitt liefert einen kurzen Überblick über weltweite Entwicklungen kooperativer Projektabwicklungsformen. Besonders werden Darlegungen aus Amerika, Großbritannien, Australien und Finnland hervorgehoben. Die Modelle oder Ansätze von *Partnering*, *Project Alliancing*, *Early Contractor Involvement*, *Integrated Project Delivery* und der *New Engineering Contracts* werden grob umrissen.

Partnering

Ölpreissteigerungen und eine wirtschaftliche Rezession führten in den 1980er Jahren in Amerika dazu, dass viele Bauprojekte nicht fertiggestellt wurden. Etliche Gerichtsprozesse folgten. Mitte der 1980er Jahre etablierten sich erste *Partnering-Agreements*. Diese partnerschaftliche Ausgestaltung

⁹⁶Vgl. [20] Faber, S. 752

⁹⁷Vgl. [91] Werkl, S. 10 ff.

von Verträgen diene als Grundlage weiteren, alternativen Modellen – insbesondere für *Integrated Project Delivery*.⁹⁸

Nach dem *European Construction Institute* wird *Partnering* als Managementansatz definiert, „der von zwei oder mehreren Organisationen angewendet wird, um durch Maximierung der Effektivität der jeweiligen Ressourcen, spezifische Geschäftsziele zu erreichen. Der Ansatz basiert auf gemeinsamen Zielen, einer gemeinsamen Methode zur Problemlösung und einem aktiven Streben nach kontinuierlicher Verbesserung.“⁹⁹

Das oben bereits erwähnte *Partnering-Agreement* (dt. Partnering-Vereinbarung) bildet den Kern des Partnering-Ansatzes. Dabei werden die generellen Ziele des Partnerings, die Rahmenbedingungen und das Vergütungsmodell in der Vereinbarung vertraglich festgehalten. Die Partnering-Vereinbarung kann dem eigentlichen Bauvertrag beigelegt werden (zum Beispiel dem *Framework Alliance Contract FAC-1*). Sie kann auch in einem partnerschaftlichen, eigenständigen Mustervertrag enthalten sein.¹⁰⁰

Als erster Mustervertrag für Partnering gilt der *Project Partnering Contract* (PPC2000) der *Association of Consultant Architects*. Er findet weltweit sowohl im öffentlichen als auch im privaten Sektor – unabhängig vom finanziellen Auftragsvolumen – Anwendung. Nachfolgend werden nach Breyer [13] auszugsweise einige vertragliche Rahmenbedingungen von Partnering-Vereinbarungen angeführt:¹⁰¹

- Ausführende Unternehmen werden möglichst früh vertraglich in den Planungsprozess involviert. Das soll gewährleisten, dass Optimierungspotenziale voll ausgeschöpft werden können. Das Bau-SOLL wird gemeinsam definiert.
- Eine funktionale Ausschreibung ermöglicht die frühe Einbeziehung von ausführenden Unternehmen.
- Die vertragliche Ausgestaltung der Vereinbarung erfolgt möglichst simpel, ohne komplexe Strukturen und Abhängigkeiten. Eine faire Risikoteilung ist vorgesehen.
- Ein eigens gegründetes Kernteam überwacht die Einhaltung der Partnering-Ziele, offene Kommunikation und die Offenlegung wichtiger projektbezogener Informationen.
- Oftmals basieren Partnering-Verträge auf Zielkostenvereinbarungen mit möglichen Boni. Die Abrechnung erfolgt nach dem *open-book*-Verfahren.

Sofern vergaberechtliche Grundprinzipien nicht verletzt werden, sei nach Paar [58] der Partnering-Ansatz auch für die öffentliche Hand geeignet. In diesem Zusammenhang hält Racky [62] fest, dass „der Wettbewerbsgedanke [des Vergaberechts] dem Partnering-Ansatz prinzipiell nicht entgegensteht.“¹⁰²

⁹⁸Vgl. [19] Eschenbruch, S. 11

⁹⁹Vgl. [19] Eschenbruch, S. 1

¹⁰⁰Vgl. [19] Eschenbruch, S. 65 f.

¹⁰¹Vgl. [13] Breyer, S. 166

¹⁰²Vgl. [62] Racky, S. 105

Project Alliancing

Die Situation in der britischen Bauindustrie glich in den 1980er Jahren jener in Amerika. Eine wirtschaftliche Krise zwang viele Baufirmen in den Konkurs. Als Antwort auf nicht zufriedenstellende Ergebnisse entstanden Anfang der 90er Jahre neue Ansätze zur Abwicklung von Bauvorhaben. Beim sogenannten *Project Alliancing* rücken kollektive statt individueller Interessen in den Mittelpunkt der Bauverträge. Der Begriff des *best-for-project*-Gedankens wird geprägt.¹⁰³

Nach erfolgreicher Umsetzung erster Projekte übernahm Australien um die Jahrtausendwende die Vorreiterrolle in der Weiterentwicklung des *Project Alliancing*. Dabei findet es häufig Anwendung bei öffentlichen Infrastrukturbauten, größtenteils mit einem Auftragswert zwischen 25 – 150 Millionen Australische Dollar.¹⁰⁴

Im Gegensatz zu den Standard-Vertragsmustern der Partnering-Modelle kann bei einer Projektallianz die Vertragsstruktur von den Vertragspartnern selbst gewählt werden. Dabei sind nach Schlabach [75] einige Eigenschaften und Charakteristika unerlässlich:

- Probleme im Projektgeschehen werden durch alle Allianzmitglieder gemeinsam gelöst, wobei jedes Stimmrecht gleichwertig sein soll. Eine Einordnung des Problems in die klassische Sphärenzuordnung findet nicht statt.
- Risiken werden von allen Allianzmitgliedern gleichermaßen getragen. Ausnahmen gibt es allerdings für außerordentliche Gefahren.
- Mit der gemeinsamen Risikotragung geht eine Vergütungsstruktur einher, bei der diese Risiken vorab monetär bewertet werden.
- Integrierte Projektteams leiten die Allianz. Während das *Alliance Leadership Team* strategische Entscheidungen der Allianz trifft, ist das *Alliance Management Team* operativ tätig. Im *Wider Project Team* sind alle sonstigen Personen vertreten, die anderweitig für die Allianz tätig sind.

Anders als bei herkömmlichen bilateralen Werkverträgen bilden die Vertragspartner (Bauherr, Planer, ausführende Unternehmen etc.) eine Allianz. Nach australischer Rechtsprechung entsteht dabei keine Rechtsgesellschaft in Form einer Unternehmung, die Beteiligten bleiben rechtlich selbstständig. Nach österreichischem Gesellschaftsrecht würde nach Schlabach [75] bei Bildung einer Projektallianz eine der Gesellschaft bürgerlichen Rechts (GesbR) ähnliche Gesellschaftsform vorliegen. Vertragliche Verpflichtungen bestehen nur im Innenverhältnis.¹⁰⁵

Early Contractor Involvement

Die späte Einbeziehung ausführender Unternehmen führt nach Mosey [51] zu Verzögerungen, Nachträgen und Streitigkeiten. Die effektivste Lösung dieser Projektrisiken sei eine Teambildung von Bauherrn, Planern und ausführenden Unternehmen in einer möglichst frühen Projektphase.¹⁰⁶

¹⁰³ Vgl. [74] Sakal, S. 68 f.

¹⁰⁴ Vgl. [75] Schlabach, S. 14 f.

¹⁰⁵ Vgl. [75] Schlabach, S. 23 ff.

¹⁰⁶ Vgl. [51] Mosey, S. 7 f.

Das *Early Contractor Involvement* verläuft zweistufig: Nach einer Präqualifikation erfolgt die Vergabe an den besten Bieter. Dieser führt in der ersten Phase die Planungs- und Optimierungsarbeit aus und erarbeitet den Zielkostenpreis. Dieses Vorgehen soll innovative Ideen und effiziente Lösungen bringen. In der zweiten Phase wird detailliert geplant und anschließend die Bauleistung auf Basis der tatsächlichen Kosten abgerechnet.¹⁰⁷

Ähnlich wie beim *Project Alliancing* ist auch das *Early Contractor Involvement* kein Mustervertrag, sondern dient als Ansatz zur Ausgestaltung der vertraglichen Beziehung zwischen Auftraggeberin und Auftragnehmerin.

New Engineering Contracts

Die *New Engineering Contracts* der *Institution of Civil Engineers* stellen Musterverträge vorrangig für Großbritannien dar. Dabei werden sie häufig für komplexe Infrastrukturprojekte im öffentlichen Sektor verwendet.¹⁰⁸

Die Verträge zeichnen sich laut Paar [58] durch drei zentrale Prinzipien aus:¹⁰⁹

- *Flexibility*: Durch eine hohe Flexibilität sollte die Vertragsfamilie für möglichst viele Bauvorhaben anwendbar sein – ungleich, ob es sich um private oder öffentliche Auftraggeberinnen handelt.
- *Clarity and Simplicity*: Die Vertragsfamilie der *New Engineering Contracts* soll durch die Verwendung einer einfachen, verständlichen Sprache und durch den Verzicht auf Fachvokabular auch für Nicht-Juristen verständlich sein.
- *Stimulus To Good Management*: Das dritte und zentrale Prinzip stellt die partnerschaftliche Abwicklung von Bauprojekten dar.

FIDIC-Vertragsbedingungen müssen bei speziellen Projekten vereinbart werden. Im Gegensatz dazu haben die *New Engineering Contracts* keinen rechtsverbindlichen Charakter – sie müssen demnach nicht zwingend vereinbart werden. Die *New Engineering Contracts* stellen eine Art Vertragsformblätter mit vorformulierten Vertragsklauseln zur partnerschaftlichen Projektentwicklung dar. Sie werden aufgrund ihrer universellen Anwendbarkeit als Allgemeine Geschäftsbedingungen charakterisiert.¹¹⁰ Bei Anwendung in Österreich erfordern Allgemeine Geschäftsbedingungen für die rechtliche Gültigkeit die beidseitige Vereinbarung.¹¹¹

Integrated Project Delivery

Integrated Project Delivery (IPD) ist ein alternativer Vertragsansatz zur Abwicklung von Bauvorhaben, der aus Amerika stammt. Grundprinzipien von Lean Construction werden aufgegriffen und forciert. Die Anwendung von Lean Design und Lean Construction Methoden als operative Regeln innerhalb eines Bauvorhabens seien zwar nicht zwingend erforderlich, um als ein

¹⁰⁷ Vgl. [32] High Speed Two (HS2) *Early Contractor Involvement*

¹⁰⁸ Vgl. [19] Eschenbruch, S. 211

¹⁰⁹ Vgl. [58] Paar, S. 82

¹¹⁰ Vgl. [95] Zimmermann und Hamann, S. 23

¹¹¹ Vgl. [38] Koziol et al., S. 132

Projekt mit integrierter Projektabwicklungsform zu gelten, doch hat sich der kombinierte Einsatz als vorteilhaft erwiesen. Die vertragliche Ausgestaltung solcher Projekte basiert auf einem kollektiven Risikomanagement, einer Bonus-/Malus-Vergütungsstruktur und auf multilateralen Mehrparteien-Projektverträgen, bei denen zumindest Bauherr, Planer und Generalunternehmer als unterzeichnende Parteien auftreten.¹¹²

Das *American Institute of Architecture* veröffentlichte eine eigene Vertragsreihe für *Integrated Project Delivery* (AIA C191-2009), mit den *ConsensusDOCS 300* sogar erste Standards für Mehrparteienverträge.¹¹³

Die Entwicklungen in Amerika sind maßgebend für die analoge Form der Integrierten Projektabwicklung (IPA) in Deutschland. Daher werden nachstehend konkrete Bestandteile und Charakteristika von sogenannten IPA-Projekten, umgelegt auf den deutschen Markt, erläutert.

3.9.2 Charakteristika und konstitutive Modellbestandteile der Integrierten Projektabwicklung

Für ein gemeinsames Verständnis der deutschen Auffassung Integrierter Projektabwicklung wurde der amerikanische *Integrated Project Delivery*-Leitfaden ins Deutsche übersetzt und an die deutschen Rechtsvorschriften angepasst. Der deutsche Leitfaden [12] bietet einen Überblick über wichtige IPA-Projektphasen und Verhaltensregeln, über Teamkultur und Teamauswahl, zusätzlich beschreibt er Lean Management Methoden. In den obigen Abschnitten (vgl. Abs. 3.1 bis Abs. 3.8) ist auf die angeführten Methoden eingegangen worden. Der Leitfaden bildet die Grundlage für folgende Erläuterungen zu den Charakteristika und konstitutiven Modellbestandteilen von Projekten, die mittels Integrierter Projektabwicklung umgesetzt werden (im Folgenden kurz IPA-Projekte genannt). Sie sind in einem eigenen Dokument [28] zusammengefasst. Konstitutiv bedeutet in dem Zusammenhang, dass alle acht Charakteristika und sämtliche 21 Modellbestandteile kumulativ vorliegen müssen, um als „echtes“ IPA-Projekt nach Definition des IPA-Zentrums gelten zu dürfen. Das IPA-Zentrum mit Sitz in Karlsruhe sieht sich als „Kompetenzzentrum für Integrierte Projektabwicklung und verfolgt als zentrale Plattform das Ziel, Projektbeteiligte in der Bauwirtschaft zu befähigen, mit Modellen der IPA anspruchsvolle Bauvorhaben erfolgreich zu realisieren [...]“.¹¹⁴ Nachstehend sind die Charakteristika und konstitutiven Modellbestandteile von IPA-Projekten gemäß Haghsheno et al. [28] angeführt:¹¹⁵

Charakteristikum 1: Etablierung eines Mehrparteiensystems

Bei einem „echten“ IPA-Projekt sind zumindest zwei Projektbeteiligte in die Regeln der Zusammenarbeit mit einbezogen. Schlüsselpersonen werden für die Planung und Ausführung, gegebenenfalls auch für den Betrieb, projektabhängig ausgewählt. Für die Ernennung als Schlüsselperson sind wichtige Indikatoren etwa Leistungsumfang der Planungsdisziplin beziehungsweise dem Gewerk, Einfluss auf Projekterfolg und Wertschöpfungsbeitrag sowie eigene Expertise zur

¹¹²Vgl. [16] Darrington und Lichtig, S. 112 ff.

¹¹³Vgl. [78] Smith et al., S. 6

¹¹⁴Vgl. [28] Haghsheno et al., S. 3 f.

¹¹⁵Vgl. [28] Haghsheno et al., S. 4–11

Entwicklung innovativer Lösungen oder zur Optimierung von Abläufen und Prozessen. Zu Beginn der Zusammenarbeit werden die Projektziele gemeinsam definiert. Alle Partner bringen ihren möglichen Anteil an (Bau-/Planungs-)Leistung ein und tragen im selben Ausmaß die Verantwortung für das Erreichen des übergeordneten Projektziels. In weiterer Folge steht ihr Anteil der Vergütung in Abhängigkeit vom Erreichen der Projektziele. Die vertragliche Ausgestaltung erfolgt grundsätzlich im Rahmen eines Mehrparteienvertrags.¹¹⁵

Charakteristikum 2: Frühzeitige Einbindung der Schlüsselpersonen mittels Kompetenzwettbewerb

Die Chancen zur Erreichung der Projektziele ist umso größer, je früher die Einbindung von Schlüsselbeteiligten erfolgt. Sie soll so früh stattfinden, dass die gemeinsame Entwicklung der Zielkosten noch möglich ist. Im Zuge eines Kompetenzwettbewerbs werden die Schlüsselbeteiligten ausgewählt. Dabei steht die fachliche und soziale Kompetenz der Personen im Vordergrund. Die persönliche Fähigkeit, im Team zusammenarbeiten zu können und zu wollen, stärkt die kooperative Partnerschaft unter den Projektbeteiligten. Weitere Auswahlkriterien sind beispielsweise Vergütungsparameter.¹¹⁵

Charakteristikum 3: Gemeinsames Risikomanagement

Die frühe Erkennung von Risiken aller Art benötigt ein projektspezifisches Risikomanagementsystem. Es definiert die Vorgehensweise, wie Risiken identifiziert und bewertet werden. Zudem ist festgehalten, wie die Zuordnung eines konkreten Risikos an einzelne, gewisse oder alle Parteien erfolgt. Für das gemeinsame Risikomanagement ist zudem eine fortlaufende Analyse und Bearbeitung der Risiken während aller Projektphasen unerlässlich. Dabei werden die Bewertungen und Maßnahmen an neue Kenntnisstände angepasst. In diesem Zusammenhang wird ausdrücklich immer von Risiken *und* Chancen gleichermaßen gesprochen. Ein frühzeitig erkanntes Risiko kann die Chance darstellen, mit proaktivem Handeln das Projektziel ohne gravierende Zwischenfälle zu erreichen.¹¹⁵

Charakteristikum 4: Gemeinsame Entscheidungen

Die gemeinsame Verantwortung für das Erreichen der Projektziele erfordert auch ein gemeinsames Treffen von Entscheidungen. Das Grundsatzprinzip der Einstimmigkeit untermauert hierbei die Gleichrangigkeit der Projektpartner. Alle getroffenen Entscheidungen müssen gleichzeitig dem Erreichen der Projektziele dienlich sein. Kollektive Interessen werden immer vor individuelle Bestrebungen gestellt. Eine integrierte Aufbauorganisation ermöglicht die Umsetzung der oben genannten Grundsätze. Alle relevanten (operativen) Entscheidungen trifft das sogenannte Projektmanagementteam. Es besteht aus jenen Partnern, die mit den nötigen Entscheidungsbefugnissen ausgestattet sind. Zusätzlich organisiert das Projektmanagementteam die interdisziplinäre Zusammenarbeit einzelner fachspezifischer Teams. Alle Belange, die außerhalb operativer Fragestellungen liegen, werden vom Seniormanagementteam behandelt. Das Seniormanagementteam besteht aus Personen auf Management-Ebene der beteiligten Partner.¹¹⁵

Charakteristikum 5: Anreizsystem im Rahmen eines Vergütungsmodells

Am Beginn der Projektentwicklung gibt der Bauherr seinen Bedarf und seine terminlichen und budgetären Projektziele an. Nach der Teamauswahl werden die allgemeinen Ziele konkretisiert und mit fortgeschrittener Planung in Leistungsziele umgewandelt. Alle Projektpartner bestätigen die damit einhergehenden Zielkosten. Die Zielkosten beinhalten bei allen Planungs- und Bauunternehmen die voraussichtlichen direkten Kosten, die Geschäftskosten, bewertete Risiken und Chancen sowie eine Gewinnmarge. Direkte Kosten sind jene Kosten, die für die Realisierung des Bauvorhabens erwartet werden. Nicht berücksichtigt werden jene Kosten, die auf dem Bauherrn alleine zugeordnete Risiken zurückzuführen sind. Treten Risiken ein, werden daher die tatsächlich entstandenen Kosten aller Unternehmen anteilhaft abgerechnet – jedes Unternehmen übernimmt seinen vorab definierten prozentualen Anteil der Risikokosten. Analog zu *Cost-Plus-Fee*-Vergütungsmodellen erstattet der Bauherr auch bei IPA-Projekten die tatsächlich entstandenen direkten Kosten. Dabei ist es nicht von Bedeutung, ob die Kosten durch eigene Leistung (Eigenkosten) oder Fremdleistung Dritter (Fremdkosten) entstanden sind. Die restlichen Vergütungsbestandteile, wie Gewinne, werden in Abhängigkeit von der Projektzielerreichung beglichen.¹¹⁵

Charakteristikum 6: Einsatz kollaborativer Arbeitsmethoden

Projektmanagement- und Arbeitsmethoden, die eine effektive Zusammenarbeit im Projektteam, Transparenz und Kollaboration fördern, werden sehr begrüßt. Definierte Strukturen, Abläufe und eine entsprechende (digitale) Infrastruktur fördern den gezielten Daten- und Informationsaustausch. Die Koordination der Zusammenarbeit innerhalb des Projektteams erfolgt durch eigens zur Verfügung gestellte Personalressourcen der Projektbeteiligten. Als konkrete Methoden der kollaborativen Zusammenarbeit werden *Building Information Modeling* und Lean Management angeführt.¹¹⁵

Charakteristikum 7: Lösungsorientierte Konfliktbearbeitung

Können Konflikte innerhalb des Projektmanagementteams nicht gelöst werden, werden diese an das Seniormanagementteam herangetragen. Man ist bestrebt, Konflikte möglichst früh und konstruktiv mit den Projektbeteiligten gemeinsam zu lösen. Kann dennoch keine einvernehmliche Lösung erzielt werden, sind externe Gremien zur außergerichtlichen Streitbeilegung zu konsultieren. Welches Konfliktlösungsverfahren in welchem Ausmaß angewendet wird, ist vorab vertraglich festgelegt. Unabhängig von den Erläuterungen des IPA-Zentrums, sei an dieser Stelle auf die Arbeiten von Lessiak und Gallistel [45] hingewiesen. Lessiak und Gallistel beschäftigen sich eingehend mit projektbegleitendem Lösungsmanagement.¹¹⁵

Charakteristikum 8: Kooperative Haltung der Projektbeteiligten

Die Verständigung auf gemeinsame Werte ist eine der Grundvoraussetzungen für den Erfolg von Integrierter Projektabwicklung. Alle Werte, die die Zusammenarbeit im Projektteam fördern und/oder von den Beteiligten als essenziell erachtet werden, sind in einem Werte-Kanon zusammengefasst. Das sind exemplarisch Offenheit, Transparenz, Ehrlichkeit, Pünktlichkeit,

Wertschätzung oder gegenseitige Unterstützung. Die gemeinsame Projektkultur soll stets den offenen Umgang mit Fehlern zulassen und ein kontinuierliches Lernen fördern.¹¹⁵

In der nachstehenden Tab. 3.2 werden die acht Charakteristika und 21 konstitutiven Modellbestandteile eines IPA-Projektes nach Haghsheno et al. [28] nochmals zusammengefasst dargestellt:

Etablierung eines Mehrparteiensystems
<ul style="list-style-type: none"> - Einbindung der Schlüsselbeteiligten für die Planung und Ausführung (optional zusätzlich für Betrieb) - Gemeinsame Verantwortung für Projektziele in Planung und Ausführung - Grundsätzlich mit Mehrparteienvertrag
Frühzeitige Einbindung der Schlüsselpersonen mittels Kompetenzwettbewerb
<ul style="list-style-type: none"> - Einbindung zu einem möglichst frühen Zeitpunkt - Kompetenzwettbewerb zur Auswahl der Schlüsselbeteiligten
Gemeinsames Risikomanagement
<ul style="list-style-type: none"> - Risikomanagementsystem - Zuordnung der Risiken und Chancen - Fortlaufende Bearbeitung der Risiken und Chancen
Gemeinsame Entscheidungen
<ul style="list-style-type: none"> - Prinzip der Einstimmigkeit - Prinzip "Best-for-Project" - Integrierte Aufbauorganisation
Anreizsystem im Rahmen eines Vergütungsmodells
<ul style="list-style-type: none"> - gemeinsam bestätigte Zielkosten - gemeinsame Risikotragung - Erstattung tatsächlich entstandener Kosten - Auszahlung weiterer ausgewählter Vergütungsbestandteile in Abhängigkeit von der Erreichung der Projektziele und eingetretener Chancen und Risiken
Einsatz kollaborativer Arbeitsmethoden
<ul style="list-style-type: none"> - Transparenter Daten- und Informationsaustausch - Prozessbasierte Koordination der Beteiligten
Lösungsorientierte Konfliktbearbeitung
<ul style="list-style-type: none"> - primär durch vorhandene Management-Gremien im Projekt - nachrangig durch außergerichtliche Streitbeilegungsverfahren
Kooperative Haltung der Projektbeteiligten
<ul style="list-style-type: none"> - Kanon ausgewählter Werte - Kontinuierliches Lernen und positiver Umgang mit Fehlern

Tab. 3.2: Zusammenfassende Darstellung der Charakteristika und Modellbestandteile von IPA-Projekten (modifiziert nach: Haghsheno et al. [28, S. 5])

3.10 Zusammenfassung

In diesem Kapitel sind Lean Management Methoden und Werkzeuge, die speziell auf die Baubranche zugeschnitten sind, vorgestellt worden. Dabei finden alle Inhalte der Lean Construction in der Bauausführung Anwendung, während Lean Design primär für die Planung entwickelt worden ist. Die wohl bekannteste Methode stellt das Last Planner® System dar. Glenn Ballard hat seine Methode ursprünglich für die Produktionsplanung und -steuerung aller im Zuge der Bauphase auftretenden Prozesse konzipiert – heute findet das Last Planner® System in der Planung gleichermaßen seine Verwendung. Der *Last Planner* bezeichnet jenes Gewerk, das die letzten Tätigkeiten zur Realisierung eines Bauvorhabens ausführt. Mittels Rückwärtsplanung werden sukzessive alle benötigten Arbeitsschritte bis zum Baustart identifiziert und in eine optimierte Reihenfolge gebracht. Der Vorteil der Rückwärtsplanung besteht darin, dass jedes Gewerk seine nötigen Vorleistungen kennt und so kein Prozessschritt vergessen wird. Das Last Planner® System setzt alle fünf Grundprinzipien der Lean Philosophie um. Des Weiteren wird ihm zugesprochen, die Produktivität allgemein zu steigern und dazu beizutragen, Projektziele (Kosten, Termine, Qualität) zuverlässiger zu erreichen und dabei Stress bei den Projektbeteiligten zu reduzieren. Als weitere Methode ist die Gesamtprozessanalyse vorgestellt worden. Bei der Gesamtprozessanalyse werden (Bau-) Abläufe erstellt und visualisiert. Zudem zeigt man alle Teil- und Nebenprozesse auf – man gewinnt einen Überblick über alle vorherrschenden Abläufe. Nun können gezielte Optimierungen von Abläufen erfolgen. Aufbauend auf dem Ansatz des Last Planner® Systems und der Gesamtprozessanalyse werden Phasen- und Meilensteinpläne erstellt. Meilensteine kennzeichnen wichtige Projektziele (zum Beispiel die Übergabe an den Bauherrn) oder markieren Anfang und Ende eines Prozesses. Gesamtprozessanalysen und Phasenpläne können in drei Detaillierungsgraden ausgearbeitet werden. Nach dem Drei-Ebenen-Modell gibt die Makroebene die größte Übersicht über das gesamte Bauvorhaben. Makro-Darstellungen auf Jahres- oder Monatsbasis dienen einer ersten Einschätzung von Terminzielen und nötigem Ressourcenaufwand. Pläne auf Normebene sind meistens auf Wochenbasis und sollen Personalplanungen und Materialbestellungen erleichtern. Pläne auf Mikroebene sind hingegen oftmals auf Tagesbasis. Sie fördern die Kommunikation und Abstimmung zwischen den Gewerken untereinander und der Bauleitung. Als wesentliche Methoden der Lean Construction gelten weiter die Taktplanung und Taktsteuerung. Die Taktplanung gliedert sich in acht aufeinander aufbauende Schritte. In den ersten vier Schritten wird das Projekt analysiert, Regelbereiche werden untersucht und grundlegende Informationen zusammengetragen. In den folgenden vier Schritten wird der eigentliche Taktplan erstellt. Abschließend werden Sonderbereiche in den Taktplan eingepflegt. Das Ziel des Taktplanes besteht darin, den Einarbeitungseffekt zu nutzen, indem das Bauvorhaben in Bereiche gegliedert wird, die sich wiederholen und in denen immer dieselben Tätigkeiten in derselben Reihenfolge ausgeführt werden. Mit der Taktsteuerung setzt man gezielt Maßnahmen, um den laut Taktplan vorgegebenen Takt zu halten oder wieder einzustellen.

In Ergänzung zu den bereits gebrachten Methoden werden auch Werkzeuge vorgestellt, die mit dem Shopfloor-Management in Verbindung gebracht werden können. Dabei bezeichnet *Shopfloor* den direkten Produktionsort – die Baustelle. Das Shopfloor-Management versucht, die strikte

Trennung von Administration und Produktion aufzuheben. Es greift daher Ansätze des Last Planner[®] Systems auf, indem *alle* Projektbeteiligten gemeinsam den Baufortschritt bewerten und weitere Schritte setzen. Als wesentliches Werkzeug gilt der Big oder Lean Room, in dem kollektives Arbeiten praktiziert wird. Es gelten gewisse Verhaltens- und Kommunikationsregeln. Der Lean Room ist mit speziellen Anzeigetafeln ausgestattet. Es handelt sich dabei um die Taktsteuerungs- und/oder 4-Wochenvorschau-Tafel, um eine Tafel zur Verzögerungs- und Störungsanalyse, die Risikomatrix und eine Aktionsliste. Die Taktsteuerungstafel unterstützt die Steuerung des Taktes, indem in täglichen Kurzbesprechungen der Baufortschritt evaluiert wird. Auf der 4-Wochenvorschau-Tafel werden alle Tätigkeiten der nächsten vier Wochen eingeplant. Das gibt Gelegenheit für eine direkte Abstimmung unter den Gewerken oder für eine sofortige Klärung offener Themen. In wöchentlichen Lean Besprechungen wird jeweils die vergangene Woche evaluiert und Störungen und Verzögerungen werden auf einer weiteren Tafel aufgenommen. Mittels 5W-Fragetechnik ergründet man die Ursachen für Behinderungen. Eine Einschätzung des Trends der Zuverlässigkeit liefert der Erfüllungsgrad *Prozent erfüllter Aufgaben*. Erkannte Risiken jedweder Art werden mithilfe der Risikomatrix bewertet und gezielt Maßnahmen zur Reduktion der Eintrittswahrscheinlichkeit oder ihrer Auswirkungen auf der Aktionsliste gesetzt.

Abschließend wird in diesem Kapitel auf die Integrierte Projektabwicklung als eigenständiges Modell eingegangen. Die Ansätze der Integrierten Projektabwicklung lassen sich aus mehreren Ansätzen kooperationsorientierter Partnerschaftsmodelle ableiten – angeführt werden die aus Amerika stammenden Ansätze des *Partnering* und *Integrated Project Delivery*, das *Project Alliancing* und *Early Contractor Involvement* aus Großbritannien sowie der englischen *New Engineering Contracts*. Die deutsche Form der Integrierten Projektabwicklung verbindet einige Inhalte der erwähnten Modelle und ergänzt sie mit eigenen Ansätzen. Als Charakteristika werden die Etablierung eines Mehrparteiensystems, eine frühzeitige Einbindung der Schlüsselpersonen mittels Kompetenzwettbewerbs und ein Anreizsystem im Rahmen eines alternativen Vergütungsmodells genannt. Hinzu kommen ein gemeinsames Risikomanagement und gemeinsame Entscheidungen. Der Einsatz kollaborativer Arbeitsmethoden und die lösungsorientierte Konfliktbearbeitung runden die Charakteristika der Integrierten Projektabwicklung ab.



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.

Kapitel 4

Vorstellung und Analyse des IST-Projektablaufs

Um die Auswirkungen von Lean Management Methoden auf den Bauablauf beurteilen zu können, sollen ausgewählte Methoden an einem konkreten Projekt angewendet werden. Hierfür wird ein passendes, bereits abgeschlossenes Bauvorhaben herangezogen. Im ersten Abschnitt sind die wichtigsten Organisationsstrukturen sowie die vorherrschende Projektorganisationsstruktur dargestellt. Darauf aufbauend, werden die Voraussetzungen, die das Projekt erfüllen muss, präzisiert. Eine Analyse des Projektes und seiner einzelnen Projektphasen runden das Kapitel ab. Für die Projektanalyse wird zuerst der Terminplan dargestellt und beschrieben. Dabei können bereits Optimierungspotenziale erkannt werden. Die Analysen der Verbesserungspotenziale stützen sich auf den beschriebenen IST-Ablauf und basieren ausschließlich auf den zur Verfügung gestellten Unterlagen. Sind Zusatzinformationen nicht abgebildet, werden diese auch nicht berücksichtigt.

Nachstehend wird das Gesamtprojekt zur leichteren Handhabung in mehrere Teilbereiche untergliedert. Die Einteilung in Teilbereiche beruht auf zeitlichen oder örtlichen Grenzen, genauere Erläuterungen folgen in den jeweiligen Abschnitten. Zur anschaulicheren Darstellung und Nachvollziehbarkeit der Herangehensweisen bedient man sich in diesen Abschnitten der Lean Management Methoden *Gesamtprozessanalyse* und *Phasenplan*. Zuerst wird nach dem Drei-Ebenen-Modell auf Makroebene eine Gesamtprozessanalyse mit dem Rahmenterminplan als Grundlage erstellt, um die Reihenfolge der Abläufe beurteilen zu können. Es folgt ein Phasenplan in der Normebene auf Basis des Ausführungsterminplans. Abhängigkeiten zwischen Prozessschritten können in einem Phasenplan besser verdeutlicht werden. Die Analysen der Verbesserungspotenziale beruhen auf einer neutralen Sichtweise in Hinblick auf Lean Philosophie und Lean Kultur. Diese Optimierungspunkte (OP) werden in einer abschließenden Tabelle zusammengestellt. Sie sind die Grundlage für tiefere Optimierungen in Kap. 5, in dem die vorgestellten Methoden und Werkzeuge des Lean Managements hinzugezogen werden. Die zur Verfügung gestellten Projektunterlagen enthalten zum Teil sensible Daten, weshalb die angeführten Projektinhalte mit größtmöglicher Sorgfalt anonymisiert worden sind. Daten, die für mögliche Optimierungen unerlässlich sind, werden – nach Rücksprache mit dem Projektteam – unverändert wiedergegeben.

4.1 Organisationsstruktur des Unternehmens

Bei dem im ersten Kapitel angeführten Unternehmen handelt es sich um eine öffentliche Auftraggeberin, die dem Bundesvergabegesetz unterliegt. Das Unternehmen hat sich zum Ziel gesetzt, die vorhandenen Grundstücke und Objekte unter Betrachtung des gesamten Lebenszyklus effizient zu bewirtschaften. Zu den Aufgabengebieten zählen unter anderem die Entwicklung, die Planung und der Bau von Gebäuden sowie der Betrieb von Objekten. Zum Kerngeschäft zählt auch die Vermietung von Objekten. Weiters agiert das Unternehmen laut eigenen Angaben als verlässliche Partnerin gegenüber den Objektnutzern. Bei dem analysierten Projekt tritt das Unternehmen allerdings nicht als Auftraggeberin, sondern als Projektsteuerung beziehungsweise Örtliche Bauaufsicht auf. Die Erkenntnisse dieser Diplomarbeit sollen bei ausgewählten Projekten, bei denen das Unternehmen selbst als Auftraggeberin auftritt, umgesetzt werden. Wird in den nächsten Abschnitten von der Auftraggeberin des Projektes gesprochen, ist nicht das angesprochene Unternehmen gemeint, sondern die tatsächliche Auftraggeberin.

4.2 Vorstellung des Projektes

Im Zuge eines persönlichen Gespräches mit einem Vertreter des Unternehmens konnten mehrere Projekte eingegrenzt werden, die der Autorin für die Umsetzung der in dieser Diplomarbeit vorgestellten Ziele angemessen erschienen. Es wurde bei den zuständigen Auftraggeberinnen um Erlaubnis gebeten, die Projektunterlagen für diese Diplomarbeit verwenden zu dürfen. Mit der schriftlichen Einverständniserklärung seitens der Auftraggeberinnen wurden die benötigten Projektunterlagen der Autorin übermittelt. Nach einer ersten Sichtung der Unterlagen fiel die Entscheidung aufgrund der Unterlagenqualität und Detailtiefe zugunsten des nun vorgestellten Projektes aus. Es handelt sich um die bauliche Erweiterung einer Schule. Das Gebäude soll um mehrere Klassen vergrößert und der Altbau saniert werden. Die nächsten Abschnitte liefern eine nähere Beschreibung des Bauvorhabens.

4.2.1 Voraussetzungen des Projektes

Lean Management Methoden können laut der öbv-Richtlinie *Lean Planen, Bauen & Betreiben* [43] in allen Projektphasen eines Bauprojektes, von der Projektentwicklungsphase bis hin zum Betrieb, angewandt werden. Möchte man alle Projektphasen einer Analyse unterziehen, bringt ein bereits realisiertes Projekt, bei dem die Schlussrechnung gelegt worden ist, Vorteile. Eine große Rolle spielen bei der Optimierung der Bauzeit das Last Planner® System und die Taktplanung sowie die Taktsteuerung. Um die Auswirkung der Taktplanung unverfälscht aufzeigen zu können, sollte der Bauzeitplan des realisierten Projektes keine Komponenten des Last Planner® Systems oder der Taktplanung aufweisen. Eine klassische Darstellung des Terminplanes in Form eines Gantt-Diagrammes wird vorausgesetzt.

Lean Construction und Integrierte Projektabwicklung befassen sich auch mit der Thematik, ausführende Unternehmen in frühe Projektphasen mit einzubinden. Soll dieses Thema

ebenso behandelt werden, ist es vorteilhaft, wenn die Einreich- und Ausführungsplanung vor der Ausschreibung und Vergabe ausführender Unternehmen abgeschlossen ist. Zumindest sollte die Planung von einem oder mehreren Konsulenten ohne Einflussnahme der ausführenden Unternehmen erfolgt sein.

Welche Kriterien das zu analysierende Projekt aus Sicht der Autorin erfüllen muss, um für diese Diplomarbeit geeignet zu sein, wird folgend zusammengefasst:

- vollständig umgesetztes Projekt
- keine Taktelemente in der Bauzeitplanung
- Darstellung des Terminplans als Gantt-Diagramm
- getrennte Planungs- und Ausführungsphase

Sämtliche nachstehenden Daten sind der Baubeschreibung, den Einreichplänen, dem letztgültigen Rahmen- und Ausführungsterminplan sowie einem Kostenzwischenbericht entnommen. Im Zuge der Optimierungsvorschläge im nächsten Kapitel dienen die Planunterlagen abermals als grafische Grundlage.

4.2.2 Allgemeine Projektdaten

Das ausgewählte Projekt umfasst die Sanierung und den Zubau einer Schule in Österreich. Um den heutigen Anforderungen gerecht zu werden, ist ein bestehender Zubau abzureißen und durch zwei neue Zubauten zu ersetzen. Der Altbau soll erhalten bleiben, allerdings umgebaut und thermisch saniert werden. Die thermische Sanierung umfasst den Fenstertausch und die Erneuerung der Fassadendämmung. Die Geschossdecken werden statisch und brandschutztechnisch ertüchtigt. Sowohl Elektro- als auch Haustechnik werden komplett erneuert und auf den neuesten Stand der Technik gebracht.

Die obere Grafik in Abb. 4.1 zeigt die straßenseitige Ansicht des Gebäudes. Das Objekt fügt sich harmonisch in das Richtung Süden ansteigende Gelände ein. Der Haupteingang befindet sich im Untergeschoss im nördlichen Gebäudeteil. Das Erdgeschoss verfügt über einen Speisesaal und eine großzügige Aula, mit direktem Zugang zum Schulgarten im Süden. Die untere Darstellung in Abb. 4.1 soll die Lage des Objektes im Gelände verdeutlichen. Die Klassen sollen zur Gänze in den neu zu errichtenden Zubauten untergebracht werden, während die Räumlichkeiten im Altbau den Bedürfnissen der Sonderunterrichtsbereiche (EDV, Musik, Naturwissenschaften, Kreativbereich) angepasst werden sollen. Durch die Neugestaltung des Raumprogramms ist eine allseitige Fluchtmöglichkeit über mehrere Stiegenhäuser gegeben – die bestehenden Sackgassen werden aufgelöst.

Abb. 4.2 zeigt die Raumaufteilung des Alt- und Zubaus im ersten Obergeschoss. Die Raumaufteilung der Klassenzimmer im Zubau bleibt in allen Regelgeschossen ident. Die räumlichen Gegebenheiten im Altbau variieren geschossweise.

Der Zubau staffelt sich geländebedingt in fünf Geschosse, die in Stahlbetonskelettbauweise hergestellt werden. Der Neubau ist als Energiesparhaus konzipiert. Der Energiebedarf wird mittels



Abb. 4.1: Ansicht Nord (oben) Ansicht West (unten)

Luftwärmepumpe zu 45% aus erneuerbaren Energien gedeckt. Der restliche Energiebedarf wird durch eine Gasheizung bereitgestellt. Zur Vermeidung von sommerlicher Überhitzung ist ein Nachlüftsystem installiert. Die Energie, die für die Kühlung der Serverräume benötigt wird, kann von der Photovoltaik-Anlage am Dach bezogen werden.

Das Objekt weist eine Gesamt-Bruttogrundrissfläche von etwas über 11.000 Quadratmeter auf. Das Ursprungsbudget kann mit grob 14,5 Millionen Euro beziffert werden. Die Planungsphase dauerte etwas über ein Jahr. Nach Errichtung und Umzug in eine Containerschule, wurden die beiden Zubauten in 250 Tagen beziehungsweise in 300 Tagen vollständig errichtet und ausgebaut. Der Bestandsumbau dauerte weitere 250 Tage. Im Anschluss erfolgte der Rückbau der Containerschule und die Gestaltung der Außenanlagen.

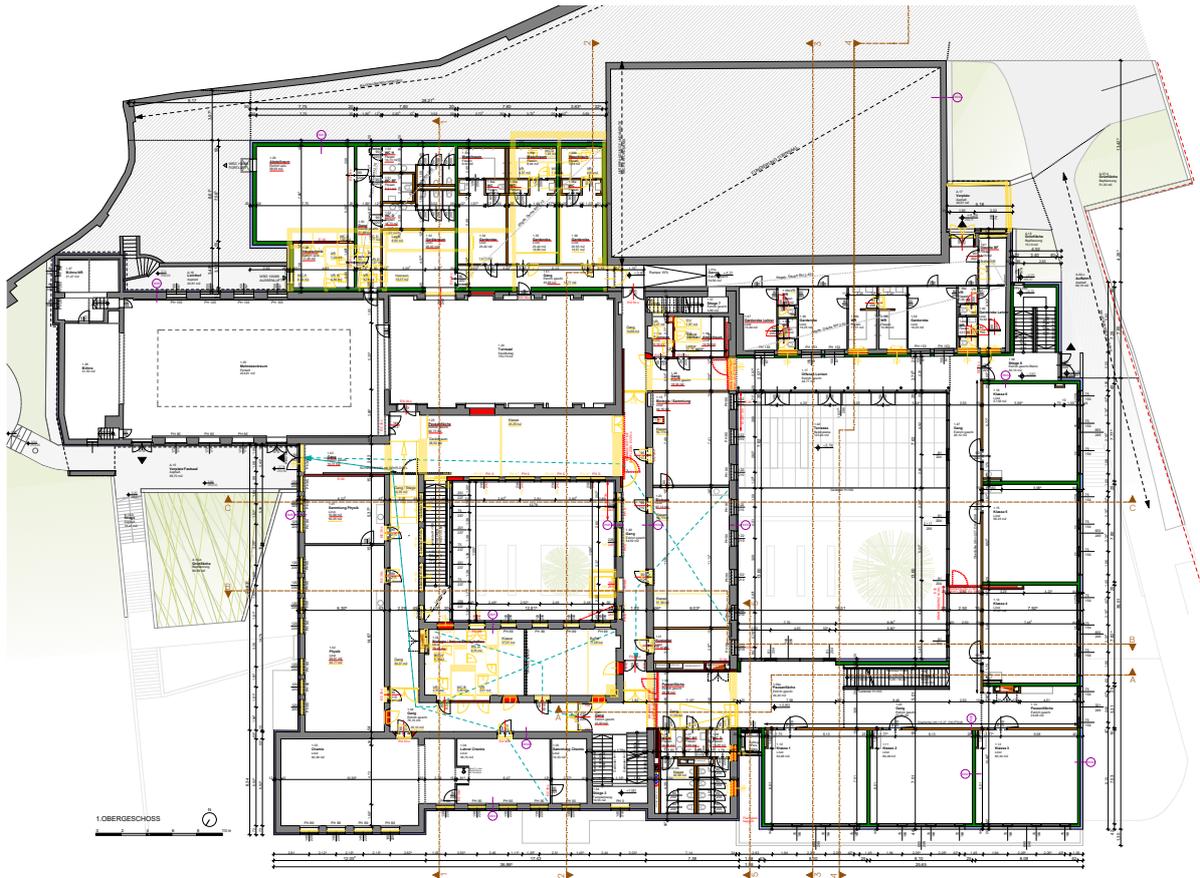


Abb. 4.2: Grundriss 1. Obergeschoss

4.3 Beschreibung des IST-Projektablaufes

Der IST-Projektablauf gliedert sich analog den Phasen des Projektmanagements, dargestellt in Abb. 4.3. Beginnend mit der Projektvorbereitung, geht die anschließende Planung in die Ausführungsvorbereitung über. Folgend wird das Projekt ausgeführt, bevor es mit dem Projektabschluss endet. In Anlehnung an die Angaben in den Projektterminplänen wird in dieser Diplomarbeit die Projektphase 1 als *Projektentwicklungsphase* bezeichnet. Die Inhalte und Aufgaben bleiben ident. Ebenso wird Projektphase 3 als *Ausschreibungs- und Vergabephase* angeführt, Inhalte und Aufgaben bleiben ebenso unberührt.

Zuerst erfolgt eine Beschreibung sämtlicher Daten, die aus dem Rahmen- und Ausführungsterminplan sowie den Einreichplänen entnommen sind. Es werden an dieser Stelle noch keine Optimierungspotenziale aufgezeigt.

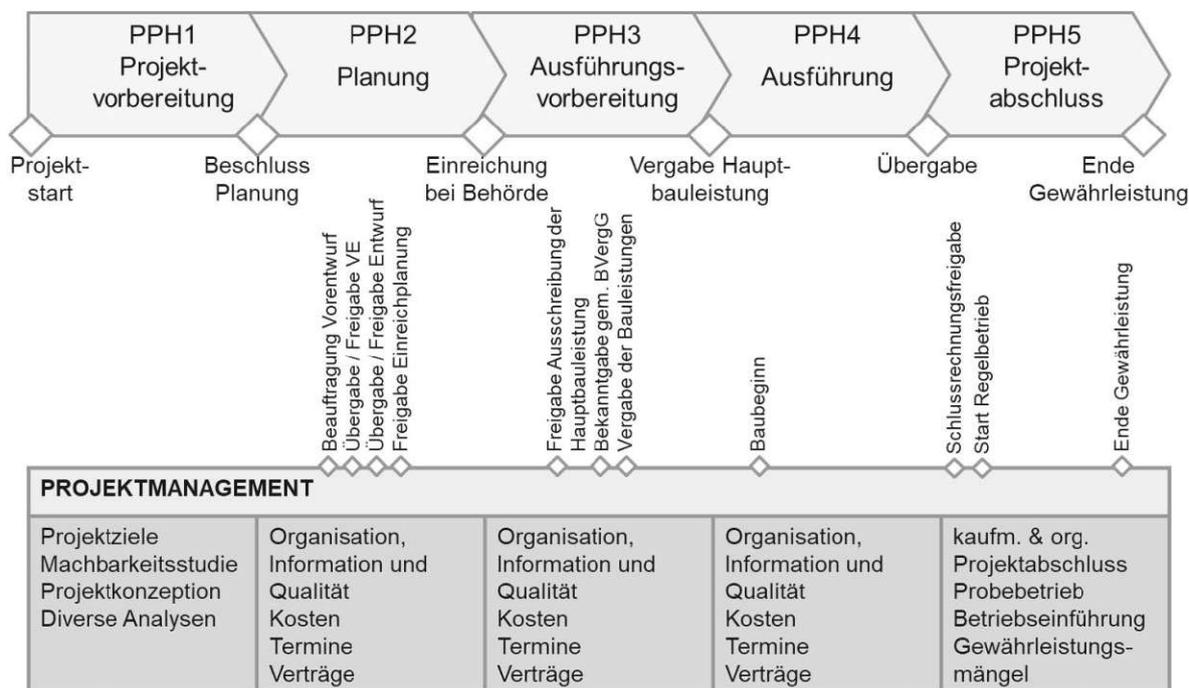


Abb. 4.3: Phasen des Projektmanagements (Quelle: WKO Bundesinnung Bau [92, S. 5])

4.3.1 Projektentwicklungsphase

Zur Projektentwicklungsphase sind der Autorin keine näheren Details bekannt. Aus der Baubeschreibung kann geschlossen werden, dass der Altbau sanierungsbedürftig ist und die Räumlichkeiten zu wenig Kapazitäten für den derzeitigen Klassenbedarf aufweisen. Unter welchen Gesichtspunkten der Projektentscheid getroffen, ob beziehungsweise wann und in welcher Form die spätere Nutzungsgesellschaft in die Projektentwicklungsphase einbezogen worden ist, entzieht sich dem Kenntnisstand der Autorin. Es ist unklar, welche wirtschaftlichen und/oder politischen Institutionen seitens der Auftraggeberschaft beim Projektentscheid beteiligt gewesen sind.

4.3.2 Planungsphase

Die Planung der Baumaßnahmen erfolgt durch einen Generalplaner und erstreckt sich von September 2017 bis in den Dezember 2018. Die gesamte Generalplanung gliedert sich in Einreich- und Ausführungsplanung. Inwiefern bereits während der Planungsphase ausführende Firmen mit dem geplanten Bauablauf betraut worden sind, ist nicht bekannt. Es ist davon auszugehen, dass ausführende Unternehmen erst im Zuge der Ausschreibung Projekt- und Planungsinformationen erhalten haben. Ebenso ist unklar, ob und in welcher Form konkrete Wünsche der späteren Nutzungsinstitution im Zuge der Planung Berücksichtigung gefunden haben.

4.3.3 Ausschreibungs- und Vergabephase

Zum Ausschreibungsverfahren und zur Art der Vergaben liegen keine Daten vor. Anhand der zur Verfügung gestellten Kostenprognose wird angenommen, dass Einzelvergaben der jeweiligen Gewerke vorgenommen worden sind. Weiters sind keine Angaben zur Vertragsart ersichtlich. Es wird angenommen, dass herkömmliche Werkverträge nach ÖNORM B2110 auf Basis von Einheitspreisen abgeschlossen worden sind.

4.3.4 Ausführungsphase

Die nachstehenden Beschreibungen der Ausführungsphase beziehen sich auf den Ausführungsterminplan. Zur besseren Nachvollziehbarkeit sind die zugehörigen Zeilennummern der Tätigkeiten angegeben. Der anonymisierte Ausführungsterminplan ist im Anhang auf den Seiten 181 – 185 dargestellt.

Die Ausführungsphase ist in drei Bauphasen gegliedert. Den drei Bauphasen ist ein Zeitraum zur Errichtung der Containerschule (Zeile 74) vorangestellt. Die erste Bauphase (Zeile 95) umfasst den Abbruch und den Neubau der Zubauten, die zweite Bauphase (Zeile 362) inkludiert den Bestandsumbau und in der dritten Bauphase (Zeile 374) erfolgt der Rückbau der Containerschule und das Herrichten der Außenanlagen.

Die erste Bauphase gliedert sich jeweils in Abbruch und Baugrubensicherung des nördlichen und südlichen Bereichs der Schule (Zeilen 96 und 105). Beide Abbrucharbeiten starten Ende Februar. Eine Einschränkung der Arbeitszeit ist während der Matura von Anfang Mai bis Ende Juni zu berücksichtigen (Zeile 114). Nach Abschluss der Abbrucharbeiten im nördlichen Bereich starten die Rohbauarbeiten des Zubaus Nord (Zeile 119) mit einer Ende-Anfang-Beziehung am nächsten Arbeitstag. Die Herstellung des Rohbaus dauert insgesamt 124 Arbeitstage und erstreckt sich von Ende Mai 2018 bis Anfang November 2018. Genaue Abläufe innerhalb des Rohbaus sind zwar vorhanden, allerdings nicht in dieser Version des Terminplans dargestellt (ausgeblendete Zeilen 120 – 143). Nach Fertigstellung des Rohbaus Anfang November 2018 beginnt der Ausbau erst mit Anfang Jänner 2019 und dauert bis Mitte Juli 2019 (Zeile 144).

Ausbau – Zubau Nord

Der Ausbau des nördlichen Zubaus ist in einzelne Tätigkeiten unterteilt, teilweise sind diese Tätigkeiten nochmals in Detailtermine gegliedert. Nachstehend werden die Tätigkeiten, Termine und Zusammenhänge analysiert. Diese Untersuchung bildet die Basis für spätere Analysen mittels Lean Management Methoden.

Die ersten angeführten Tätigkeiten des Ausbaus sind Spengler- und Schwarzdeckerarbeiten (Zeile 145), die Anfang Jänner 2019 beginnen und Mitte März fertiggestellt sind. Mit einer Ende-Anfang-Beziehung folgt die Errichtung der Photovoltaik-Anlage am Dach sowie das Aufstellen der HKLS-Geräte. Beide Tätigkeiten sind Ende März abgeschlossen. Als Nächstes folgen Detailtermine von Arbeiten in den Technikräumlichkeiten (Zeilen 150 – 153), die sich im Untergeschoss befinden. Beginnend Anfang Februar, werden die Herstellung der Vorsatzschale, Fliesenlegearbeiten, Malerarbeiten und die HKLSE-Installationen, jeweils in Ende-Anfang-Beziehungen,

hintereinander angeführt. HKLSE-Installationen inkludieren sämtliche Installationen, die Heizung, Klima, Lüftung, Sanitär und Elektro betreffen.

Die Estrichdetailtermine (Zeilen 156 – 176), die zeitlich vor den Technikraumdetailterminen starten, werden im Bauzeitplan erst danach angeführt. Die Estrichdetailtermine beginnen mit dem Beheizen des nördlichen Zubaus, dem Herstellen der Isolierungen und Brandabschottungen sowie den Abschaltungen. Die Estricharbeiten starten jeweils Anfang Jänner. Nach einer Zwischenreinigung erfolgt die Schüttung, beginnend im dritten Obergeschoss, die geschossweise nach unten fortgesetzt wird. Nach abgeschlossener Trocknungszeit der Schüttung werden die Trittschalldämmung und die Fußbodenheizung verlegt, wieder beginnend im dritten Obergeschoss. Die Verlegung des Trittschallschutzes und der Fußbodenheizung nimmt pro Geschoss fünf Arbeitstage in Anspruch. Nach Abschluss der Verlegearbeiten im zweiten Obergeschoss wird bereits im dritten Obergeschoss mit der Betonage des Estrichs begonnen (Vergleich Zeile 167 und 171). Die Estrichbetonage wird wieder geschossweise fortgesetzt. Sie dauert in den obersten zwei Geschossen und im Erdgeschoss jeweils drei Arbeitstage, im ersten Obergeschoss vier Arbeitstage und im Kellergeschoss zwei Arbeitstage. Die Verlegung der Trittschalldämmung und der Fußbodenheizung im Untergeschoss ist mit Freitag, dem 01.03.2019, abgeschlossen. Die Estrichbetonage im Untergeschoss soll – laut Plan – allerdings schon am Donnerstag, dem 28.02.2019, beginnen und ebenfalls am Freitag, dem 01.03.2019, fertiggestellt sein (Vergleich der Zeilen 170 und 175). Aufgrund der gegebenen Ende-Anfang-Beziehung der Estrichbetonagetermine mit Abhängigkeit ausschließlich zu den anderen Geschossen und keiner Berücksichtigung vorangegangener Tätigkeiten entsteht ein Terminkonflikt im Untergeschoss. Die Fertigstellung des Estrichs ist mit 01.03.2019 pönalisiert. Die Trocknungszeit des Estrichs beträgt pro Geschoss 45 Tage.

Als Nächstes folgen die Detailtermine für das Wärmedämmverbundsystem (WDVS; Zeilen 185 – 188). Sie gliedern sich in Gerüstaufstellung, Montage des Sonnenschutzes, Elektro-Installationen und Herstellen der WDVS-Fassade. Der Beginn ist mit Mitte Februar, das Ende mit Anfang Mai 2019 angegeben. Die Gerüstaufstellung für den Zubau Nord ist gekoppelt mit dem Termin für die Gerüstaufstellung des Zubaus Süd (Zeilen 185 und 302). Nach Fertigstellung der WDVS-Fassade werden Vorkehrungen für die Arbeiten an den Außenanlagen getroffen (Zeile 190), diese sollen Mitte Juli abgeschlossen sein.

Einen örtlichen und zeitlichen Sprung der Arbeiten bringen die Feininstallationen für HKLS- und Elektroarbeiten (Zeilen 192 und 194). Die Feininstallationen beginnen Anfang Jänner und sollen jeweils 105 Tage dauern, womit der Abschluss Ende Juni geplant ist. Es ist keine Gliederung der Arbeiten ersichtlich, demnach wird angenommen, dass sich die Tätigkeiten auf den gesamten Zubau Nord beziehen.

Mit der Montage der Brandschutz Tore im dritten Obergeschoss wird zehn Arbeitstage nach Betonage des Estrichs im Untergeschoss, also Mitte März, begonnen (Vergleich Zeile 175 und 196). Gleichzeitig zur Montage der Brandschutz Tore werden die Geländer in den jeweiligen Geschossen montiert und diverse Schlosserarbeiten durchgeführt. Diese Tätigkeiten dauern jeweils pro Geschoss drei Tage.

Mit zeitlichem Sprung zurück werden die Spachtelungs- und Malerarbeiten mit Beginn Ende Februar angeführt (Zeilen 207 – 211). Der Beginn der Spachtelungs- und Malerarbeiten im dritten Geschoss steht in Beziehung mit dem Ende der Estrichbetonage im dritten Geschoss. Zwischen Fertigstellung des Estrichs und Beginn der Spachtelungs- und Malerarbeiten liegen zehn Arbeitstage. Die Spachtelungs- und Malerarbeiten dauern pro Geschoss zehn Arbeitstage und werden wieder in einer Ende-Anfang-Beziehung geschossweise nach unten fortgesetzt. Nach Abschluss der Spachtelungs- und Malerarbeiten im zweiten Obergeschoss wird mit dem Aufzugseinbau begonnen (Zeile 213). Der Einbau dauert 30 Arbeitstage. In Abhängigkeit zu den Spachtelungs- und Malerarbeiten steht auch die Montage der abgehängten Decke. Diese startet im dritten Obergeschoss eine Woche vor dem Ende der Spachtelungs- und Malerarbeiten und dauert pro Obergeschoss zwölf Arbeitstage. Sowohl die Spachtelungs- und Malerarbeiten als auch die Montage der abgehängten Decke nehmen hingegen im Untergeschoss nur jeweils fünf Arbeitstage in Anspruch.

Der Montagebeginn der innenliegenden Brandschutzportale startet Ende März, wobei der exakte Termin von den Bodenlegeterminen abhängig ist (Vergleich Zeile 221 und 235). Diese werden im Bauzeitplan allerdings erst später angeführt. Analog zu den Spachtelungs- und Malerarbeiten ist auch der Start der Fliesenlegearbeiten abhängig von der Betonage des Estrichs. Die Fliesenlegearbeiten im dritten Obergeschoss beginnen zehn Arbeitstage nach dem Fertigstellen des Estrichs im dritten Obergeschoss (Zeile 223). Die weiteren Fliesenlegearbeiten in den Geschossen stehen erneut in einer Ende-Anfang-Beziehung zum vorigen Geschoss und dauern pro Ebene zehn Arbeitstage. So werden die Spachtelungs- und Malerarbeiten sowie die Fliesenlegearbeiten gleichzeitig in den jeweiligen Geschossen ausgeführt. Sobald diese Arbeiten in einem Geschoss fertiggestellt sind, folgt die Aufstellung der Systemtrennwände, veranschlagt mit zwei Arbeitstagen (Vergleich Zeile 223 und 229).

Die Voraussetzung, um mit den Bodenlegearbeiten starten zu können, ist der Nachweis der Belagsreife des Estrichs. Sie ist erst gegeben, wenn ein gewisser Feuchtegehalt unterschritten wird. Deshalb kann mit den Bodenlegearbeiten erst nach Ende der Estrich-Trocknungszeit begonnen werden. Allerdings dauert die Verlegung des Bodens mit zehn Arbeitstagen pro Geschoss länger als die Intervalle, in denen das Ende der Trocknungszeiten liegen. Somit muss laut dem Bauzeitplan in mehreren Geschossen gleichzeitig gearbeitet werden (Zeilen 235 – 239). Der Einbau der Innentüren im dritten Obergeschoss startet nach dem Ende der Estrichtrocknungszeit des Untergeschosses (Vergleich Zeile 241 und 182). Die restlichen Geschosse stehen erneut in einer Ende-Anfang-Beziehung zum vorherigen Geschoss. Die Dauer der Arbeiten belaufen sich auf fünf Arbeitstage pro Obergeschoss, auf drei Arbeitstage für das Erdgeschoss und auf zwei Arbeitstage für das Untergeschoss. Diverse Tischlerarbeiten starten zeitgleich mit dem Einbau der Innentüren im dritten Obergeschoss und dauern gesamt 15 Arbeitstage. Nach der Fertigstellung der Innentüren in einem Geschoss werden anschließend die jeweiligen Schließanlagen in zwei Arbeitstagen montiert.

Nach Abschluss der Bodenlegearbeiten im Untergeschoss wird im gesamten nördlichen Zubau das Leitsystem innerhalb von 20 Arbeitstagen angebracht. Das Ende der Bauarbeiten im Zubau Nord stellt die Schlussreinigung der Fenster und Türen, gefolgt von der Schlussreinigung des

Bodens (Zeilen 257 – 258), dar. Sowohl die Reinigung der Fenster und Türen als auch des Bodens dauert 15 Arbeitstage und startet nach dem Anschluss der Schließanlage im Untergeschoss beziehungsweise nach der Fertigstellung des Leitsystems.

Ausbau – Zubau Süd

Dem Ausbau des südlichen Zubaus ist der zugehörige Rohbau vorangestellt. Mit dem Rohbau wird Mitte Mai 2018 begonnen, er ist Anfang September abgeschlossen. Hier sind die Rohbaudetailtermine ebenfalls ausgeblendet (Zeilen 262 – 277). Der Ausbau des nördlichen Zubaus startet allerdings erst Mitte Dezember 2018.

Die ersten im Bauzeitplan angeführten Tätigkeiten stellen die Spengler- und Schwarzdeckerarbeiten dar. Sie beginnen analog zum Zubau Nord Anfang Jänner 2019, dauern hingegen nur 30 Arbeitstage. Der pönalisierte Termin *Estrich fertig* wird mit 17.12.2018 datiert und liegt zeitlich vor den Spengler- und Schwarzdeckerarbeiten. Wann genau und in welchen Arbeitsschritten der Estrich hergestellt werden soll, ist nicht angegeben. Ebenso ist keine Unterteilung der Geschosse vorgenommen. Die Trocknungszeit des Estrichs beginnt Mitte Dezember und dauert analog zum Zubau Nord 45 Arbeitstage. Fünf Arbeitstage nach Trocknungsbeginn startet der Ausheizvorgang. An diesen Vorgängen ist ersichtlich, dass in den Weihnachtsferien die Bauarbeiten eingestellt sind. Diese Wochen zählen nicht zu den Arbeitstagen, so lässt sich auch der zeitliche Sprung von Mitte Dezember auf Anfang Jänner erklären (Vergleich Zeile 283 und 285). Auffällig ist allerdings, dass kein Ausheizvorgang des Estrichs im Zubau Nord beschrieben wird.

15 Arbeitstage nach dem Estrich-Pönaltermin startet die Montage der Brandschutztore im dritten Obergeschoss, sie dauern drei Arbeitstage. Nach Abschluss der Arbeiten im dritten Obergeschoss folgen die Arbeiten im zweiten Obergeschoss. Der Einbaubeginn der Zargen steht in keiner Beziehung zu anderen Tätigkeiten und fällt auf Anfang Jänner. Pro Geschoss sind drei Arbeitstage veranschlagt, die Zargen in den unteren Geschossen werden sukzessive nach Fertigstellung des jeweils oberen Geschosses eingebaut (Zeilen 290 – 292).

Es folgen die Detailtermine für die Türdurchbrüche zum Bestand im ersten Obergeschoss (Zeilen 295 – 299). Mitte Februar werden in zwei Arbeitstagen sämtliche Durchbrüche hergestellt, gefolgt vom Einbau der Türen und den Trockenbauarbeiten. Am Ende der Woche erfolgen die Malerarbeiten und die Reinigung.

Anfang Februar beginnen die WDVS-Detailtermine, mit derselben Tätigkeitenfolge wie beim Zubau Nord (Zeilen 302 – 306). Zusätzlich wird die Montage der Dachaufstiegsleiter im vierten Obergeschoss eingeplant. Zeitlich beginnen die Gerüstbauarbeiten für den Zubau Süd eine Woche vor der Gerüstaufstellung für den Zubau Nord. Mit 28 Arbeitstagen nehmen die gesamten WDVS-Arbeiten im Zubau Süd grob die Hälfte an Arbeitstagen des Zubaus Nord in Anspruch. Betrachtet man das Flächenverhältnis zwischen den Zubauten, ist der Zubau Nord etwa doppelt so groß wie der Zubau Süd, weshalb sich die Reduzierung der Arbeitszeit um die Hälfte erklären lässt. Die Vorbereitungsmaßnahmen für die Außenanlagen (Zeile 308) erfolgen nach der Herstellung des Wärmedämmverbundsystems.

Analog zum Zubau Nord werden die HKLS- und Elektro-Feininstallationen Anfang Jänner begonnen (Zeilen 310 und 312). Hier erfolgt keine Gliederung in die einzelnen Geschosse. Ebenso

unabhängig von anderen Tätigkeiten beginnen die Montage des Geländers und diverser Schloswerarbeiten im dritten Obergeschoss Anfang Jänner. Die anderen Geschosse stehen in einer Ende-Anfang-Beziehung mit dem vorangegangenen Geschoss (Zeilen 314 – 316).

Die Spachtelungs- und Malereiarbeiten (Zeilen 318 – 320) stehen, anders als beim Zubau Nord, nicht in Beziehung zur Estrichbetonage. Sie werden zeitlich eine Woche vor dem Beginn der Spachtelungs- und Malereiarbeiten im Zubau Nord abgeschlossen. Fünf Arbeitstage vor dem Ende der Spachtelungs- und Malereiarbeiten im dritten Obergeschoss beginnen die Arbeiten für die abgehängte Decke. Die Arbeiten in den anderen Geschossen stehen in einer Ende-Anfang-Beziehung (Zeilen 322 – 324). Da die Dauer der Spachtelungs- und Malereiarbeiten und der Arbeiten für die abgehängte Decke jeweils gleich lang betragen, gibt es keine ungünstigen Überlappungen.

Die Arbeiten für die Brandschutzportale sind abhängig von den Bodenlegearbeiten, die im Bauzeitplan erst später angeführt werden. Die Dauer beträgt zehn Arbeitstage für den gesamten Zubau. Die Fliesenlegearbeiten stehen in keiner Abhängigkeit zu anderen Arbeiten und beginnen Mitte Jänner (Zeilen 328 – 330). Die nachfolgenden Geschosse beginnen, sobald das obere Geschoss fertiggestellt ist. Nach Abschluss der Fliesenlegearbeiten im ersten Obergeschoss werden dort die Systemtrennwände aufgestellt (Zeile 332).

Nach der Estrichtrocknungszeit beginnen die Bodenlegearbeiten im dritten Obergeschoss Anfang März. Die unteren Geschosse folgen nach der Beendigung des oberen Geschosses (Zeilen 334 – 336). Nach Abschluss der Bodenlegearbeiten im zweiten Geschoss wird im dritten Obergeschoss mit der Montage der Innentüren begonnen (Zeilen 338 – 340). Diese dauert pro Geschoss drei Arbeitstage, die Bodenlegearbeiten hingegen umfassen acht Arbeitstage. Dadurch kommt es im ersten Obergeschoss zu einer Überschneidung der Tätigkeiten. Mit Ende der Innentürmontage im zweiten Obergeschoss beginnen diverse Tischlerarbeiten (Zeile 342) für den gesamten Zubau Süd. Sobald alle Innentüren montiert sind, startet die Installation der Schließanlage im dritten Obergeschoss. Die Schließanlagen der unteren Geschosse folgen über eine Ende-Anfang-Beziehung (Zeilen 344 – 346). Nach Abschluss der Bodenlegearbeiten im ersten Obergeschoss wird im gesamten Zubau das Leitsystem angebracht (Zeile 348).

Das Ende der Bauarbeiten im Zubau Süd stellen wieder die Schlussreinigung der Fenster und Türen sowie die Schlussreinigung des Bodens dar. Beide Tätigkeiten brauchen jeweils zehn Arbeitstage und werden nacheinander durchgeführt.

4.3.5 Betriebsphase

Zum Betrieb oder zur Übergabe an die Nutzungsinstitution liegen keine Informationen vor. Der Autorin sind Bestrebungen der Auftraggeberin bekannt, sämtliche Angaben zu gebäudetechnischen Anlagen mittels eines zuvor definierten Schematas einzuholen. Diese Art von Dokumentation erleichtert die Einspielung der Daten in das interne System der Auftraggeberin. Zudem vereinfacht die einheitliche Dokumentation mehrerer Schulobjekte die Wartungsplanung gebäudetechnischer Anlagen. Vor der Einführung der Standarddokumentation war die Qualität der Angaben von der Erfahrung und Sorgfalt ausführender Unternehmen abhängig. Oft sind erst einige Zeit nach

Abschluss des Bauvorhabens die Angaben an die Auftraggeberin übersendet worden, teilweise waren Angaben nicht vollständig, im ungünstigsten Falle sind ganze Anlagen nicht dokumentiert worden. Wartungen sind durch die Einführung der Standarddokumentation nicht mehr primär von der Sorgfalt ausführender Unternehmen abhängig, da benötigte Informationen im Vorfeld klar definiert werden.

4.4 Analyse von Verbesserungspotenzialen

Die zuvor vorgestellten Projektdaten werden nun auf ihre Optimierungspotenziale untersucht. Dabei werden die Lean Management Methoden Gesamtprozessanalyse und Phasenplans angewendet. Erkannte Verbesserungspotenziale werden als Optimierungspunkte (OP) markiert. Es wird ausdrücklich darauf hingewiesen, dass Optimierungspunkte nicht zwingend den Bauablauf oder Leistungsfortschritt negativ beeinflussen müssen, sondern lediglich *Potenzial für Optimierungen* darstellen. Erkannte Optimierungspunkte müssen nicht notwendig eintreten. Gleichmaßen können gezielte Vorkehrungen zur Risikominimierung seitens der Projektbeteiligten getroffen worden sein, die aus den Unterlagen nicht hervorgehen.

4.4.1 Errichtung einer Containerschule

Die Gesamtbaudauer des vorgestellten Projektes ist mit etwas über drei Jahre angegeben. Da der Schulbetrieb nicht eingeschränkt oder gar ausgesetzt werden kann, braucht es – zumindest für gewisse Bautätigkeiten – ein Ausweichquartier. Dieses ist in Form einer Containerschule geplant. Laut Rahmenterminplan soll die Containerschule für die Zeit der Neubauarbeiten bezogen werden. Die neu errichteten Klassenräume können hingegen bereits während des Bestandsumbaus genutzt werden. Es wird davon ausgegangen, dass die Containerschule im südlich gelegenen Schulgarten errichtet wird. Als Grundlage für die Optimierungsanalyse dienen Rahmentermin- und Ausführungsterminplan.

Für den Bereich *Containerschule* wurden zwei Gesamtprozessanalysen erstellt. Beginnend mit dem Ablauf von Ausschreibung, Vergabe und Werkplanung (AVP; vgl. Abb. 4.4), kann die Gesamtprozessanalyse des Bauablaufs (vgl. Abb. 4.6) hinten angereicht werden.

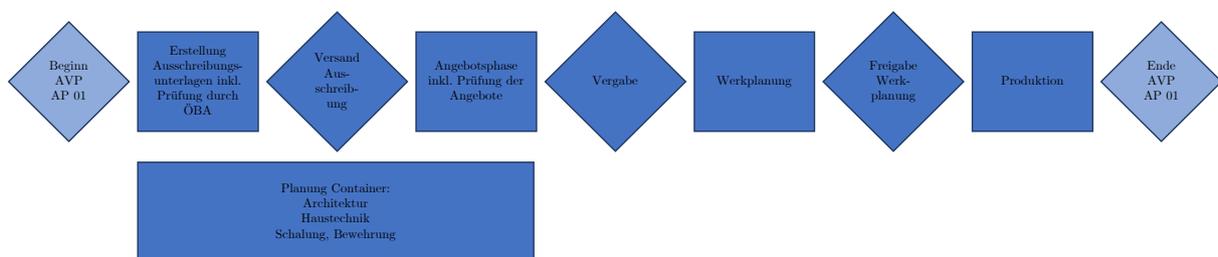


Abb. 4.4: Gesamtprozessanalyse *Arbeitspaket 01: Containerschule* (Ausschreibung, Vergabe, Werkplanung) auf Makroebene

Der Ablauf von Ausschreibung, Vergabe und Werkplanung (Abb. 4.4) startet mit der Erstellung der Ausschreibungsunterlagen und der anschließenden Prüfung der Unterlagen durch die örtliche

Bauaufsicht. Gleichzeitig wird in einem Nebenprozess mit der Architektur- und Haustechnikplanung begonnen. Mit dem Zeichnen der Schalungs- und Bewehrungspläne endet der Teilprozess *Planung Container*. Sind alle Ausschreibungsunterlagen geprüft und gegebenenfalls überarbeitet, erfolgt der Versand der Unterlagen. Die darauffolgende Angebotsphase endet mit der Prüfung der von Bieterunternehmen abgegebenen Angebote. Nach einer Stillhaltefrist wird der Zuschlag an das erstplatzierte Unternehmen erteilt. Der Meilenstein *Vergabe* bezieht sich nur auf die ihm direkt vorangestellten Prozesse. Nebenprozesse wie *Planung Container* sind hier nicht betroffen. Anschließend folgt die Werkplanung, wobei nach Freigabe derselben die Produktion startet. Der Ablauf *Ausschreibung, Vergabe, Werkplanung* endet mit der Fertigstellung der Produktion.

Grundsätzlich entspricht der Ablauf von Ausschreibung, Vergabe und Werkplanung der Containerschule den klassischen Projektphasen. Die Reihenfolge des Ablaufs ermöglicht, ausführende Unternehmen noch vor der Werkplanung miteinzubeziehen. Gemeinsam mit dem Planungsteam können so bei Bedarf Optimierungen vorgenommen werden. Anzumerken ist jedoch, dass die Erstellung der Schalungs- und Bewehrungspläne bis zur Vergabe andauert. Diese Sachlage stellt Optimierungspunkt 1 dar.

Eine nähere Betrachtung des Ablaufs *Ausschreibung, Vergabe, Werkplanung* erlaubt die Darstellung als Phasenplan auf Normebene mit hinterlegten zeitlichen Daten in Abb. 4.5.¹¹⁶

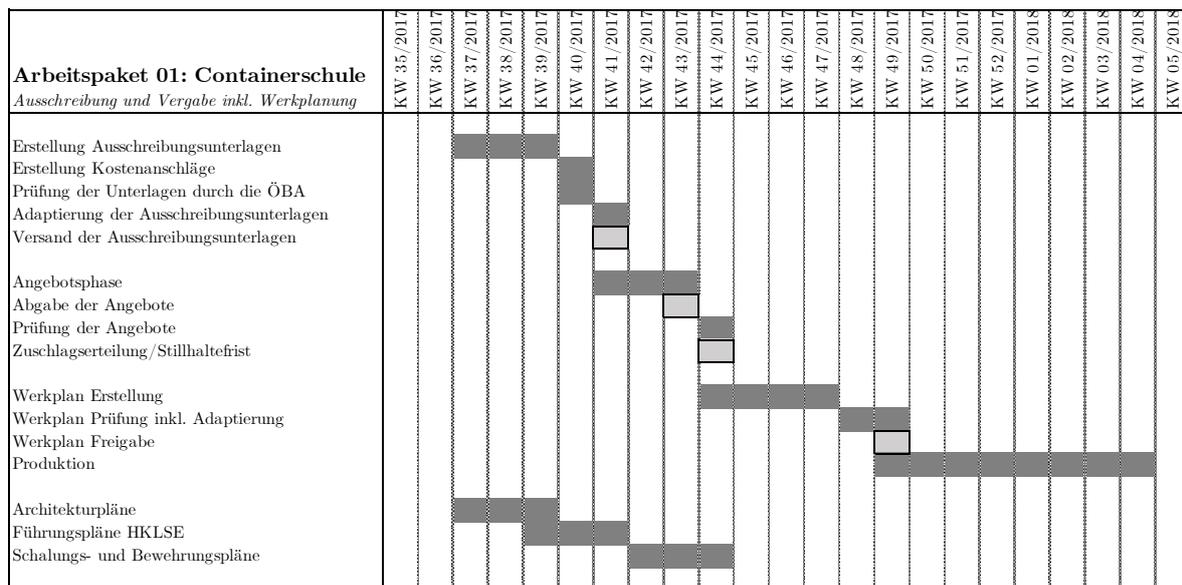


Abb. 4.5: Phasenplan auf Normebene zur Ausschreibung, Vergabe und Werkplanung der Containerschule

Es fällt auf, dass die Erstellung der Kostenanschläge und die Prüfung der Unterlagen durch die örtliche Bauaufsicht in derselben Woche angesetzt sind. Ebenso liegen die Adaptierung

¹¹⁶Graue Balken stellen Prozesse dar, Meilensteine sind aus Platzgründen nicht als Rauten, sondern als hellgraue Rechtecke mit schwarzem Rahmen dargestellt.

und der Versand der Ausschreibungsunterlagen innerhalb einer Woche. Sollten etwa krankheitsbedingt Mitarbeitende ausfallen, verschiebt sich zwangsläufig der Versand der Ausschreibung. Optimierungspunkt 2 beschreibt diese Gegebenheit. Nach BVerGG §143 und §144 liegt die Frist zur Zuschlagserteilung und Stillhaltung für öffentliche Auftraggeberinnen bei zehn Tagen. Aus dem Terminplan geht die Dauer der Frist nicht eindeutig hervor. Da der Autorin keine genaueren Informationen über das gewählte Vergabeverfahren vorliegen und somit womöglich andere Bestimmungen zutreffen könnten, wird diese Unstimmigkeit der Kalenderdaten nicht weiter verfolgt.

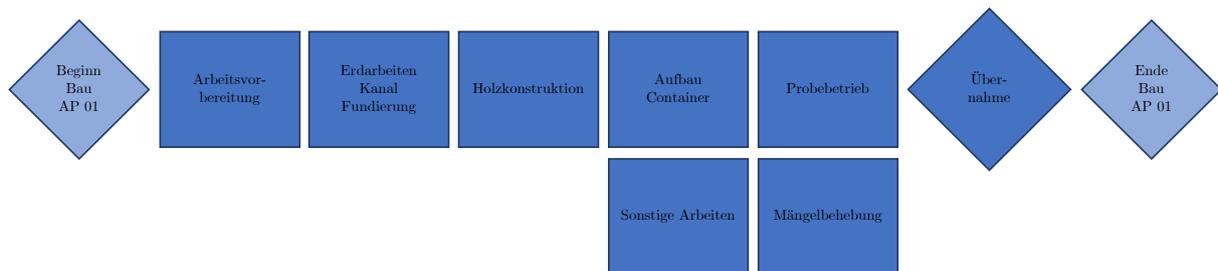


Abb. 4.6: Gesamtprozessanalyse Bauphase *Errichtung Containerschule* (Baubeginn bis Bauende) auf Makroebene

Die Gesamtprozessanalyse für den Bauablauf ist in Abb. 4.6 dargestellt. Die Bauphase beginnt mit der Arbeitsvorbereitung, es folgen die Erd- und Kanalarbeiten sowie das Herstellen des Fundaments. Die Errichtung der Holzkonstruktion ist eine nötige Vorleistung für den Aufbau der Container, inklusive der Dachkonstruktion. Unter sonstige Arbeiten fallen die haustechnischen Anschlüsse und Leitungen. Probetrieb und Mängelbehebung schließen die Bauphase ab und sind für die Übernahme nötig. Die Betrachtung des Gesamtprozesses zeigt grundsätzlich keine Auffälligkeiten.

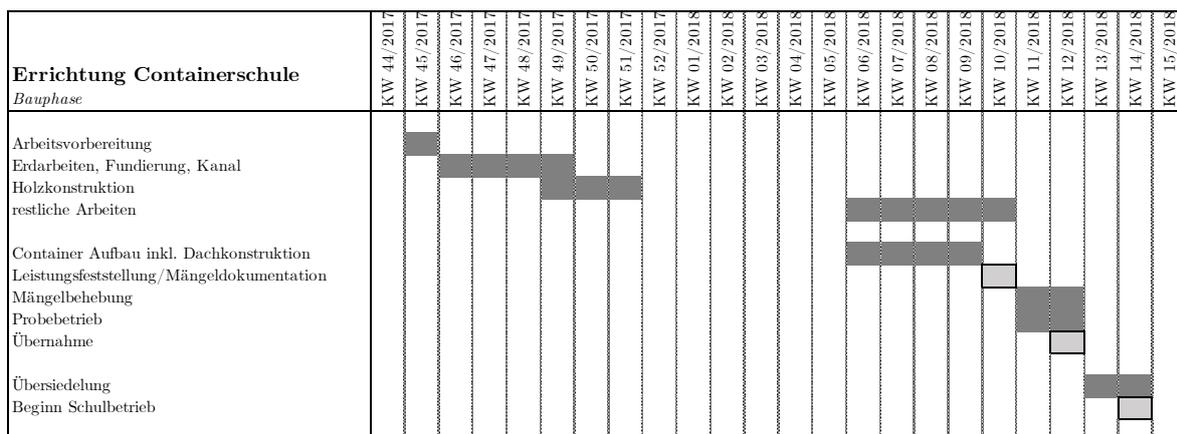


Abb. 4.7: Phasenplan auf Normebene zur Bauphase der Containerschule

In Abb. 4.7 ist der Bauablauf als Phasenplan auf Normebene dargestellt. Betrachtet man den Phasenplan der Bauausführung mit jenem der Ausschreibung, Vergabe und Werkplanung

in Abb. 4.5, ist ersichtlich, dass nach Zuschlagserteilung in Kalenderwoche 44/2017 in Kalenderwoche 45/2017 mit der Arbeitsvorbereitung sofort begonnen werden muss. Die folgende Fundamentbetonage ist genauso wie die Holzkonstruktion noch vor Weihnachten desselben Jahres fertigzustellen. Vom Versand der Ausschreibungsunterlagen bis zum Beginn der Arbeitsvorbereitung liegen nicht mehr als vier Wochen. Wird so kurzfristig ausgeschrieben, beschränkt sich der Bieterkreis meist auf Unternehmen, die unvorhergesehene Kapazitäten frei haben. Jedes Unternehmen wird wirtschaftlich jedenfalls danach trachten, seine Ressourcen mindestens einen Monat im Voraus eingeteilt zu haben. „Unvorhergesehen“ sind demnach Kapazitäten, die aufgrund von Projektverzögerungen oder Auftragsausfällen unerwartet kurzfristig frei werden. Optimierungspunkt 3 identifiziert den zeitlichen Abstand zwischen Ausschreibung und Leistungsbeginn.

Die Unterbrechungen der Arbeiten bis zur Aufstellung der Container sind der Produktion bis Ende Jänner geschuldet. Der Aufbau der Container und die sonstigen Arbeiten dauern bis Mitte März. Es folgen der Probetrieb und die Mängelbehebung, die parallel für dieselben zwei Wochen geplant sind. Die Übernahme ist am Freitag der zweiten Woche angesetzt. Die anschließende Übersiedelung der Klassen beginnt mit dem nächsten Montag in Kalenderwoche 13/2018 während der Osterferien. Optimierungspunkt 4 stellt die Kalenderwochen 11 – 14/2018 dar. Treten beim Probetrieb Mängel auf, bleibt wenig Zeit, diese zu korrigieren. Zudem fällt die Übergabe auf einen Freitag vor Ferienbeginn – es ist damit zu rechnen, dass einige Projektbeteiligte urlaubsbedingt nicht zur Verfügung stehen. Außerdem ist zwischen Bauarbeiten und Übersiedelung kein Puffer für etwaige Verzögerungen eingeplant.

4.4.2 Ausschreibung, Vergabe und Werkplanung für Abbruch, Neubau und Umbau

Ausschreibung, Vergabe und Werkplanung der Hauptbauleistungen erfolgen getrennt in drei Arbeitspaketen. Arbeitspaket *AP 02* inkludiert die Leistungsverzeichnis-Nummern 1 – 9 und umfasst die Abbruch- und Baumeisterarbeiten, das Wärmedämmverbundsystem, Elektro-, Heizung-, Klima-, Lüftung- und Sanitärinstallationen sowie die Förderanlagen. Die Schwarzdeck-, Trockenbau- und Estricharbeiten, die Pfosten-Riegel-Fassade, Tätigkeiten der Gewerke Zimmerer, Fenster und Schlosser sind in Arbeitspaket *AP 03* unter den Leistungsverzeichnis-Nummern 10 – 17 zusammengefasst. Arbeitspaket *AP 04* mit den Leistungsverzeichnis-Nummern 18 – 25 beinhaltet den Fliesen- und Bodenbelag, Tischlerei- und Malerarbeiten sowie die Leitsysteme, Schließ- und Außenanlagen. Die Inhalte dieser drei Arbeitspakete werden, unabhängig von ihrer Einteilung beim Teilabbruch des Bestands, beim Neubau der Zubauten Nord und Süd sowie beim Bestandsumbau benötigt. Daher wird in der Bauphase später eine räumliche Einteilung in Arbeitspakete vorgenommen.

In Abb. 4.8 ist eine Gesamtprozessanalyse des Arbeitspaketes *AP 02* dargestellt. Sie ist der Gesamtprozessanalyse des Arbeitspaketes *Containerschule* in Abb. 4.4 sehr ähnlich. Die Gesamtprozessanalyse des Arbeitspaketes *AP 02* unterscheidet sich von jener der *Containerschule* lediglich hinsichtlich fehlender Architektur- und Haustechnikplanung und der hinzugekommenen Arbeitsvorbereitung vor der Werkplanerstellung. Der Autorin dieser Diplomarbeit ist nicht

bekannt, wann die eigentliche Entwurfs- und Einreichplanung erfolgt ist. Auf welchem Planungsstand die Ausschreibung aufbaut, geht aus den Unterlagen nicht hervor. Es wird angenommen, dass die Einreichplanung bereits vor September 2017 abgeschlossen ist und die Baubewilligung mit dem Beginn der Ausschreibung vorliegt.

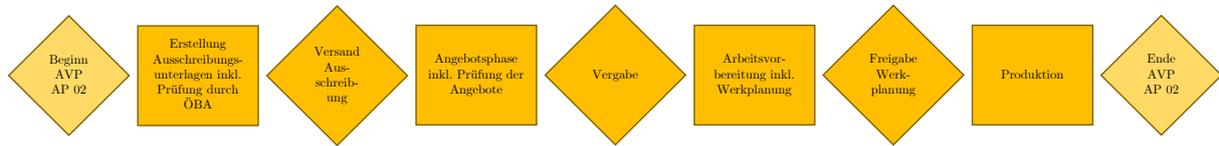


Abb. 4.8: Gesamtprozessanalyse *Arbeitspaket 02: LV-Nr. 1 – 9* (Ausschreibung, Vergabe, Werkplanung) auf Makroebene

Der zugehörige Phasenplan auf Normebene zur Ausschreibung, Vergabe und Werkplanung des Arbeitspaketes *AP 02* ist in Abb. 4.9 abgebildet. Es ist hier positiv anzumerken, dass die Prüfung, Adaptierung und der Versand der Ausschreibungsunterlagen im Gegensatz zum Arbeitspaket *Containerschule*, ohne zeitlichen Überschneit eingeplant ist. Dennoch sind keine Zeitreserven berücksichtigt, was mit Optimierungspunkt 5 markiert wird.

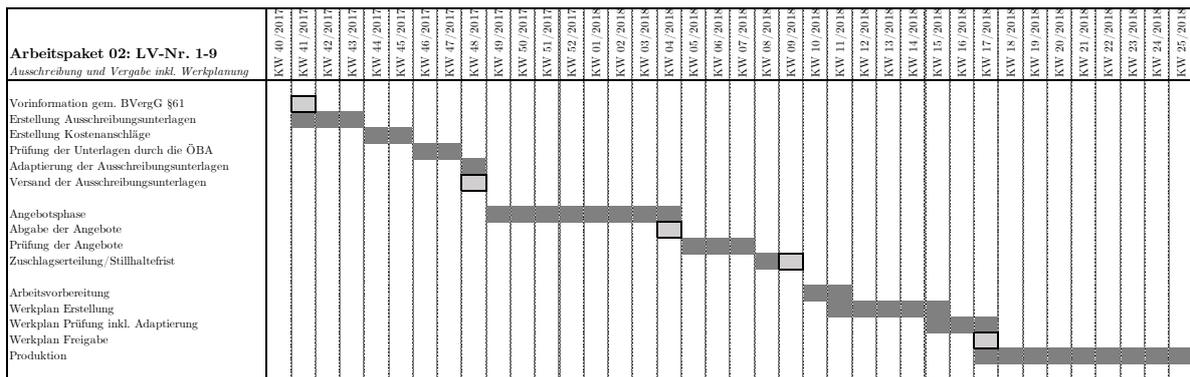


Abb. 4.9: Phasenplan auf Normebene zur Ausschreibung, Vergabe und Werkplanung der LV-Nr. 1 – 9

Die Angebotsphase reicht von Anfang Dezember 2017 bis Ende Jänner 2018 und ist im Rahmenterminplan mit 22 Tagen angegeben. Zieht man die Weihnachtsferien bis zum 6. Jänner ab, sind es jedoch 26 Arbeitstage. Die Angebotsfrist für öffentliche Auftraggeberinnen nach BVergG §70(1) beziehungsweise §70(2) ist jedenfalls mit 30 Tagen beziehungsweise mit 25 Tagen angesetzt. Es besteht somit eine Diskrepanz zwischen den Angaben von Tagen, Arbeitstagen und der Berechnung der tatsächlichen Vorgangsdauer im Rahmenterminplan. Ungehindert dessen, sollte bei der Wahl der Terminschiene im Sinne des *best-for-project*-Gedankens gehandelt werden. Gerade bei Bauleistungen von mehreren Millionen Euro Gesamtauftragssumme sollte sich die Auftraggeberin die unternehmerische Frage stellen, ob eine Verlängerung der Angebotsfrist über die Mindestfrist hinaus, zu einem technisch und/oder monetär wirtschaftlicheren Angebot führen kann. Eine mögliche Alternativstrategie wird unter dem Optimierungspunkt 6 vorgeschlagen.

Woche 8 (KW 44/2017) von 20 Wochen (vgl. Abb. 4.5), beim Arbeitspaket *AP 02* in Woche 21 (KW 09/2018) von 37 Wochen (vgl. Abb. 4.9). Aufgrund fehlender Detailinformationen wird angenommen, dass auch bei den Arbeitspaketen *AP 03* und *AP 04* die Zuschlagserteilung in etwa zur Hälfte der Gesamtprozessdauern erfolgt ist. In Abb. 4.12 sind diese in den Kalenderwochen KW 16/2018 für das Arbeitspaket *AP 03* beziehungsweise KW 30/2018 für das Arbeitspaket *AP 04* berücksichtigt.

Mit Zuschlagserteilung des Arbeitspaketes *AP 02* wird umgehend mit den Abbrucharbeiten begonnen. Es bleibt dem ausführenden Unternehmen somit kaum Zeit für eine angemessene Arbeitsvorbereitung, für die Baustelleneinrichtung oder eine Optimierung des Bauablaufs. Zudem wird noch während der Bauarbeiten für die Containerschule bereits Bestand abgebrochen, vier Wochen bevor die Übersiedelung in die Containerschule startet. Daher ist mit Lärm, Staubentwicklung und Störungen während des Unterrichts zu rechnen. Nicht zu vernachlässigen sind die zu treffenden sicherheitsrelevanten Vorkehrungen für einen Teilabbruch bei laufendem Betrieb. Fraglich ist zudem, wie der Abbruch und der Materialtransport innerhalb der Baustelle mit dem Brandschutz und etwaigen Fluchtwegsperrern logistisch gelöst werden kann. Weiters ist besonders auf die nötige Bereichsabspernung während der Baugrubensicherungsarbeiten Bedacht zu nehmen. Ein weiterer sicherheitsrelevanter Teilaspekt betrifft den Baustellenverkehr während der Pausen, sollten Kinder das Gebäude verlassen, um die Freiflächen zu nutzen. Optimierungspunkt 7 behandelt die beschriebenen Umstände.

Es ist anzunehmen, dass bei der Errichtung des Rohbaus von Zubau Nord und Zubau Süd bereits haustechnische Installationen oder deren Leitungsführung zu berücksichtigen sind. Laut dem Rahmentermin- und Ausführungszeitplan startet der Rohbau von Zubau Süd bereits drei Wochen nach angenommener Zuschlagserteilung für Arbeitspaket *AP 03*. Das gibt wenig zeitlichen Spielraum für Umplanungen, Optimierungen oder rechtzeitige Materialbestellungen seitens des ausführenden Unternehmens – zusammengefasst in Optimierungspunkt 8. Optimierungspunkt 9 beschreibt die zeitliche Überschneidung des Endes der Abbrucharbeiten und des Beginns der Rohbauarbeiten mit der Maturazeit, wo nur eingeschränkt gearbeitet werden kann.

4.4.3 Gesamtbetrachtung Zubau Nord und Süd

Die Neuerrichtung der Zubauten stellt einen wesentlichen Teil der Bauarbeiten des vorgestellten Projektes dar. Bevor auf den Innenausbau näher eingegangen wird, erfolgt eine Gesamtbetrachtung aller Arbeiten, die den Neubau betreffen. Verbesserungspotenziale werden auf hoher Flugebene analysiert. Die folgende Detailbetrachtung der Estrichtermine zeigt zeitliche Zusammenhänge oder Abhängigkeiten zwischen den Zubauten auf. Anders als bei Ausschreibung und Vergabe werden nun die Leistungen der Arbeitspakete *AP 02* bis *AP 04* auf die Bauteile Zubau Nord, Zubau Süd sowie den Bestandsumbau aufgegliedert. Hinsichtlich einer optimierten Gesamtbetrachtung des vollständigen Bauablaufs ist es zuerst sinnvoll, die zugehörigen Abläufe auf Makroebene zu beleuchten. Hierfür dient die Darstellung in Abb. 4.13.

Den Planunterlagen kann entnommen werden, dass der Zubau Nord flächenmäßig etwa doppelt so groß wie der Zubau Süd ist. Die Räume in den Oberbeschossen sind gleich gewidmet bezie-

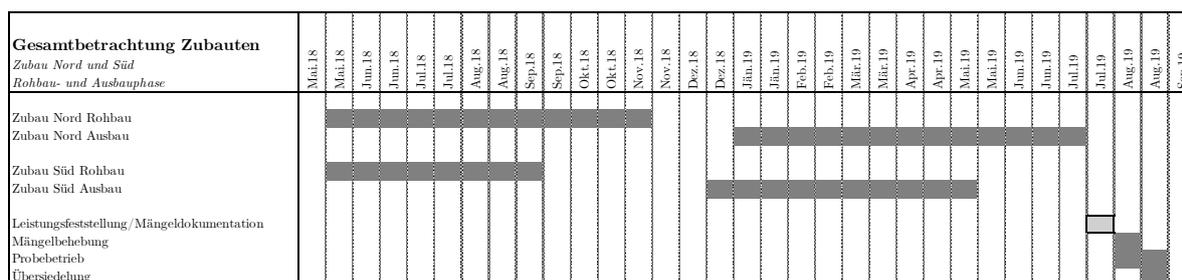


Abb. 4.13: Phasenplan auf Makroebene zur Gesamtbetrachtung von Zubau Nord und Zubau Süd

hungsweise haben eine sehr ähnliche Funktionszuordnung. In beiden Zubauten müssen dieselben Bautätigkeiten erbracht werden. Es ist daher naheliegend, dass sowohl Rohbau als auch Ausbau des Zubaus Nord grob doppelt so lange dauern werden wie beim Zubau Süd. Wie in Abb. 4.13 ersichtlich, sind die Rohbauarbeiten des Zubaus Nord mit einer Dauer von etwa sechs Monaten angesetzt, während dieselben Arbeiten beim Zubau Süd vier Monate in Anspruch nehmen. Für den Ausbau des Zubaus Nord sind 6,5 Monate veranschlagt, für den Zubau Süd sind es fünf Monate. Auf Basis der Unterlagen und der jetzigen Betrachtung auf Makroebene können keine eindeutigen Gründe für die unterschiedlichen Zeitansätze ausgemacht werden. Jedenfalls sollte diese Gegebenheit auf geringerer Flugebene nochmals beleuchtet werden. Der Vollständigkeit halber ist hier Optimierungspunkt 10 angeführt.

Des Weiteren sind die Fertigstellung des Rohbaus und der Beginn des Ausbaus um 1,5 Monate beim Zubau Nord und um drei Monate beim Zubau Süd voneinander versetzt. Laut Ausführungsterminplan finden keine Bautätigkeiten in der Zwischenzeit statt. Aus den Unterlagen geht nicht hervor, weshalb der Ausbau verzögert startet. Optimierungspunkt 11 beschreibt den unklaren Baustopp zwischen Rohbau und Ausbau.

Mit der Fertigstellung des Ausbaus im Zubau Nord finden die Leistungsfeststellung und die Mängeldokumentation für beide Bauteile statt. Es folgen die Mängelbehebung und der Probetrieb sowie anschließend die Übersiedelung. Pünktlich zum Schulstart Anfang September sollen die neuen Klassen genutzt werden können. Hier ist analog zum Optimierungspunkt 4 keine zeitliche Reserve für etwaige Verzögerungen eingeplant. Außerdem bleibt für die Korrektur potentieller Mängel, die erst während des Probetriebs erkennbar werden, wenig Zeit. Diese Umstände fasst Optimierungspunkt 12 zusammen. Auf der detaillierteren Normebene wird speziell auf die Estricharbeiten in den Zubauten Nord und Süd eingegangen. Interessant sind die terminlichen Zusammenhänge.

In Abb. 4.14 ist ersichtlich, dass das Ende der Estrichbetonage in Zubau Süd noch vor den Weihnachtsferien im Jahr 2018 mit einer Pönale angesetzt ist. Die Estrichbetonage im Zubau Nord endet hingegen erst Anfang März 2019 ebenso mit einem Pönaltermin. In Bezug auf den restlichen Bauablauf und die Terminschiene ist die aktuelle Terminwahl schlüssig. Es kann angenommen werden, dass das Estrichunternehmen den Auftrag für beide Zubauten erhalten hat. Aus der Sicht

Gesamtbetrachtung Estrich <i>Zubau Nord und Süd</i> <i>Abhängigkeiten der Estrichtermine</i>	KW 51/2018	KW 52/2018	KW 01/2019	KW 02/2019	KW 03/2019	KW 04/2019	KW 05/2019	KW 06/2019	KW 07/2019	KW 08/2019	KW 09/2019	KW 10/2019	KW 11/2019	KW 12/2019	KW 13/2019	KW 14/2019	KW 15/2019	KW 16/2019	KW 17/2019	KW 18/2019
Zubau Süd																				
Estrich fertig (pönalisiert)	■																			
Trocknungszeit Estrich		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Ausheizvorgang Estrich				■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Zubau Nord																				
Schüttung				■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Trittschalldämmung/Fußbodenheizung							■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Estrich Betonage									■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Estrich fertig (pönalisiert)												■	■	■	■	■	■	■	■	■
Trocknungszeit Estrich													■	■	■	■	■	■	■	■

Abb. 4.14: Phasenplan auf Normebene zur Gesamtbetrachtung der Estricharbeiten in Zubau Nord und Zubau Süd

des Estrichunternehmens muss die Gerätschaft in der Zwischenzeit entweder auf der Baustelle vorgehalten oder vor Weihnachten ab- und Mitte Februar wieder antransportiert werden. Es fallen doppelte Transportkosten an. Optimierungspunkt 13 nimmt die gesamtheitliche Betrachtung der Wertschöpfungskette, in der auch die Abläufe der Nachunternehmer berücksichtigt werden, auf – hier beispielhaft anhand der Estrichbetonage.

Zu den Tätigkeiten der Rohbauphasen liegen keine konkreteren Daten vor, weshalb keine genauere Analyse von Optimierungspotenzialen innerhalb der Rohbauphasen möglich ist. Die Innenausbauphasen werden im folgenden Abschnitt näher untersucht.

4.4.4 Innenausbau Zubau Nord und Süd

In den nachstehenden Absätzen wird auf die Innenausbauarbeiten des Zubaus Nord und Süd eingegangen. Verbesserungspotenziale werden erneut analysiert und erläutert. Da technische Charakteristika (Widmung, Flächenverhältnisse, Aufbauten, ...) beider Zubauten sehr ähnlich sind, knüpft die Bearbeitung des südlichen Zubaus an die Ausführungen des Zubaus Nord an.

Zubau Nord

In Abb. 4.15 ist ein Phasenplan auf Normebene für den Ausbau des Zubaus Nord ersichtlich. Es werden zuerst die Prozesse aller Geschosse gesammelt betrachtet, bevor später in Abb. 4.16 eine geschossweise Analyse vorgenommen wird. Die gezeigten Daten basieren auf dem Ausführungsterminplan.

Grundsätzlich fällt auf, dass in der zeilenmäßigen Reihenfolge von Arbeiten an der Außenanlage, der Gebäudehülle und den Innenausbauarbeiten keine Zusammenhänge feststellbar sind. Zum einen stehen die Arbeiten für die Photovoltaikanlage in Zeile 2 noch vor den Estrichdetailterminen, obwohl der Estrich zeitlich gesehen viel früher verlegt wird. Zudem ist unklar, weshalb die Detailtermine für das Wärmedämmverbundsystem zwischen den Estrichdetailterminen und den

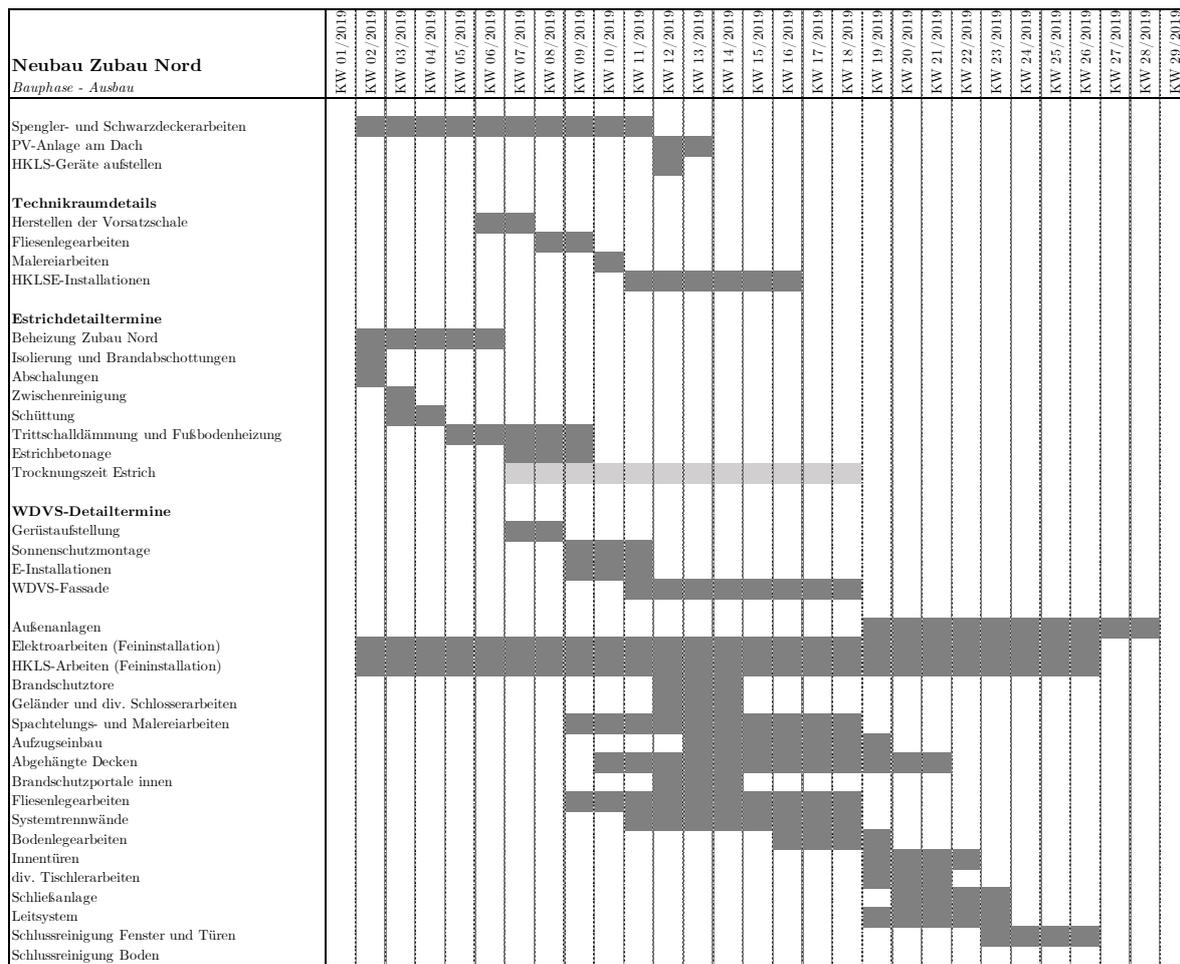


Abb. 4.15: Phasenplan auf Normebene zum Ausbau des Zubaus Nord

restlichen Innenausbauterminen eingepflegt wurden. Die unübersichtliche und nicht intuitive Darstellung des Bauablaufs für den Innenausbau stellt Optimierungspunkt 14 dar.

In den Kalenderwochen KW 6/2019 bis KW 16/2019 ist die Fertigstellung des Technikraums inklusive aller haustechnischen Installationen geplant. Dennoch beginnen die haustechnischen Feininstallationen in den Geschossen ab Kalenderwoche KW 02/2019. Es ist zu hinterfragen, ob die Installationen im Technikraum nicht als Vorleistung für die Feininstallationen in den Geschossen benötigt werden. Optimierungspunkt 15 untersucht diesen Umstand.

Die zeitlichen Überschneidungen der Tätigkeiten des Innenausbaus werden in einem Phasenplan auf Mikroebene in Abb. 4.16 näher beleuchtet. Dieselbe Grafik ist im Anhang auf S. 187 größer abgebildet. Die Tage auf der x-Achse zählen die Arbeitstage der jeweiligen Tätigkeiten, beginnend mit der Betonage der Schüttung im dritten Obergeschoss (Tag 01).

Da die haustechnischen Installationen in den Terminplänen nicht näher untergliedert werden, sind sie in Abb. 4.16 als fortlaufender Balken in Abhängigkeit zu ihren Start- und Endterminen angeführt. Eine Vielzahl an Tätigkeiten des Innenausbaus kann den jeweiligen Geschossen zugeordnet werden. Die restlichen Tätigkeiten, wie der Aufzugsseinbau, diverse Tischlerarbeiten,

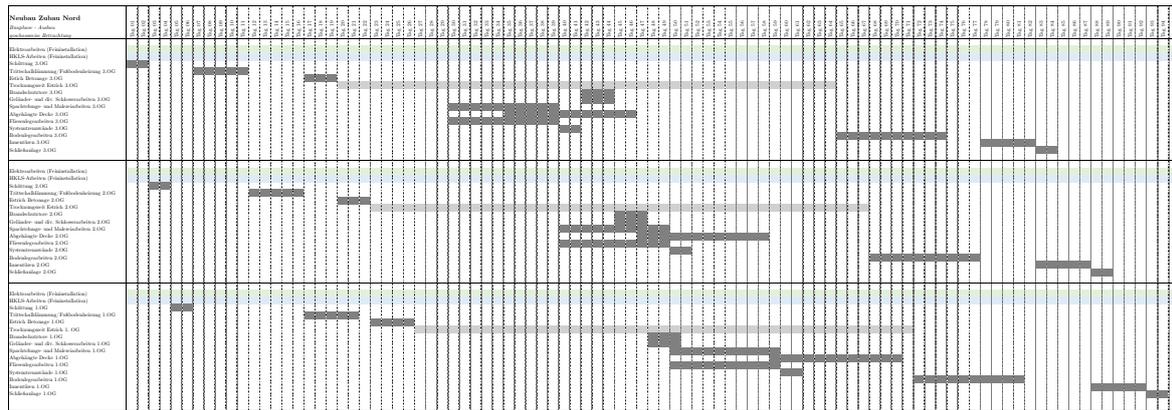


Abb. 4.16: Phasenplan auf Mikroebene zur geschossweisen Betrachtung des Innenausbaus (Zubau Nord)

die Montage der Brandschutzportale oder das Leitsystem, betreffen das gesamte Gebäude, weshalb sie hier vorerst nicht näher berücksichtigt werden. Auf die genannten Arbeiten wird im Rahmen der Umsetzung der Alternativvorschläge in Abs. 5.3 und Abs. 5.4 eingegangen.

Für die in Abb. 4.16¹¹⁷ dargestellten Tätigkeiten wird zusätzlich eine Gesamtprozessanalyse auf Normebene (s. Abb. 4.17) erstellt. Einzelne Arbeitsschritte, die innerhalb der Arbeitspakete anfallen, sind nicht abgebildet. Den Gewerken wird an dieser Stelle keine Farbe zugeordnet, da die meisten klassischen Bauzeitpläne auch einfarbig gehalten sind. Die Analyse von Optimierungspotenzialen baut gleichermaßen auf beiden Abbildungen auf.

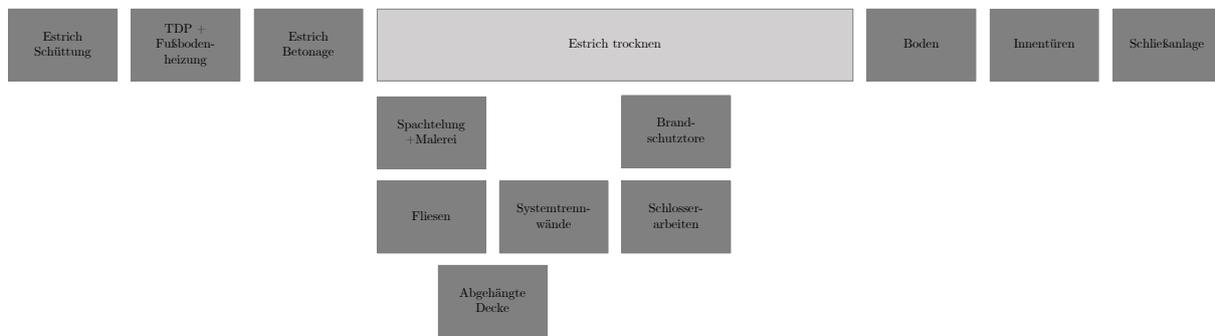


Abb. 4.17: Gesamtprozessanalyse auf Normebene zur geschossweisen Betrachtung des Innenausbaus (Zubau Nord)

Sowohl bei der Betonage der Schüttung, dem Verlegen der Trittschalldämmung (TDP) und der Fußbodenheizung als auch bei der Estrichbetonage ist eine Ende-Anfang-Beziehung der Tätigkeiten zwischen den Geschossen gegeben. Daher verändert sich der Zeitraum zwischen den Tätigkeiten. Während die Abstände der drei Balken im dritten Obergeschoss noch ausgewogen sind, verlängert sich die Zeitspanne zwischen Schüttung und Verlegen der Trittschalldämmung beziehungsweise verkürzt sich der Abstand zwischen Fertigstellung der Fußbodenheizung und Estrichbetonage im ersten Obergeschoss. Die unterschiedlichen Zeitabstände sind auf eine inho-

¹¹⁷Die Abbildung ist im Anhang auf S. 187 größer dargestellt.

mogene Leistungsdauer der Tätigkeiten zurückzuführen. Die unausgewogene zeitliche Verteilung der Leistungsabstände stellt Optimierungspunkt 16 dar.

Die Spachtelungs-, Malerei- und Fliesenlegearbeiten beginnen im dritten Obergeschoss zehn Tage nach der Estrichbetonage. Sobald die Arbeiten in der obersten Etage abgeschlossen sind, wird ins zweite Obergeschoss gewechselt. Abhängig vom Spachtelungsbeginn im dritten Obergeschoss, starten die Arbeiten an der abgehängten Decke fünf Tage versetzt. Sobald die abgehängte Decke im dritten Obergeschoss fertiggestellt ist, werden die Tätigkeiten in der unteren Etage fortgesetzt. Die Systemtrennwände folgen jeweils auf die Fliesenlegearbeiten. Zehn Tage nach Fertigstellung der Estrichbetonage im Untergeschoss wird im dritten Geschoss mit der Montage des Geländers und der Brandschutztore begonnen. Nach Vollendung der Arbeiten in einer Etage wird im darunter liegenden Geschoss fortgesetzt. Aufgrund der Änderung in den Abhängigkeiten der Startzeitpunkte entsteht ein ungleiches Bild derselben Tätigkeiten in den unterschiedlichen Etagen. Erkennbar ist das in Abb. 4.16 an der gedrungenen Darstellung der mittleren Balken im dritten Obergeschoss im Vergleich zu der auseinander gezogenen Darstellung der mittleren Balken im ersten Obergeschoss. Optimierungspunkt 17 behandelt diesen Umstand.

Die Bodenlegearbeiten starten jeweils nach der Trocknungsdauer des Estrichs. Da hier keine Ende-Anfang-Beziehungen zwischen den Geschossen gegeben sind, muss an drei Arbeitstagen (Tag 72 – 74) in allen drei Etagen gleichzeitig gearbeitet werden. Es ist nicht davon auszugehen, dass das ausführende Unternehmen seine Personalressourcen für eine halbe Woche erhöht, um eine gleichbleibende Leistung zu gewährleisten. Das Risiko eines Leistungsverzugs ist gegeben (Optimierungspunkt 18). Die unterschiedlichen Zeitversätze von Bodenlegearbeiten und Innentüren sowie der Schließanlage sind analog zu Optimierungspunkt 16 zu behandeln und werden nicht explizit als weiterer Optimierungspunkt deklariert. Unklar ist zudem der Zusammenhang vom Start des Einbaus der Innentüren im dritten Obergeschoss und der Fertigstellung der Bodenlegearbeiten im Untergeschoss. Es besteht weder eine räumliche Abhängigkeit, noch werden die Tätigkeiten von demselben Gewerk ausgeführt. Optimierungspunkt 19 hinterfragt den Konnex.

Optimierungspunkt 20 zeigt die abweichenden Durchlaufzeiten der einzelnen Geschosse. Die Durchlaufzeit wird vom Beginn der Schüttung bis zur Montage der Schließanlage in der jeweiligen Etage gemessen. Sie inkludiert nur Tätigkeiten mit dunkelgrauen Balken. Die Durchlaufzeit im dritten Obergeschoss beträgt 84 Tage, davon fallen 44 Tage für wertschöpfende Tätigkeiten an. Die Flusseffizienz berechnet sich demnach auf 52% (vgl. Gl. 2.1). Für das zweite Obergeschoss beträgt die Durchlaufzeit 87 Tage, wovon 46 Tage wertschöpfend gearbeitet wird. Die Flusseffizienz ergibt knapp 53%. Mit einer Durchlaufzeit von 90 Tagen und 51 Tagen wertschöpfender Tätigkeit stellt die Flusseffizienz des ersten Obergeschosses mit 57% das beste Ergebnis dar.

Im Sinne der Lean Philosophie können jene Zeiten, in denen dem Projekt nicht aktiv Wert durch Bautätigkeiten zugefügt wird, als Verschwendung betrachtet werden. Im dritten Obergeschoss ist das etwa an den Tagen 03 – 06, 12 – 16 und 75 – 77 der Fall. Die Tage 47 – 64, in denen der Estrich trocknet, stellen einen Graubereich dar. Die Zeit ist notwendig, aber nicht wertschöpfend. Im dritten Obergeschoss wird an 44 von 84 Arbeitstagen Wertschöpfung betrieben. Optimie-

rungspunkt 21 kennzeichnet jene Phasen, in denen in der jeweiligen Etage keine wertschöpfenden Arbeiten vollbracht werden.

Zubau Süd

Bei der Analyse der Verbesserungspotenziale des Zubaus Süd wird in diesem Abschnitt ident wie beim Zubau Nord vorgegangen. Die grundsätzlichen Bauabläufe sind bei beiden Zubauten gleich. Da die Zeitpläne beider Zubauten von demselben Planungsunternehmen beigestellt wurden, ist es naheliegend, bei einer Analyse sehr ähnliche Optimierungspunkte zu erhalten. Sollten Optimierungspunkte zwischen den Zubauten übereinstimmen, wird keine neue Nummer vergeben. Der Phasenplan auf Normebene bildet alle umzusetzenden Tätigkeiten ab. Die geschossweise Betrachtung des Innenausbaus anhand eines Phasenplans auf Mikroebene zeigt Abhängigkeiten zwischen den Tätigkeiten und den Geschossen auf.

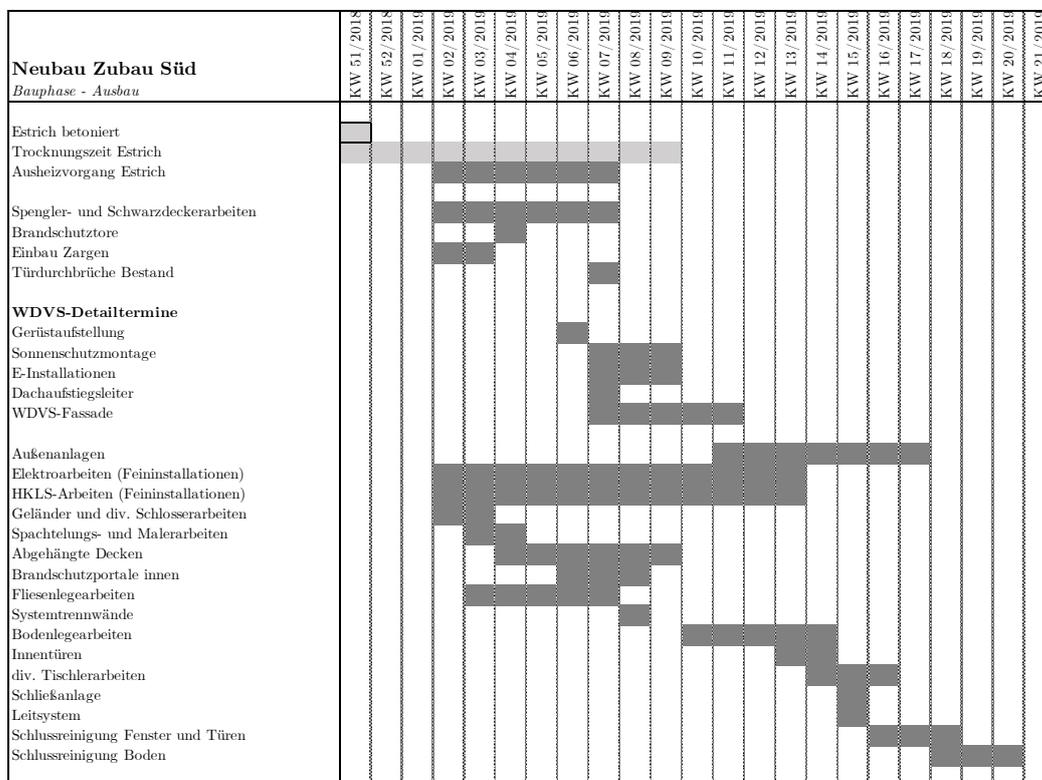


Abb. 4.18: Phasenplan auf Normebene zum Ausbau des Zubaus Süd

In Abb. 4.18 ist ersichtlich, dass die Estrichdetailtermine zu Beginn des Terminplans dargestellt sind. Gefolgt von allgemeinen, den gesamten Zubau Süd betreffender Arbeiten, werden dazwischen die Detailtermine für Fassadenarbeiten eingeschoben. Analog zum Zubau Nord sind die Haustechnikinstallationen als Block über alle Geschosse gleichermaßen abgebildet. Eine Unterteilung in einzelne Arbeitsschritte ist nicht erfolgt.

Sowohl Abb. 4.19¹¹⁸ als auch Abb. 4.20 zeigen die große Parallelität einiger Arbeiten. Während die Schlosserarbeiten und der Einbau der Zargen gleichzeitig stattfinden, stehen auch

¹¹⁸Die Abbildung ist im Anhang auf S. 189 größer dargestellt.

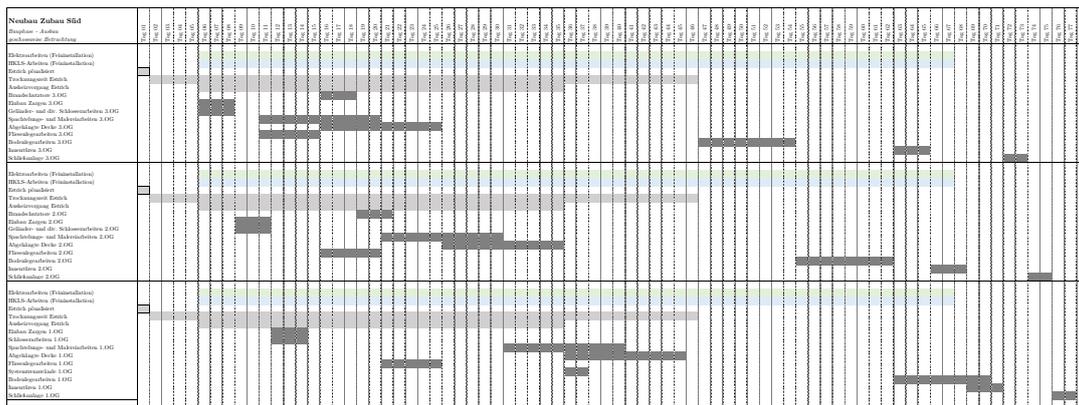


Abb. 4.19: Phasenplan auf Mikroebene zur geschossweisen Betrachtung des Innenausbau (Zubau Süd)

die Spachtelungs-, Malerei- und Fliesenlegerarbeiten in einem zeitlichen Naheverhältnis. Von der Malerei werden auch die abgehängten Decken beeinflusst. Zeitlich losgelöst vom Rest der Tätigkeiten, beginnen die Bodenlegearbeiten. Sie sind ausschließlich an das Ende der Estrichtrocknungszeit gebunden. Die Montage der Schließanlage startet nach Fertigstellung der Innentüren im Untergeschoss.

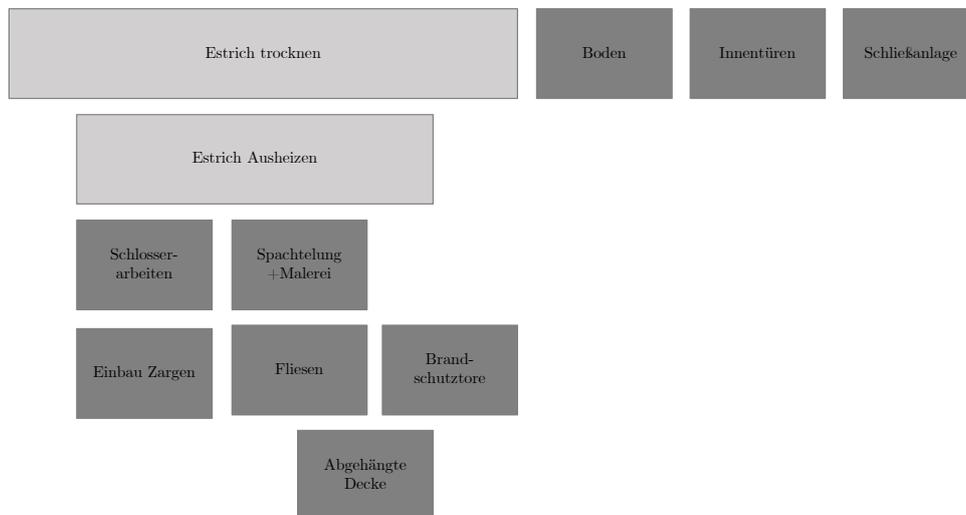


Abb. 4.20: Gesamtprozessanalyse auf Normebene zur geschossweisen Betrachtung des Innenausbau (Zubau Süd)

Mit Abb. 4.19 können zudem die Durchlaufzeiten der angeführten Tätigkeiten und der wertschöpfende Anteil in Prozent der Durchlaufzeit pro Geschoss berechnet werden. Die Durchlaufzeit reicht vom Start der Schlosserarbeiten bis zur Fertigstellung der Schließanlage im jeweiligen Geschoss. Als einziger Unterschied zwischen den Tätigkeiten von Zubau Nord und Süd kann der Ausheizvorgang des Estrichs angeführt werden. Im Zubau Nord ist kein Ausheizen des Estrichs eingeplant. Das könnte dadurch erklärt werden, dass unterschiedliche Estricharten unterschiedliche Nachbehandlungen erfordern. Allerdings wird in der Baubeschreibung auf keinen geänderten

Bodenaufbau hingewiesen. Im Folgenden wird daher angenommen, dass die Bodenaufbauten identisch sind und dieselbe Nachbehandlung erforderlich ist. Da keine zusätzlichen Optimierungspunkte festgestellt werden können, bauen sämtliche Optimierungsvorschläge für Zubau Süd auf jenen des nördlichen Zubaus auf. Sie können analog angewendet werden.

4.4.5 Gesamtbetrachtung Zu- und Umbau

In diesem Abschnitt basiert die Gesamtbetrachtung des Zu- und Umbaus auf einem Phasenplan auf Makroebene (Abb. 4.21). Dabei sind sowohl Rohbau und Ausbau beider Zubauten als auch der Bestandsumbau abgebildet. Ein Meilenstein markiert die Übersiedelung der Klassen von der Containerschule in die neuen Klassen der Zubauten. Zum einen ist die zeitliche Trennung zwischen den jeweiligen Rohbau- und Ausbauarbeiten erkennbar (rote Markierung). Zum anderen sticht hervor, dass mit den Umbauarbeiten erst nach der Übersiedelung der Klassen begonnen wird. Es ist davon auszugehen, dass der Unterricht massiv durch Lärm beeinträchtigt wird. Es gibt keine Anhaltspunkte für eingeschränkte Arbeiten während der Prüfungszeiten. Zudem besteht die Gefahr, fertiggestellte Flächen der Zubauten durch die Umbauarbeiten zu verschmutzen oder zu beschädigen.

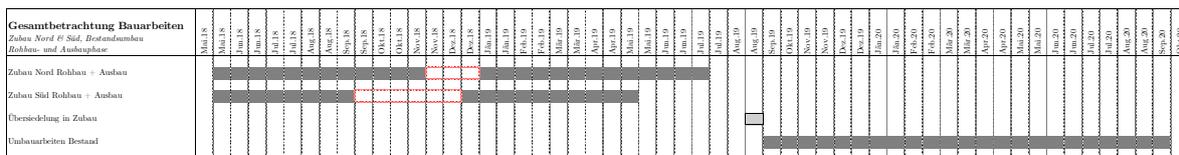


Abb. 4.21: Phasenplan auf Makroebene zur Gesamtbetrachtung von Zubau Nord, Zubau Süd und Bestandsumbau

Offen bleibt die Frage, ob und wie die Abtrennung zwischen Alt- und Zubau in Hinblick auf eine Baustellenabspernung erfolgt. Höchstwahrscheinlich sind auch Fluchtwegsperren nötig – ein angepasstes Fluchtwegkonzept und besondere Vorkehrungen sind unverzichtbar. Laut Baubeschreibung werden die Bestandsdecken statisch saniert. Es ist zu prüfen, ob die Sanierung bei Vollbetrieb und zum Beispiel ohne Deckenunterstellungen realisierbar ist. Optimierungsvariante 2 in Abs. 5.4 widmet sich maßgeblich dieser Problematik.

4.4.6 Einteilung der Optimierungspunkte in Gruppen

Für einen besseren Überblick werden die eruierten Optimierungspunkte in Gruppen gegliedert und in einer Matrix dargestellt. Ein Optimierungspunkt kann mehreren Gruppen zugeordnet werden, wenn mehrere Problemursachen ausgemacht werden können. An dieser Stelle sei erneut auf den Unterschied zwischen Symptom und Ursache hingewiesen. Problemursachen können nicht weiter hinterfragt werden und zeigen sich durch Symptome. Kann für eine vermeintliche Ursache eine „Warum?“-Frage beantwortet werden, stellt es noch ein Symptom dar. Ein Werkzeug des Lean Managements zur Ursachenerforschung ist die 5W-Fragetechnik. Dabei wird plakativ

fünffmal „Warum?“ gefragt, bis die wahre Ursache gefunden ist. Der Situation entsprechend, können auch andere Fragestellungen gewählt werden.

Einteilung von Optimierungspunkten (OP) in Gruppen	GPA	LPS	TP/TS	Nivellierung	MPP-Darstellung	GSQ-Darstellung	IPA
Überlappung von Vorgängen OP 2, OP 9, OP 18, OP 20	x	x	x	x	x		
Ungleichmäßige Verteilung von Tätigkeiten OP 16, OP 17, OP 18, OP 20, OP 21		x	x	x	x		
ungünstige Abhängigkeiten OP 19, OP 20	x	x				x	
fehlende Gesamtbetrachtung OP 4, OP 6, OP 7, OP 12, OP 15, OP 20	x				x		x
fehlende Betrachtung entlang der Wertschöpfungskette OP 3, OP 4, OP 6, OP 7, OP 13, OP 20	x	x			x	x	x
keine Einplanung von Zeitreserven OP 1, OP 2, OP 3, OP 4, OP 5, OP 8, OP 12	x		x		x		
Darstellungsform OP 14			x		x	x	
keine konkrete Zuordnung möglich OP 10, OP 11	x				x		x

Abb. 4.22: Gliederung der Optimierungspunkte nach Gruppen

Abb. 4.22 zeigt eine Übersicht aller Optimierungspunkte und ihre Zuordnung zu einzelnen Gruppen. Für jede Optimierungspunkt-Gruppe gibt es mindestens eine, teilweise sogar mehrere Lösungsmethoden. Die theoretischen Grundlagen zu den einzelnen Lösungsmethoden und ihren Werkzeugen wurden bereits in Kap. 3 gebracht. Die konkrete Anwendung der Lösungsmethoden ist Hauptinhalt des folgenden Kap. 5.

4.5 Zusammenfassung des IST-Projektablaufs

Das Projekt gliedert sich analog den Phasen des Projektmanagements und beinhaltet Projektentwicklung, Planung, Ausschreibung und Vergabe, Bauausführung sowie Projektabschluss. Die genauere Beschreibung der Bauabläufe dient als Grundlage für die anschließende Analyse von Verbesserungspotenzialen. Mittels Gesamtprozessanalysen und Phasenplänen konnten 21 konkrete Optimierungspunkte ausgemacht werden. Tritt ein Optimierungspunkt an mehreren Stellen auf, wird er nur einmal gewertet. Bei fast allen Optimierungspunkten ist es möglich, ihre spezifischen Ursachen zu bestimmen. Vier Optimierungspunkte haben eine Überlappung von Vorgängen zur Ursache. Die ungleichmäßige Verteilung von Tätigkeiten ruft bei fünf Optimierungspunkten Verbesserungspotenziale hervor. Zwei Optimierungspunkte sind auf ungünstige Abhängigkeiten zurückzuführen. Eine unzureichende Gesamtbetrachtung beziehungsweise Betrachtung entlang der Wertschöpfungskette im Sinne der Lean Philosophie ergeben jeweils sechs Optimierungspotenziale. Bei insgesamt sieben Optimierungspunkten kann die Einplanung von Zeitreserven Abhilfe schaffen. Bei einem Optimierungspunkt ist die Darstellungsform maßgebend und bei zwei Optimierungspunkten konnten keine konkreten Ursachen aus den zur Verfügung gestellten Unterlagen abgeleitet werden. Der Einteilung in Gruppen folgt ein Vorschlag, mit welchen Lean Management Methoden die Probleme behoben werden können. Die tatsächliche Optimierung ist Hauptteil des nächsten Kapitels.



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.

Kapitel 5

Entwicklung eines LEAN-Projektablaufs

In diesem Kapitel werden für bereits analysierte Optimierungspotenziale konkrete Optimierungsvorschläge erläutert und Möglichkeiten zur Messbarkeit des Erfolgs aufgezeigt. Im gesamten Kapitel finden sich Lean Management Methoden sowie entsprechende Sicht- und Herangehensweisen. Dabei spielen die Lean Philosophie, Lean Construction, Lean Design und das System der Integrierten Projektentwicklung eine wesentliche Rolle.

Zuerst wird die allgemeine Herangehensweise, mit der konkrete Optimierungsvorschläge gebracht werden, erläutert. An eine kurze Zusammenfassung der analysierten Optimierungspunkte, schließen spezifische Verbesserungsvorschläge zu den einzelnen Punkten an. Es kann vorkommen, dass eine umfängliche Betrachtung mehrerer Teilaspekte zur Lösung eines oder mehrerer Optimierungspunkte nötig ist. In diesem Fall behandelt ein späterer Abschnitt ganzheitliche Überlegungen. Dabei setzt man Maßnahmen gezielt so, dass Schulferien optimal ausgenutzt werden und der Schulbetrieb so wenig wie möglich gestört wird. Aufbauend auf der Einteilung der Optimierungspunkte in Gruppen, werden drei übergreifende Optimierungsvarianten vorgestellt. Zudem werden konkrete Vergleiche der Zeitschienen vor und nach der Anwendung von Lean Management Methoden gezogen. Wo dies möglich ist, wird der Erfolg von Optimierungen gezielt gemessen und bewertet.

5.1 Herangehensweise

Als Grundlage für dieses Kapitel dienen die zur Verfügung gestellten Projektunterlagen, im Speziellen die Grundriss- und Terminpläne. Das vorangegangene Kapitel zeigt den IST-Projektablauf, der mittels Lean Management Methoden analysiert ist. Optimierungspunkte sind markiert worden. Die Analyse des Gesamtprojekts erfolgt in mehreren Abschnitten. Primär sind die Phasen der Ausschreibung, der Vergabe und der Ausführung am genauesten beleuchtet worden, da hier viele detaillierte Informationen vorhanden sind. Zur übersichtlicheren Unterteilung orientieren sich die Kapitelabschnitte nicht an den Leistungsphasen, sondern an Bauabschnitten. Bezüglich der Phasen der Projektentwicklung, der Planung und des Betriebs sind der Autorin dieser Diplomarbeit keine Unterlagen übermittelt worden – die Untersuchung dieser Phasen entfällt. Die Optimierungspunkte sind anschließend in Gruppen eingeteilt worden. Darauf aufbauend, werden nun in diesem Kapitel einzelne Verbesserungsvorschläge und drei Optimierungsvarianten erarbeitet. Einzelne Verbesserungsvorschläge beziehen sich auf jeweils einen Optimierungspunkt, während

die Optimierungsvarianten allesamt mehrere Optimierungspunkte ganzheitlich bearbeiten. Optimierungsvariante 1 behandelt Optimierungspunkte ausschließlich in der Ausführungsphase. Nach Meinung der Autorin sind diese mit dem besten Aufwand-Nutzen-Verhältnis umzusetzen. Es folgt Optimierungsvariante 2, bei der Verbesserungsvorschläge für Ausschreibung, Vergabe, Neu- und Umbauarbeiten in Kombination betrachtet werden. Optimierungsvariante 3 berücksichtigt zusätzlich die Projektentwicklungs- und Planungsphase sowie den Betrieb. Die Optimierungsvarianten bauen aufeinander auf – das volle Potenzial wird erst bei ganzheitlicher Umsetzung ausgeschöpft.

5.2 Angedachte Optimierungsvorschläge

In Analogie zu den Abschnitten des Kap. 4 werden im Folgenden konkrete Optimierungsvorschläge zu den einzelnen Optimierungspunkten vorgestellt. Im Sinne der Lean Philosophie wird versucht, Kundenwünsche bestmöglich zu erfüllen. Zeitkritische Vorgänge können durch die gezielte Einplanung von Pufferzeiten entschärft werden. Grundsätzlich stehen alle gesetzten Maßnahmen unter dem *best-for-project*-Prinzip.

5.2.1 Errichtung einer Containerschule

Im konkreten Zusammenhang mit der Containerschule konnten vier Optimierungspunkte identifiziert werden. Bei Optimierungspunkt 1 ist die Erstellung der Schalungs- und Bewehrungspläne erst nach vollendeter Ausschreibung und mit der Vergabe an das ausführende Unternehmen abgeschlossen. Bei Optimierungspunkt 2 ist die Überprüfung, die Überarbeitung und der Versand der Ausschreibungsunterlagen zeitlich eng aneinander gekoppelt, sodass personelle Ausfälle unweigerlich zu Verzögerungen führen. Optimierungspunkt 3 zeigt auf, dass mit Zuschlagserteilung sofort mit der Arbeitsvorbereitung und der Baustelleneinrichtung vor Ort begonnen werden muss. Es ist zu erwarten, dass technisch und/oder monetär wirtschaftlichere Angebote bei früherer Ausschreibung zu erzielen sind. Fehlende Zeitreserven zur Fertigstellung sämtlicher Leistungen vor der Übersiedlung zeigt Optimierungspunkt 4 auf.

Für die Lösung des Optimierungspunktes 1 ist grundsätzlich die Frage zu stellen, ob ausführende Unternehmen in die Haustechnik-, Schalungs- und Bewehrungsplanung mit einbezogen werden sollen. Bei einem Bauvorhaben dieses Umfangs und dieser Komplexität sieht das die Autorin für nicht zwingend an. Daher wäre es vorteilhaft, die Haustechnik-, Schalungs- und Bewehrungsplanung noch vor dem Versand der Ausschreibungsunterlagen zu vollenden und die detailliertere Ausarbeitung in die Ausschreibung mit einfließen zu lassen. Das kann Mehrkostenforderungen durch nachträgliche Leistungsänderungen vorbeugen. Optimierungspunkt 2 kann durch die Einplanung von Pufferzeiten behoben werden. Das minimiert das Risiko, durch personelle Ausfälle das geplante Ausschreibungsdatum verschieben zu müssen. Die zeitliche Abstimmung von Ausschreibung, Vergabe und Leistungszeitraum in Optimierungspunkt 3 erhöht die Chance, den Bieterkreis nicht künstlich einzuschränken und wirtschaftlich günstigere Angebote zu erzielen.

Ähnlich wie Optimierungspunkt 2 kann auch Optimierungspunkt 4 durch die Einplanung von Pufferzeiten behoben werden.

5.2.2 Ausschreibung, Vergabe und Werkplanung für Abbruch, Neubau und Umbau

Bei der Ausschreibung, Vergabe und Werkplanung für die Abbruch-, Neubau- und Umbauarbeiten konnten fünf Optimierungspunkte identifiziert werden. Optimierungspunkt 5 beschreibt – ähnlich wie Optimierungspunkt 2 – die fehlende Zeitreserve vor der Übersendung der Ausschreibungsunterlagen. Die Angebotsfrist für das Arbeitspaket *AP 02* orientiert sich an den gesetzlich vorgegebenen Mindestfristen und ist für das geplante Gesamtbauvolumen eher kurz bemessen. Diese Verhältnisse behandelt Optimierungspunkt 6 näher. Optimierungspunkt 7 fasst mehrere Umstände in Verbindung mit den Abbrucharbeiten zusammen. Zum einen inkludiert er erneut die geringe Zeitspanne zwischen Zuschlagserteilung und Leistungsbeginn, zum anderen werden mehrere sicherheitsrelevante, bauglogistische und ablauftechnische Themen behandelt. Bei Optimierungspunkt 8 wird wie bei Optimierungspunkt 7 das zeitliche Naheverhältnis von Zuschlagserteilung und Leistungsbeginn hinterfragt. Die geplanten Abbruch- und Rohbauarbeiten können während der Maturazeit nur eingeschränkt ausgeführt werden. Die zeitliche Überschneidung von Bauarbeiten und Maturazeit wird in Optimierungspunkt 9 näher beleuchtet.

Wie schon in Abs. 5.2.1 angeschnitten, entschärft die Einplanung von Pufferzeiten in Optimierungspunkt 5 potenzielle Personalausfälle in Verbindung mit der Übersendung von Ausschreibungsunterlagen. Generell sei bei Optimierungspunkt 6 darauf hingewiesen, dass im Bundesvergabegesetz angegebene Fristen zu Ausschreibung und Vergabe *Mindestfristen* darstellen. Denkbar wären eine Verkürzung der Baudauer und/oder eine Reduktion der Baukosten, wenn den ausführenden Firmen zuvor ausreichend Zeit für die Durchsicht der Unterlagen, für die Arbeitsvorbereitung und die Umsetzung eventueller Optimierungsvorschläge zur Verfügung steht. Es ist daher seitens der Auftraggeberin abzuwägen, inwieweit eine Verlängerung der Angebotsfristen über das gesetzliche Mindestmaß hinaus sich positiv auf den Projekterfolg auswirkt. Auf eine Alternativstrategie für die Optimierungspunkte 6, OP 7, OP 8 und OP 9 wird im Rahmen der Optimierungsvariante 1 (vgl. Abs. 5.3) und Optimierungsvariante 2 (vgl. Abs. 5.4) eingegangen. Dabei werden alle Optimierungspunkte in Verbindung mit Ausschreibung, Vergabe und Bauausführung im Zuge einer Gesamtbetrachtung aller Projektparameter abgehandelt.

5.2.3 Gesamtbetrachtung Zubau Nord und Süd

Im Rahmen der Gesamtbetrachtung der Bauarbeiten können vier Optimierungspunkte identifiziert werden. Optimierungspunkt 10 fasst eine Unstimmigkeit im Verhältnis der Flächen zu der angesetzten Baudauer zusammen. Die unklare zeitliche Trennung zwischen Rohbau und Ausbau von mehreren Monaten charakterisiert Optimierungspunkt 11. Die Inhalte von Optimierungspunkt 12, nämlich das zeitliche Naheverhältnis von Leistungsfeststellung, Mängelbehebung, Inbetriebnahme und Umzug, sind jenen von Optimierungspunkt 4 sehr ähnlich. Probetrieb und Mängelbehebung erfolgen gleichzeitig, zwischen Übersiedelung und Nutzung ist keine Zeitreserve

eingepplant. Es ist von einer in sich gleichbleibenden, aber dennoch nicht optimalen Denkweise auszugehen. Optimierungspunkt 13 widmet sich einer umfassenden Reflexion der Wertschöpfungskette, indem er wirtschaftliche Überlegungen der Nachunternehmer berücksichtigt – im gegebenen Beispiel bei den Estrichdetailterminen.

Für Optimierungspunkt 12 wird dieselbe Lösung wie für Optimierungspunkt 4 in Abs. 5.2.1 vorgeschlagen. Durch die Einplanung eines zeitlichen Puffers für Probetrieb, Mängelbehebung und Übersiedelung können kritische Terminvorgaben (hier Schulbeginn) entschärft werden. Lösungsvorschläge für Optimierungspunkt 10, OP 11 und OP 13 werden im Zuge einer gesamtheitlichen Betrachtung des Bauablaufs in Optimierungsvariante 1 (vgl. Abs. 5.3) und Optimierungsvariante 2 (vgl. Abs. 5.4) gebracht.

5.2.4 Innenausbau Zubau Nord und Süd

Für die Innenausbauphase im Zubau Nord konnten acht Optimierungspunkte identifiziert werden. Für den Innenausbau des Zubaus Süd gelten sie in einer analogen Form. Optimierungspunkt 14 widmet sich der Darstellungsform des Terminplans. Einerseits ist die Darstellungsform des Ausführungsterminplans den Charakteristiken eines Gantt-Diagramms geschuldet, andererseits ist die zeilenmäßige Reihenfolge der Vorgänge nicht immer mit dem Bauablauf kongruent. Optimierungspunkt 15 hinterfragt potenziell nötige Vorleistungen für Tätigkeiten, die als solche nicht aus den Unterlagen hervorgehen. Optimierungspunkt 16 und OP 17 zeigen Unterschiede in den Abhängigkeiten von Startzeitpunkten und Ende-Anfang-Beziehungen. Diese bewirken, dass zwar in jedem Geschoss dieselben Tätigkeiten ausgeführt werden, allerdings keine der Etagen den *de facto* selben Zeitplan aufweisen. In weiterer Folge führen die Umstände von Optimierungspunkt 16 und OP 17 unweigerlich zu Optimierungspunkt 18, OP 20 und OP 21. Der Ausführungsterminplan gibt vor, dass gewisse Tätigkeiten überlappend, in drei Geschossen gleichzeitig und ohne Leistungseinbußen erfolgen sollen (OP 18). Nicht nur die Durchlaufzeiten in den Etagen unterscheiden sich (OP 20), es verändert sich auch der prozentuelle Anteil der wertschöpfenden Tätigkeiten an der Durchlaufzeit (OP 21). Optimierungspunkt 19 prüft den Konnex zwischen Vorgängen. Die Lösungen für Optimierungspunkt 16, OP 17, OP 18, OP 20 und OP 21 ist ein wesentlicher Teil der Optimierung nach dem Last Planner® Systems und der Taktplanung. Als Optimierungsvorschlag aller oben angeführten Optimierungspunkte im Ganzen wird auf Abs. 5.3 verwiesen.

5.3 Optimierungsvariante 1

Anders als die oben vorgestellten Optimierungsvorschläge tragen die Maßnahmen der Optimierungsvarianten nicht zur Verbesserung eines einzigen Optimierungspunktes bei, sondern zeichnen sich durch einen ganzheitlichen Ansatz aus. Am Anfang steht Optimierungsvariante 1, die ein besonderes Augenmerk auf den Innenausbau der Zubauten legt. Die Tätigkeiten des Ausbaus stellen in weiterer Folge die Grundlage für die Gesamtbetrachtung der Bauarbeiten (Optimierungsvariante 2) dar. Ausbaurbeiten erfordern Vorleistungen aus dem Rohbau – analog

zum Last Planner[®] System, bei dem die letzten Gewerke eines Gewerkezugs Vorleistungen der vorigen Gewerke benötigen. Verbesserungen, wie sie in diesem Abschnitt erläutert werden, sind Inhalt mehrerer Workshops mit dem Baustellenteam inklusive aller Partnerunternehmen. Die Aufgabe von Lean Managern besteht darin, dem Team die theoretischen Grundlagen näherzubringen und es durch die Workshops zu leiten. Durch gezielte Fragen kommen vom Team selbst Lösungsvorschläge, die diskutiert werden, bis die optimale Lösung gefunden ist. Es ist sehr wichtig, dass alle operativen Projektbeteiligten den gemeinsamen Fahrplan absegnen und dieser nicht vom Management hierarchisch vorgegeben wird. Eine gemeinsame Verpflichtungserklärung (*Commitment*) ebnet den Weg zum Projekterfolg (vgl. Abs. 3.1).

Optimierungsvariante 1 bedient sich primär der Lean Construction Methoden des Last Planner[®] Systems, der Taktplanung und -steuerung sowie des Werkzeugs der Nivellierung. Dabei wird schrittweise entsprechend Abs. 3.4 vorgegangen. In den fertiggestellten Taktplan der Regelbereiche werden anschließend die übrigen Sonderbereiche und sonstige Tätigkeiten eingetragen. Die Endversion des Plans muss alle Bauleistungen des Innenausbaus enthalten, um das Projekt tatsächlich realisieren zu können.

5.3.1 Schritt 1: Festlegen von Funktionsbereichen und deren Priorität

In den folgenden Abbildungen (Abb. 5.1 bis Abb. 5.4) werden sämtliche Funktionsbereiche des Gebäudes geschossweise identifiziert und markiert. Eine Priorisierung der Bereiche erfolgt gemeinsam mit der Auftraggeberin im Anschluss. Im Idealfall sind die Wünsche der Nutzerin bereits berücksichtigt. Für das vorliegende Schulprojekt wird angenommen, dass jene Bereiche, die primär dem Unterricht dienen, die höchste Priorität (blau) genießen. Während die niedriger priorisierten Flächen fertiggestellt werden, können die Klassenräume bereits eingerichtet und mit elektronischer Technik (Beamer, Whiteboard etc.) ausgestattet werden. Anschließend folgen die Nassgruppen und Verkehrsflächen mit zweiter (grau) und dritter Priorität (orange). Räume, die für Sportzwecke, Veranstaltungen und von der Schulverwaltung genutzt werden, spielen eine eher untergeordnete Rolle. Sie haben vierte (gelb) und fünfte Priorität (grün). Die Farbwahl der Prioritätsbereiche steht in keinem Zusammenhang zu einer bereits gewählten Farbe.

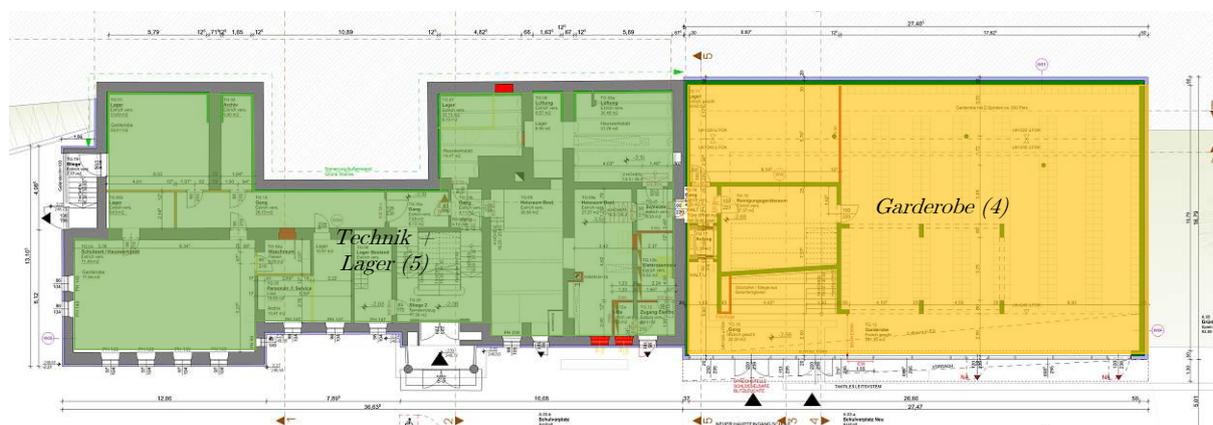


Abb. 5.1: Funktionsbereiche und Prioritäten im Untergeschoss

Abb. 5.1 zeigt das Untergeschoss mit seinen zwei Funktionsbereichen *Technik + Lager* und den Garderobenbereich. Das Erdgeschoss in Abb. 5.2 beinhaltet sechs Funktionsbereiche, zwei Klassenräume, die Räumlichkeiten für die Schulleitung im Osten des Gebäudes und mehrere Räumlichkeiten für das Lehrpersonal im Süden und Westen. Hinzu kommen die zwei Nassgruppen sowie ein großer Gang- beziehungsweise Eingangsbereich. Der Speisesaal wird zum Eingangsbereich zugerechnet. An dieser Stelle sei nochmals darauf hingewiesen, dass sich die nördlichen Gebäudeteile lagebedingt am unteren Planrand befinden, während die östlichen in der linken Planhälfte dargestellt sind.



Abb. 5.2: Funktionsbereiche und Prioritäten im Erdgeschoss

Wie in Abb. 5.3 ersichtlich, sind im ersten Obergeschoss die jeweiligen Klassenräume über umlaufende Gänge verbunden. Im Bereich des südlichen Zubaus befinden sich der Mehrzwecksaal und ein kleiner Turnsaal mit ihren zugehörigen Räumlichkeiten. Die Nassgruppe im nördlichen Zubau befindet sich in jedem Geschoss jeweils in demselben Bereich. Die Nassgruppen im Zubau Süd sind im ersten Obergeschoss dem Turnsaal zugeordnet.

Die räumliche Aufteilung der zweiten Etage ist jener im ersten Obergeschoss sehr ähnlich (vgl. Abb. 5.4). Neben dem südlichen Zubau befindet sich der große Turnsaal. Im dritten Obergeschoss verringert sich die Nettogeschossfläche. Ein Bereich nahe dem südlichen Zubau in Abb. 5.4 ist bereits Dachboden und wird für die Identifikation der Funktionsbereiche nicht mehr berücksichtigt. Gleich verhält es sich mit dem nördlichen Dachboden neben der Bibliothek. Die restlichen Funktionsflächen entsprechen Klassenräumen für Unterrichtszwecke und Verkehrsflächen.



Abb. 5.3: Funktionsbereiche und Prioritäten im ersten Obergeschoss

Im vierten Obergeschoss befinden sich lediglich ein kleines Stiegenhaus und ein großer Dachbodenbereich. Das Flachdach des nördlichen und südlichen Zubaus ist bereits dargestellt. Für die Optimierungsvarianten spielen die vierte Etage sowie das Dachgeschoss keine entscheidende Rolle, weshalb sie für die kommenden Annahmen grundsätzlich nicht näher betrachtet werden. Vereinzelt Tätigkeiten, die diese zwei Geschosse betreffen, werden gesondert ausgewiesen. Im nachfolgenden Abschnitt werden nun die Funktionsbereiche auf ihre Wiederholbarkeit überprüft und Standardraumeinheiten definiert.

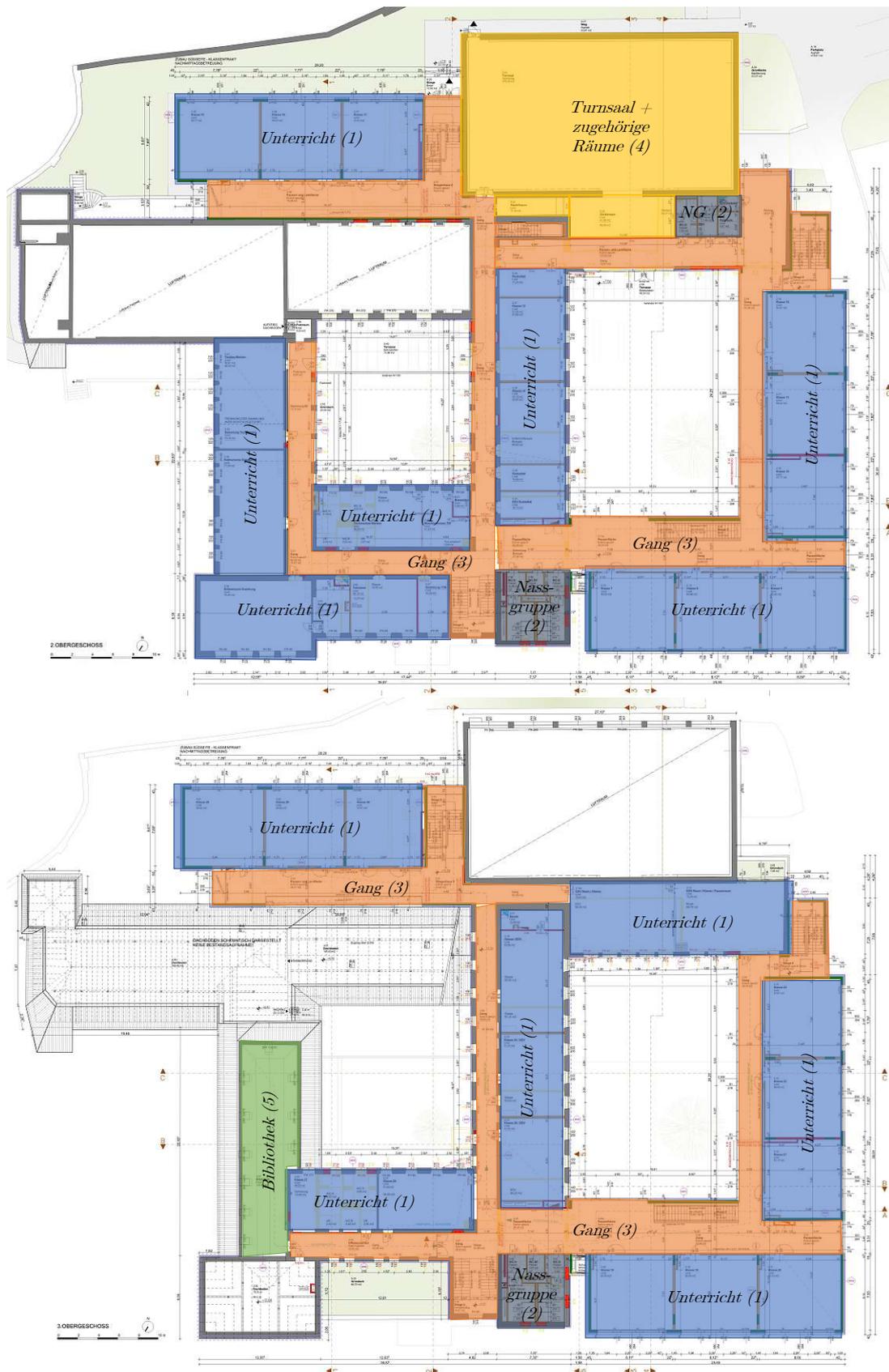


Abb. 5.4: Funktionsbereiche und Prioritäten im zweiten (oben) und dritten Obergeschoss (unten)

5.3.2 Schritt 2: Definition von Standardraumeinheiten

Bevor Standardraumeinheiten definiert werden können, müssen die ermittelten Funktionsbereiche auf ihre Wiederholbarkeit und Größe hin bewertet werden. Standardraumeinheiten einer Art sollten idealerweise flächenmäßig ident sein und in allen Geschossen in denselben Bereichen liegen.

Bei der Ermittlung der Funktionsflächen ist aufgefallen, dass in den Zubauten jeweils drei Unterrichtsräume pro Geschoss zusammengefasst worden sind, die alle eine Größe von knapp 60 Quadratmetern pro Klassenzimmer aufweisen. Zudem verlaufen die Gangbereiche, in den Obergeschossen gleichbleibend. Ebenso sind die Nassgruppen im Zubau Nord in allen Geschossen ident. Darüber hinaus haben die restlichen Klassenzimmer, die nur renoviert werden, ein ähnliches Größenverhältnis. Flächen, die große Ähnlichkeiten aufweisen, werden als Taktbereiche bezeichnet. Erfüllen Räume diese Anforderungen nicht, stellen sie Sonderbereiche dar.

Unter den obigen Gesichtspunkten werden in den folgenden Grafiken (Abb. 5.5 bis Abb. 5.8) Takt- und Sonderbereiche deklariert und Standardraumeinheiten definiert. Bei der Bezeichnung der Takt- beziehungsweise Sonderbereiche bedient man sich folgender Notation: die erste Ziffer gibt das Geschoss an, die zweite nummeriert den Bereich. Kommt ein Taktbereich in mehreren Geschossen vor, wird er immer mit derselben Ziffer beschriftet. Die Nummerierung der Taktbereiche baut im Idealfall auf dem Regelgeschoss (hier zweites Obergeschoss) auf. Daher kann es vorkommen, dass keine fortlaufende Nummerierung in den unteren Geschossen gegeben ist. Im Anschluss an die Grafiken bietet Tab. 5.1 eine Übersicht aller Takt- und Sonderbereiche, deren Prioritäten, die Zuteilung zu Standardraumeinheiten sowie deren Lage und die im Bereich enthaltenen Räume gemäß Planbezeichnung.

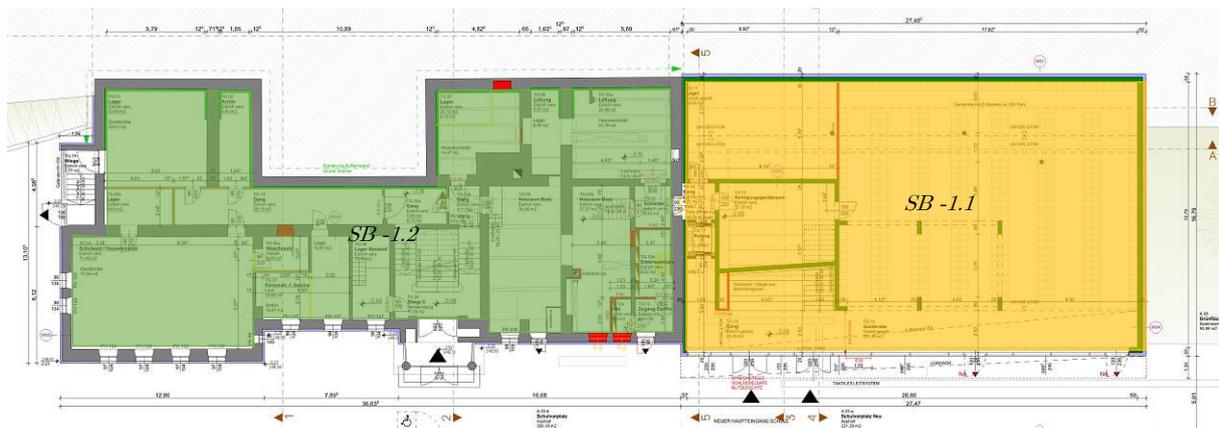


Abb. 5.5: Taktbereiche im Untergeschoss

Wie in Abb. 5.5 ersichtlich, sind im Untergeschoss beide Funktionsbereiche gleichzeitig auch Sonderbereiche, da sie im gesamten Gebäude nur einmal vorkommen. Taktbereiche sind im Erdgeschoss (Abb. 5.6) ausschließlich die zwei Unterrichtsräume (TB 0.8) und die Nassgruppe (TB 0.9). Sie werden nicht chronologisch nummeriert, da sie der Notation der Obergeschosse folgen. Die Gangflächen stellen Sonderbereiche dar. Die Bezeichnung beider Teilflächen, die zu einer Art von Funktionsfläche gehören, wird durch einen Buchstaben erweitert. Die gleiche Vorgehensweise

wird auch im Küchen- beziehungsweise Speisesaalsektor angewendet. Die Räumlichkeiten für Schulleitung und Lehrpersonal sind Sonderbereiche.



Abb. 5.6: Taktbereiche im Erdgeschoss

Im ersten Obergeschoss (Abb. 5.7) kann man bereits erste Regelmäßigkeiten erkennen. Die Unterrichtsräume stellen jeweils einen Taktbereich dar, und auch die Gangflächen können in gleichmäßige Abschnitte unterteilt werden. Die Trennung erfolgt mit einer dunkelgrauen Linie. Analog zum Erdgeschoss werden die zugehörigen Räume des Mehrzweck- und Turnsaals als eigenständige (Sonder-)Bereiche erfasst und ausgewiesen.

Die Regelmäßigkeiten sind nun im zweiten Obergeschoss (Abb. 5.8) deutlicher erkennbar. Die Klassenzimmer sind immer an denselben Orten positioniert, verbunden werden sie über die gleichen Gangflächen. Jedem Gangbereich ist ein Stiegenhaus zugeteilt. Kleinere Stiegenhauskerne werden durch eine größere Gangfläche kompensiert, weshalb rein optisch die Teilbereiche unterschiedlich groß wirken.

In der dritten Etage bestätigt sich das Bereichsmuster (vgl. Abb. 5.8 unten). Es wiederholen sich die Unterrichtsräume und die Nassgruppe. Die Gangflächen haben sich zu den anderen Geschossen leicht verändert. Die Grenzen werden aufgrund der geringeren Nettogeschossfläche leicht angepasst, dennoch sind sie flächenmäßig annähernd vollständig vergleichbar. Die Bibliothek wird als Sonderbereich geführt.

Die nachstehende Tabelle (Tab. 5.1) zeigt eine Übersicht aller Takt- und Sonderbereiche sowie die Zuteilung zu den vier Standardraumeinheiten. Im Zuge der Definition von Takt- und



Abb. 5.7: Taktbereiche im ersten Obergeschoss

Sonderbereichen wurde die erste Standardraumeinheit *SRE 1* den neu zu errichtenden Klassenräumen in den Zubauten zugewiesen. Eine Einheit enthält drei Klassenzimmer und umfasst etwa 180 Quadratmeter. In den Obergeschossen können jeweils drei Standardraumeinheiten ausgemacht werden – zwei im nördlichen Zubau und eine im Zubau Süd. Aus dem Ausführungsterminplan geht hervor, dass die zu erbringende Bauleistung im Innenausbau, sowohl im Zubau Nord als auch im Zubau Süd, nur marginale Unterschiede bezüglich der Tätigkeiten aufweisen. Das ist ein weiterer Grund, weshalb die Bereiche als Standardraumeinheit gesehen werden dürfen.

Standardraumeinheit *SRE 2* beschreibt die Klassenzimmer im Bestandsumbau. Eine Einheit beinhaltet drei Klassenzimmer oder zwei Sonderunterrichtsräume, wie etwa Biologie-, Werk- oder Musikräume. Höhere Mehraufwände durch höhere Qualitätsanforderungen, zum Beispiel beim Bodenbelag (Chemie) oder bei haustechnischen Leitungen (EDV), werden flächenmäßig auszugleichen versucht. Es wird angenommen, dass die Bautätigkeiten in sämtlichen Klassenzimmern des Bestandsumbaus gleichartig sind.

Die Nassgruppe im nördlichen Zubau ist mit der dritten Standardraumeinheit *SRE 3* gleichzusetzen. Sie weist keine Besonderheiten auf. Wie bereits in Abs. 3.4 erwähnt, stellen Gangflächen in gewisser Weise immer Sonderbereiche dar. Gleichmaßen wurden sie im Schulprojekt als Sonderbereiche deklariert. Es wird angenommen, dass der Bauablauf dennoch für sämtliche

Gangflächen gleich aufgebaut ist, weshalb für sie die Standardraumeinheit *SRE 4* definiert wird. Sie beschreibt vielmehr die zu erbringenden Tätigkeiten und deren Reihenfolge, als flächenmäßige Gesichtspunkte. In den nachfolgenden Abschnitten wird nun ausschließlich auf die Standardraumeinheiten *SRE 1*, *SRE 3* und *SRE 4* Bedacht genommen, da nur die Ausbaumaßnahmen für die Zubauten behandelt werden. Den Roh- und Bestandsumbau beinhaltet Optimierungsvariante 02.

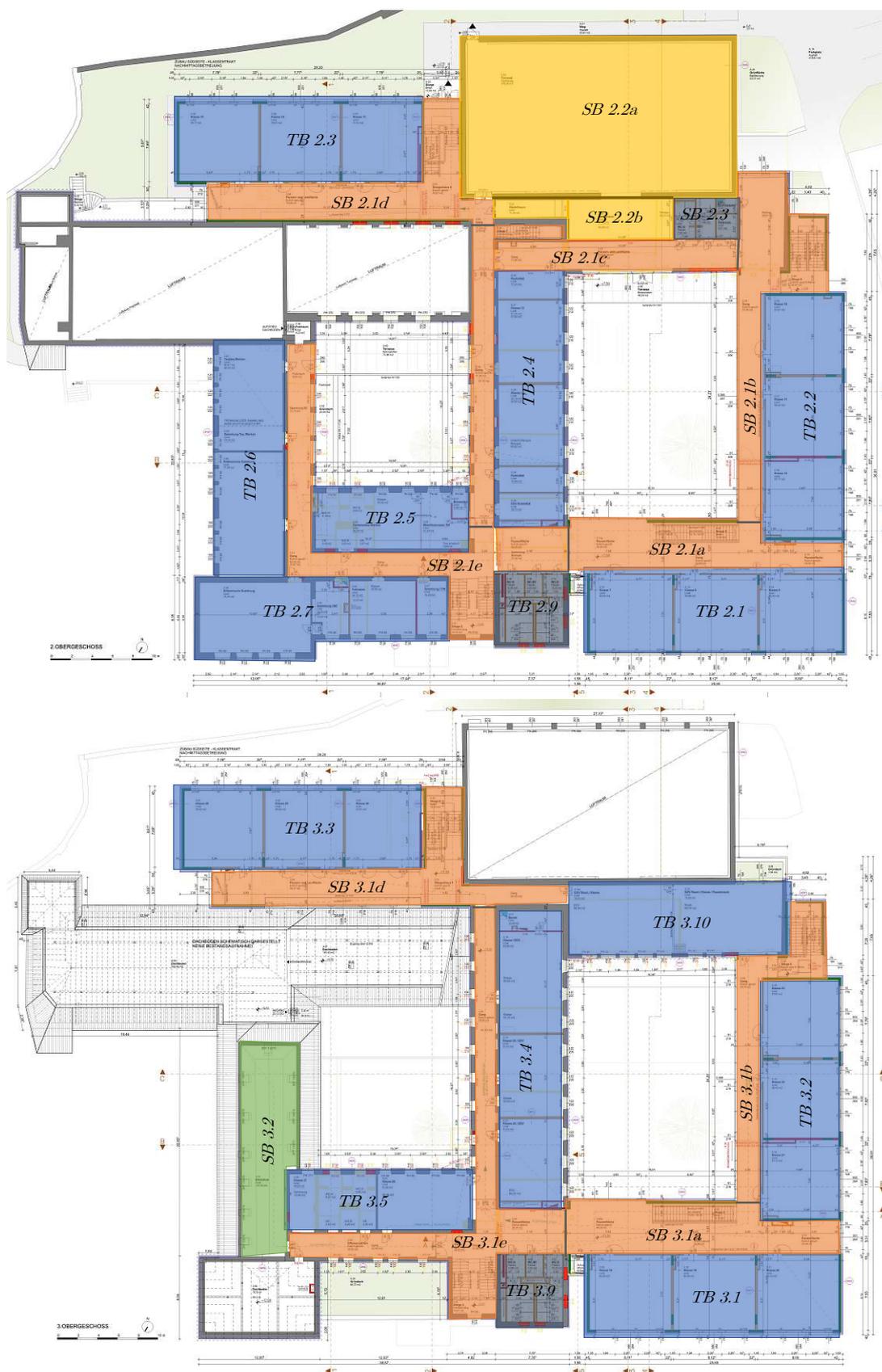


Abb. 5.8: Taktbereiche im zweiten (oben) und dritten Obergeschoss (unten)

Taktbereich	Geschoss	Bereichsart	Priorität	SRE	Räume
SB -1.1	1. UG	Sonderbereich	gelb (4)	x	Garderobe, Gang, Reinigungsgeräteaum, Lager
SB -1.2	1. UG	Sonderbereich	grün (5)	x	Lager, Hauswerkstatt, Schulwart, Lüftung, Archiv, Gang, Stiege 2
SB 0.1a	EG	Sonderbereich	orange (3)	x	Aufenthaltszone, Stiege 2
SB 0.1b	EG	Sonderbereich	orange (3)	x	Stiege 6
SB 0.2	EG	Sonderbereich	grün (5)	x	Direktion, Administration, Sekretariat, Schulmedizin
SB 0.3	EG	Sonderbereich	grün (5)	x	Schülervertretung, Garderobe Lehrer
SB 0.4	EG	Sonderbereich	grün (5)	x	Aufenthalt Lehrer, Sprechzimmer
SB 0.5	EG	Sonderbereich	grün (5)	x	Aufenthalt Lehrer, Garderobe Lehrer
SB 0.6a	EG	Sonderbereich	gelb (4)	x	Speiseraum, Eingangsbereich
SB 0.6b	EG	Sonderbereich	gelb (4)	x	Küche, Abstellraum, Schulwart
SB 0.7	EG	Sonderbereich	grau (2)	x	Nassgruppe
TB 0.8	EG	Regelbereich	blau (1)	SRE 2	Musik
TB 0.9	EG	Regelbereich	grau (2)	SRE 3	Nassgruppe
TB 1.1	1. OG	Regelbereich	blau (1)	SRE 1	Klasse 1, Klasse 2, Klasse 3
TB 1.2	1. OG	Regelbereich	blau (1)	SRE 1	Klasse 4, Klasse 5, Klasse 6
TB 1.4	1. OG	Regelbereich	blau (1)	SRE 2	Biologie, Biologiesammlung, Kustodiat
TB 1.5	1. OG	Regelbereich	blau (1)	SRE 2	Biologie
TB 1.6	1. OG	Regelbereich	blau (1)	SRE 2	Physik, Physiksammlung
TB 1.7	1. OG	Regelbereich	blau (1)	SRE 2	Chemie, Lehrer Chemie, Chemiesammlung
TB 1.9	1. OG	Regelbereich	grau (2)	SRE 3	Nassgruppe
SB 1.1a	1. OG	Sonderbereich	orange (3)	SRE 4	Gang, Stiege 5
SB 1.1b	1. OG	Sonderbereich	orange (3)	SRE 4	Gang, Stiege 6
SB 1.1c	1. OG	Sonderbereich	orange (3)	SRE 4	Gang
SB 1.1d	1. OG	Sonderbereich	orange (3)	SRE 4	Gang
SB 1.1e	1. OG	Sonderbereich	orange (3)	SRE 4	Gang, Stiege 3
SB 1.2a	1. OG	Sonderbereich	gelb (4)	x	Turnsaal
SB 1.2b	1. OG	Sonderbereich	gelb (4)	x	Garderoben
SB 1.2c	1. OG	Sonderbereich	gelb (4)	x	Garderoben
SB 1.2d	1. OG	Sonderbereich	grau (2)	x	Nassgruppen
SB 1.3a	1. OG	Sonderbereich	grün (5)	x	Mehrzwecksaal
SB 1.3b	1. OG	Sonderbereich	grün (5)	x	Abstellraum, Hasutechnik
SB 1.3c	1. OG	Sonderbereich	grau (2)	x	Nassgruppen
TB 2.1	2. OG	Regelbereich	blau (1)	SRE 1	Klasse 7, Klasse 8, Klasse 9
TB 2.2	2. OG	Regelbereich	blau (1)	SRE 1	Klasse 10, Klasse 11, Klasse 12
TB 2.3	2. OG	Regelbereich	blau (1)	SRE 1	Klasse 15, Klasse 16, Klasse 17
TB 2.4	2. OG	Regelbereich	blau (1)	SRE 2	Klasse 13, Klasse 14, Kustodiat
TB 2.5	2. OG	Regelbereich	blau (1)	SRE 2	Technisches Werken, Maschinenraum TW
TB 2.6	2. OG	Regelbereich	blau (1)	SRE 2	Textiles Werken, Bildnerische Erziehung
TB 2.7	2. OG	Regelbereich	blau (1)	SRE 2	Bildnerische Erziehung, Sammlung BE, Fotolabor BE, Sammlung TW
TB 2.9	2. OG	Regelbereich	grau (2)	SRE 3	Nassgruppe
SB 2.1a	2. OG	Sonderbereich	orange (3)	SRE 4	Gang, Stiege 5
SB 2.1b	2. OG	Sonderbereich	orange (3)	SRE 4	Gang, Stiege 6
SB 2.1c	2. OG	Sonderbereich	orange (3)	SRE 4	Gang, Stiege 7
SB 2.1d	2. OG	Sonderbereich	orange (3)	SRE 4	Gang, Stiege 8
SB 2.1e	2. OG	Sonderbereich	orange (3)	SRE 4	Gang, Stiege 3
SB 2.2a	2. OG	Sonderbereich	gelb (4)	x	Turnsaal
SB 2.2b	2. OG	Sonderbereich	gelb (4)	x	Geräteaum, Abstellraum
SB 2.3	2. OG	Regelbereich	grau (2)	x	Nassgruppe
TB 3.1	3. OG	Regelbereich	blau (1)	SRE 1	Klasse 18, Klasse 19, Klasse 20
TB 3.2	3. OG	Regelbereich	blau (1)	SRE 1	Klasse 21, Klasse 22, Klasse 23
TB 3.3	3. OG	Regelbereich	blau (1)	SRE 1	Klasse 28, Klasse 29, Klasse 30
TB 3.4	3. OG	Regelbereich	blau (1)	SRE 2	EDV, Klasse 24, Klasse 25
TB 3.5	3. OG	Regelbereich	blau (1)	SRE 2	Klasse 26, Klasse 27
TB 3.9	3. OG	Regelbereich	grau (2)	SRE 3	Nassgruppe
TB 3.10	3. OG	Regelbereich	blau (1)	SRE 2	EDV Raum, EDV Raum
SB 3.1a	3. OG	Sonderbereich	orange (3)	SRE 4	Gang, Stiege 5
SB 3.1b	3. OG	Sonderbereich	orange (3)	SRE 4	Gang, Stiege 6
SB 3.1d	3. OG	Sonderbereich	orange (3)	SRE 4	Gang, Stiege 8
SB 3.1e	3. OG	Sonderbereich	orange (3)	SRE 4	Gang, Stiege 3
SB 3.2	3. OG	Sonderbereich	grün (5)	x	Bibliothek

Tab. 5.1: Übersicht aller Takt- und Sonderbereiche

5.3.3 Schritt 3: Identifikation der Arbeitsschritte

Die erforderlichen Arbeitsschritte für den Innenausbau können dem Ausführungsterminplan entnommen werden. Dabei wird in allgemeine Tätigkeiten und in Tätigkeiten unterschieden, die speziell den Obergeschossen, konkreter den Klassenzimmern, zugeordnet werden können. Nachstehende Auflistung führt die allgemeinen Bauleistungen im Zuge des Ausbaus an, die nicht näher bestimmten Flächen zugeteilt sind:

- Spengler- und Schwarzdeckerarbeiten
- PV-Anlage am Dach
- Aufstellung der HKLS-Geräte
- Arbeiten im Technikraum
- Beheizung Zubau Nord
- Isolierung und Brandabschottungen
- Abschaltungen
- Herstellung der Türdurchbrüche
- WDVS-Fassade
- Außenanlagen
- Elektroinstallationen
- HKLS-Installationen
- Aufzugseinbau
- Brandschutzportale innen
- diverse Tischlerarbeiten
- Leitsystem
- Schlussreinigung der Fenster und Türen
- Schlussreinigung des Bodens

In Hinblick auf die Optimierung der Baudauer werden einige der angeführten Tätigkeiten unter Schritt 4 (Erstellen von Arbeitspaketen) und Schritt 6 (Nivellierung der Taktzeiten) auf die Geschosse umgelegt und weiter spezifiziert. Zudem werden die Arbeitspakete in eine auf den Bauablauf bezogene Reihenfolge gebracht.

Jene Tätigkeiten, die im Ausführungsterminplan konkret den Geschossen zugeordnet sind, gibt die folgende Auflistung wieder:

- Schüttung
- Trittschalldämmung, Fußbodenheizung
- Estrich Betonage
- Trocknungszeit Estrich
- Brandschutztore
- Geländer- und diverse Schlosserarbeiten
- Spachtelungs- und Malerarbeiten
- Abgehängte Decke
- Fliesenlegearbeiten
- Systemtrennwände
- Bodenlegearbeiten
- Innentüren
- Schließanlage

Die Aufgabe von Lean Managern in Baustellen-Workshops besteht unter anderem darin, Inhalte und die Reihenfolge einzelner Arbeitsschritte näher zu hinterfragen. So sollten die haustechnischen

Installationen zum Beispiel weiter in Rohmontage und Feininstallation untergliedert werden. Außerdem ist es von Vorteil, die Arbeiten auf Technikräume und -schächte sowie auf Klassenräume zu unterteilen. Je detaillierter hier die Arbeitsschritte ausgearbeitet werden, desto eher können mehrere Faktoren bei der Erstellung von Arbeitspaketen und des Gewerkezugs berücksichtigt werden. Das wiederum spiegelt sich in einer höheren Qualität des Taktplanes.

Eine detailliertere Aufgliederung aller Arbeitsschritte würde den Umfang der vorliegenden Diplomarbeit bei Weitem übersteigen. Zudem trägt sie nicht maßgeblich zur Beantwortung der Forschungsfragen bei, weshalb auf sie verzichtet wird.

5.3.4 Schritt 4: Erstellen von Arbeitspaketen

Für die Visualisierung der Arbeitspakete bedient man sich derselben Darstellungsform einer Gesamtprozessanalyse. Den Gewerken wird jeweils eine Farbe zugeteilt, die Arbeitsschritte werden in eine erste Reihenfolge gebracht. Anhand derer kann iterativ die optimale Reihenfolge diskutiert und durchgespielt werden. Eine Farblegende befindet sich im Anhang auf Seite 167.

Eine bei sehr vielen Projekten auftretende Frage lautet: *Verlegt man den Parkettboden vor oder nach dem zweiten Anstrich der Malerei?* Wird die Malerei zuerst fertiggestellt, ist die Gefahr groß, dass durch das Zuschneiden der Holzleisten die Wände verschmutzt werden. Ausbesserungen und Mängelbehebungen sind die Folge. Wird der Parkett allerdings vor dem zweiten Anstrich verlegt, muss er sorgfältig abgedeckt werden, das Bewegen mit Leitern wird erschwert. Die Beantwortung dieser und ähnlich wenig relevant wirkender, „kleiner“ Interessenskonflikte hat auf die Beschleunigung des Bauablaufs einen erheblichen Einfluss. Daher ist es umso wichtiger, solche Probleme immer im gesamten Baustellenteam gemeinsam und ganzheitlich zu lösen.

In Abb. 5.9 sind nun die Arbeitspakete für die Standardraumeinheit *Klassenzimmer Neubau* (SRE 1) in einer vorerst zufriedenstellenden Reihenfolge abgebildet. Auf nötige Änderungen wird in späteren Schritten eingegangen. Aus Platzgründen erfolgt die Darstellung in zwei Zeilen.



Abb. 5.9: Arbeitsschritte für die Standardraumeinheit *Klassenzimmer Neubau* (SRE 1)

Die Betonage der Schüttung ist dem Arbeitspaket *Estrich 1* zugeordnet. Darunter fallen auch alle im Ausführungsterminplan angeführten weiteren Nebenarbeiten, wie Abschaltungen, Isolierungen, Brandabschottungen und die Zwischenreinigung. Die Arbeitspakete *HKLS 1* und *Elektro 1* beinhalten sämtliche Rohinstallationen und die Verlegung der Trittschalldämmung inklusive der Fußbodenheizung. Anschließend folgt das Arbeitspaket *Estrich 2* mit der Betonage

des Estrichs und seiner Trocknungszeit bis zur Belagsreife. Bevor die Arbeiten an der abgehängten Decke (Arbeitspaket *Decke*) starten, erfolgen die Spachtelungs- und Malerarbeiten mit Arbeitspaket *Malerei*. Nach der Montage der abgehängten Decke folgt das Arbeitspaket *Fliesen*. Hier wird davon ausgegangen, dass in den Klassenräumen im Bereich des Waschbeckens Boden- und Wandfliesen verlegt werden. Gefolgt vom Arbeitspaket *Systemtrennwände* werden zuvor noch die Elektroinstallationen (Arbeitspaket *Elektro 2*) komplettiert. Nach der Montage der Brandschutztüren (Arbeitspaket *Brandschutztüren*) und dem Einbau der Zargen erfolgt der Bodenbelag (Arbeitspaket *Boden*) in den Unterrichtsräumen. Gefolgt von den Arbeitspaketen *Türen* und *Schließanlage* können die Klassen verschlossen werden. Das bietet Gelegenheit für die Komplettierung der Sanitärkeramik und der Armaturen (Arbeitspaket *HKLS 2*) und Schutz vor Diebstahl. Im Arbeitspaket *Leitsystem* werden alle visuellen Applikationen angebracht. Zuletzt erfolgt die Reinigung der Fenster und Türen (Arbeitspaket *Reinigung 1*) sowie des Bodens (Arbeitspaket *Reinigung 2*).

5.3.5 Schritt 5: Definition von Taktbereich und Taktzeit

Für den folgenden Schritt ist es essentiell, die Definition und Bedeutung von Takt zu kennen. Im Zusammenhang mit der Taktplanung beschreibt Takt jene Zeitspanne, die vom Beginn einer Tätigkeit im ersten Taktbereich bis zum Beginn derselben Tätigkeit im nächsten Taktbereich reicht. Werden Arbeitsschritte öfters wiederholt und folgen die Tätigkeiten einem Taktschema, stellt sich ein Einarbeitungseffekt ein. Laut Kropik [39] wird bereits nach zwei bis fünf Wiederholungen die volle Produktivität erreicht.

Betrachtet man den Ausführungsterminplan genauer (Zeilen 144 – 258 und Zeilen 278 – 351), erkennt man, dass die meisten Tätigkeitsdauern eine halbe Woche, fünf Tage oder eine Vielzahl davon betragen. Es scheint plausibel, einen Halbwochen- oder Wochentakt als Taktzeit zu wählen. Im Zuge eines Baustellen-Workshops sind die geschätzten Zeitspannen vom Baustellenteam zu erfragen. Für die Wahl des Taktbereiches liegt nahe, drei Standardraumeinheiten zusammenzufassen. Somit werden für den Innenausbau der Zubauten drei Taktbereiche pro Geschoss benötigt – diese sind bereits in den Abbildungen Abb. 5.7 bis Abb. 5.8 als Taktbereiche *TB x.1* bis *TB x.3* gekennzeichnet.

Unter Schritt 5 fällt auch die Überlegung, in welcher Reihenfolge die Taktbereiche vom späteren Gewerkezug „durchfahren“ werden. Es gibt mehrere Möglichkeiten:

1. *Geschossweise Durchfahrt mit einem Gewerkezug*: Ein Gewerkezug fährt durch alle Taktbereiche eines Geschosses und springt dann in das nächste Geschoss. Diese Variante ist für viele Projekte die standardmäßig und ausreichend.
2. *Geschossweise Durchfahrt mit mehreren Gewerkezügen*: Ein Gewerkezug fährt durch alle Taktbereiche eines Geschosses und springt dann in ein anderes Geschoss, während ein zweiter Gewerkezug (oder mehrere) die dazwischen liegenden Etagen bedienen. Diese Möglichkeit findet häufig bei Hochhäusern oder bei Projekten Anwendung, bei denen hoher Zeitdruck besteht. Diese Version ist sehr personalintensiv.

3. *Strangweise Durchfahrt mit einem Gewerkezug:* Ein Gewerkezug fährt durch einen Taktbereich jeder Etage, bevor er durch den nächsten Taktbereich fährt. Diese Option ist vor allem bei eigenständigen Bauteilen sinnvoll, die eigens in Betrieb genommen werden. Meistens ist auch die Haustechnik bauteilbezogen in sich abgeschlossen.
4. *Strangweise Durchfahrt mit mehreren Gewerkezügen:* Mehrere Gewerkezüge durchfahren unabhängig je einen Taktbereich in allen Geschossen. Bei dieser Möglichkeit wird das System der dritten Variante erweitert, sollten es die Projektbedingungen erfordern.

Es ist des Weiteren die Baurichtung zu definieren. Werden die Taktbereiche im oder gegen den Uhrzeigersinn befahren? Wird von unten nach oben gebaut oder umgekehrt? Für das vorliegende Schulprojekt wird ein Gewerkezug gewählt, der gegen den Uhrzeigersinn die Taktbereiche – beginnend bei *TB 1.1* in der ersten Etage – geschossweise abfährt. Der Taktbereich *TB 3.3* ist der letzte Abschnitt. In diesem Zusammenhang wird davon ausgegangen, dass auch der Rohbau, im Erdgeschoss beginnend, errichtet wird – folgt die Richtung der Innenausbauarbeiten jener des Rohbaus, können zeitliche Abhängigkeiten, wie Ausschulfristen, sich zunutze gemacht werden. Näheres dazu folgt in Optimierungsvariante 2 in Abs. 5.4.

5.3.6 Schritt 6: Nivellierung der Taktzeiten

Zu Beginn werden nun die geschätzte Dauer der einzelnen Arbeitspakete in einer Tabelle zusammengefasst (vgl. Tab. 5.2), sie sind dem Ausführungsterminplan entnommen. Für die Dauer der haustechnischen Installationen wird die Gesamtdauer durch die relevanten Geschosse (hier Untergeschoss bis drittes Obergeschoss) dividiert. Als Beispiel dienen die Elektroarbeiten. Für den Zubau Nord sind gemäß Ausführungsterminplan 105 Tage angesetzt. Aufgeteilt auf fünf Etagen bedeutet das einen Arbeitsaufwand von 21 Tagen pro Geschoss. Analog wird mit den HKLS-Installationen und der Reinigung vorgegangen. Grafisch ist die Taktzeitverteilung in Abb. 5.10 abgebildet. Aus Gründen der besseren Lesbarkeit findet die Trocknungszeit des Estrichs keine Berücksichtigung.

Tätigkeiten Ausbau	Gesamtdauer pro	Gesamtdauer pro	Gesamtdauer pro	Gesamtdauer pro
	Geschoss Zubau Nord (6x SRE 1)	Geschoss Zubau Süd (3x SRE 1)	Geschoss gesamt (9x SRE 1)	Taktbereich (3x SRE 1)
Schüttung	2 Tage	x	2 Tage	0,7 Tage
Trittschalldämmung / Fußbodenheizung	5 Tage	x	5 Tage	1,7 Tage
Estrich Betonage	3 Tage	x	3 Tage	1,0 Tage
Trocknungszeit Estrich	45 Tage	45 Tage	45 Tage	45,0 Tage
Elektroarbeiten	21 Tage	20 Tage	41 Tage	13,7 Tage
HKLS-Arbeiten	21 Tage	20 Tage	41 Tage	13,7 Tage
Spachtelungsarbeiten, Malerei	10 Tage	10 Tage	20 Tage	6,7 Tage
Abgehängte Decke	12 Tage	10 Tage	22 Tage	7,3 Tage
Fliesenlegearbeiten	10 Tage	5 Tage	15 Tage	5,0 Tage
Systemtrennwände	2 Tage	2 Tage	4 Tage	1,3 Tage
Brandschutztore	3 Tage	3 Tage	6 Tage	2,0 Tage
Einbau Zargen	x	3 Tage	3 Tage	1,0 Tage
Bodenlegearbeiten	10 Tage	8 Tage	18 Tage	6,0 Tage
Innentüren	5 Tage	3 Tage	8 Tage	2,7 Tage
Schließanlage	2 Tage	2 Tage	4 Tage	1,3 Tage
Leitsystem	4 Tage	2 Tage	6 Tage	2,0 Tage
Schlussreinigung Fenster & Türen	3 Tage	4 Tage	7 Tage	2,3 Tage
Schlussreinigung Boden	3 Tage	4 Tage	7 Tage	2,3 Tage

Tab. 5.2: Taktzeiten vor der Nivellierung (tabellarisch)

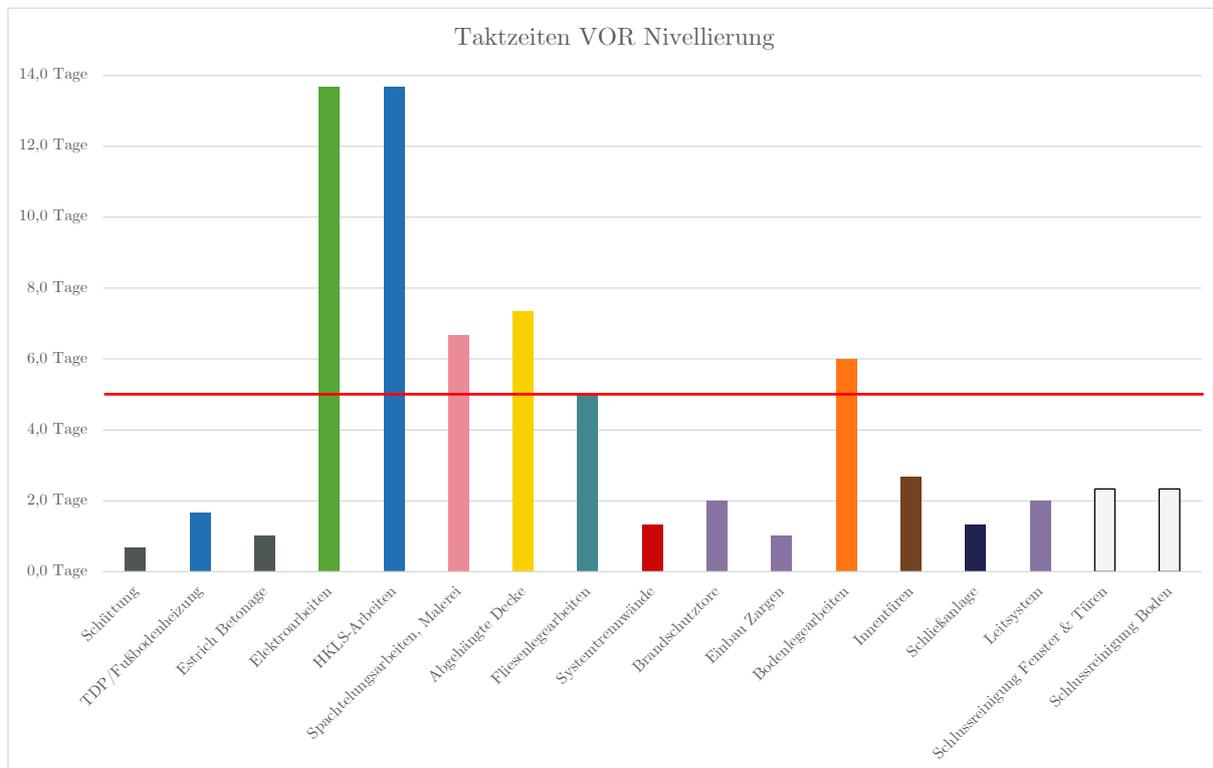


Abb. 5.10: Taktzeiten vor der Nivellierung (grafisch)

Nur die Fliesenlegearbeiten erfüllen die gewählte Taktzeit von fünf Tagen. Alle anderen Tätigkeiten unter- oder überschreiten die Taktvorgabe deutlich. Es werden die nachstehenden Annahmen getroffen, deren Inhalte sich aus dem Baustellen-Workshop ergeben sollten:

1. Da die Betonage der Schüttung, das Verlegen der Trittschalldämmung und der Fußbodenheizung sowie die Betonage des Estrichs bauablauftechnisch und ökonomisch nicht miteinander kombinierbar sind, werden sie im Taktplan gesondert betrachtet.
2. Die Elektro- und HKLS-Installationen werden in drei Arbeitspakete unterteilt.
3. Die jeweils ersten haustechnischen Arbeitspakete á fünf Tage beinhalten die Rohinstallationen.
4. Die jeweils zweiten haustechnischen Arbeitspakete á fünf Tage beinhalten die Feininstallation beziehungsweise die Komplettierung.
5. Die restlichen haustechnischen Leistungen betreffen den Gangbereich und werden nicht in der Standardraumeinheit der Klassenzimmer berücksichtigt. Daher reduziert sich die Gesamtdauer der Haustechnik auf jeweils zehn Tage.
6. Das Bodenlegeunternehmen kann seine Leistung auf fünf Tage pro Taktbereich erhöhen.
7. Die Spachtel- und Malerarbeiten werden in zwei Arbeitspakete aufgeteilt. Personell sind keine Änderungen nötig, da das Unternehmen von Haus aus zwei unterschiedliche Parteien für die betreffenden Arbeiten eingesetzt hätte. Die Trocknungszeit der Spachtelung wird nicht extra berücksichtigt, sondern ist als Puffertag innerhalb des Taktes inkludiert.
8. Die Arbeiten an der abgehängten Decke werden ebenso in zwei Arbeitspakete unterteilt. Zuerst wird die Unterkonstruktion hergestellt, nach Freigabe durch die Haustechnik erfolgt das Schließen der Platten.
9. Die Systemtrennwände können parallel zum Einbau der Zargen und der Brandschutztore errichtet werden. Die anderen Gewerke werden in ihren Tätigkeiten nicht behindert.
10. Ferner können auch die Tätigkeiten bezüglich Innentüren, Schließanlage und Leitsystem problemlos zusammengefasst werden.
11. Die Reinigung des Bodens kann ungehindert direkt an die Reinigung der Fenster und Türen anschließen.

Durch die gesetzten Maßnahmen kann nun nachstehende Taktverteilung erreicht werden. Die Kombination einiger Gewerke beziehungsweise das parallele Arbeiten anderer Gewerke ermöglicht nun allen Arbeitspaketen, die geforderte Taktzeit von fünf Tagen einzuhalten. Die erreichten Taktzeiten einzelner Tätigkeiten sowie ihre angepasste Reihenfolge zeigt Tab. 5.3. Die grafische Auswertung der Taktzeiten demonstriert Abb. 5.11.

Tätigkeiten Ausbau	Gesamtdauer pro Taktbereich (3x SRE 1)
Schüttung	1 Tage
TDP / Fußbodenheizung	2 Tage
Estrich Betonage	1 Tage
Trocknungszeit Estrich	45 Tage
Elektroarbeiten 1	5 Tage
HKLS-Arbeiten 1	5 Tage
Spachtelungsarbeiten	4 Tage
Abgehängte Decke 1	5 Tage
Malerei	3 Tage
Abgehängte Decke 2	2 Tage
Fliesenlegearbeiten	5 Tage
Elektroarbeiten 2	5 Tage
Systemtrennwände	2 Tage
Brandschutztore	2 Tage
Einbau Zargen	1 Tage
Bodenlegearbeiten	5 Tage
Innentüren	3 Tage
Schliekanlage	2 Tage
Leitsystem	2 Tage
HKLS-Arbeiten 2	5 Tage
Schlussreinigung Fenster & Türen	3 Tage
Schlussreinigung Boden	3 Tage

Tab. 5.3: Taktzeiten nach der Nivellierung (tabellarisch)

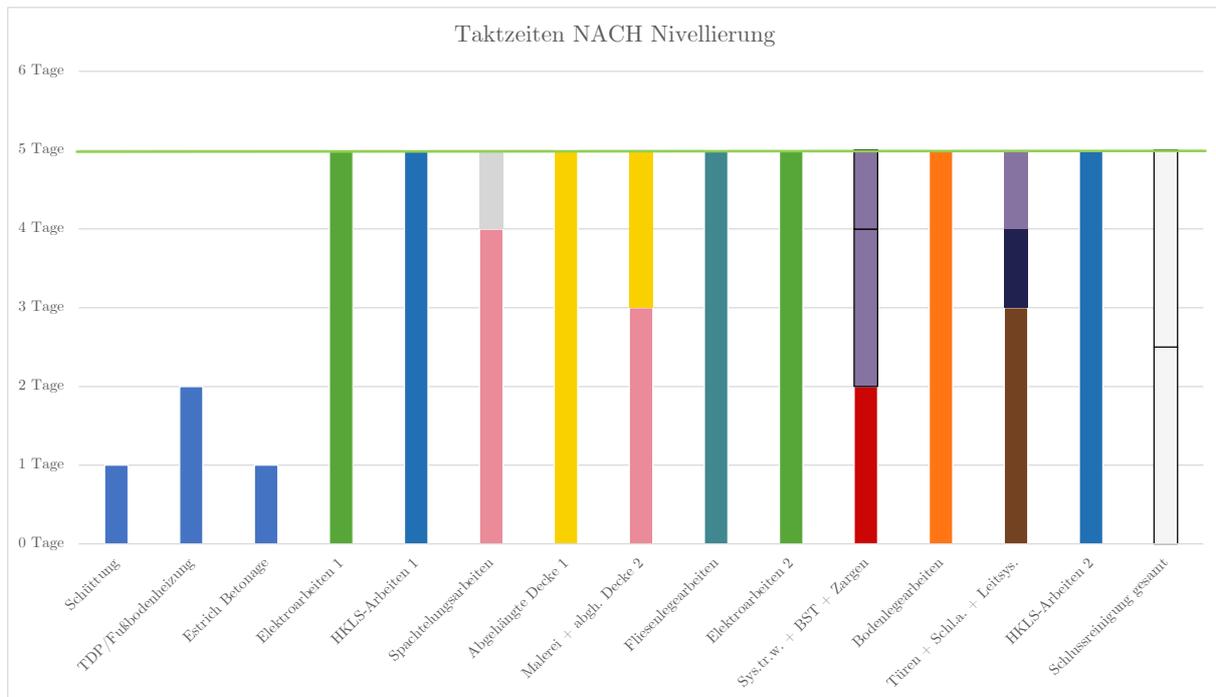


Abb. 5.11: Taktzeiten nach der Nivellierung (grafisch)

5.3.7 Schritt 7: Aufstellen eines Gewerkezugs

Im siebenten Schritt der Taktplanung wird der optimale Gewerkezug (vgl. Abb. 5.12) für das Bauvorhaben erstellt. Dabei orientiert man sich an der Gewerkezusammenfassung und den Taktzeiten nach der Nivellierung. Die Farbgebung der Waggone beruht auf dem maßgebenden Gewerk des jeweiligen Waggons. Im braunen Waggon *Türen* sind beispielsweise die Gewerke *Innentüren*, *Schließanlage* und *Leitsystem* zusammengefasst. Da die Innentüren den größten zeitlichen Aufwand darstellen, werden sie als führendes Gewerk angesehen. Nicht im Gewerkezug dargestellt werden jene Tätigkeiten, die nicht nivelliert werden konnten. Im gegebenen Projekt sind das die Schüttung, die Trittschalldämmung, die Fußbodenheizung und die Betonage des Estrichs.

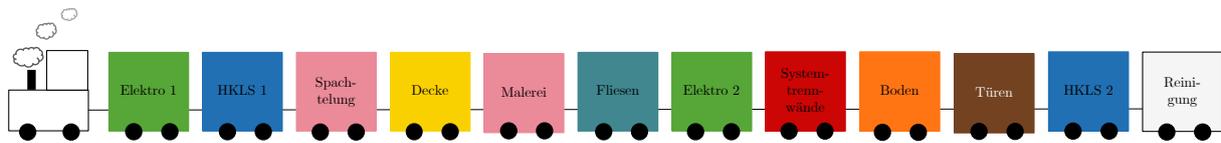


Abb. 5.12: Gewerkezug

Erfahrungsgemäß nehmen die Schritte 1 – 7, abhängig von Projektumfang, Komplexität und Erfahrung der Teilnehmenden, ein bis zwei volle Workshoptage vor Ort in Anspruch. Die Farbreihenfolge des Gewerkezugs findet nun Anwendung im Taktplan.

5.3.8 Schritt 8: Anfertigen des Taktplans

Für die Erstellung des Taktplanes werden zuerst alle Taktbereiche und die nivellierten Tätigkeiten des Gewerkezugs grafisch verarbeitet. Abb. 5.13 stellt den Taktplan zu den Tätigkeiten im Gewerkezug dar. Dazu werden auf der y-Achse die Taktbereiche (TB 1.1 bis TB 3.3) aufgetragen. Auf der x-Achse werden die Arbeitswochen anhand der gewählten Taktzeit unterteilt. Bei einem Wochentakt erfolgt die Darstellung in ganzen Wochen (Woche 1, Woche 2, ...). In Hinblick auf die restlichen einzuarbeitenden Tätigkeiten wird *a priori* eine Halbwochen-Darstellung gewählt (Woche 1.1, Woche 1.2, Woche 2.1, ...). Die Taktzeit von fünf Arbeitstagen bleibt dennoch bestehen. Dies ist zum Beispiel am Sprung der ersten Elektroarbeiten (grün) zwischen den Taktbereichen jeweils zur ersten Halbwoche erkennbar. Die Arbeiten beginnen in Taktbereich 1.1 in Woche 1.1, dauern eine Woche und werden in Woche 2.1 im Taktbereich 1.2 fortgesetzt. Der Taktplan in Abb. 5.13 kann als „taktrein“ bezeichnet werden, da sämtliche Waggone der Taktzeit von fünf Arbeitstagen folgen und keine Störstellen gegeben sind. Es wird zu diesem Zeitpunkt bewusst auf die Angabe konkreter Kalenderwochen verzichtet. Zuerst erfolgt die Einplanung aller Tätigkeiten.

In einem weiteren Arbeitsschritt werden sonstige Tätigkeiten, die die Taktbereiche betreffen, im Taktplan eingepflegt. Dazu zählen die Schüttung, die Trittschalldämmung, die Fußbodenheizung und die Betonage des Estrichs sowie die Mängelbehebung und die Inbetriebnahme. Die Herstellung der Schüttung benötigt laut Ausführungsterminplan einen Arbeitstag pro Taktbereich. Es wird angenommen, dass man sich im Baustellenteam darauf einigt, ein Geschoss pro

Kompromiss für alle Projektbeteiligten zu finden – auch wenn das bedeutet, gezielt Leerläufe in Kauf zu nehmen.

Des Weiteren wurden die Tätigkeiten des Gewerkezugs um die Mängelbehebung (lila; vor Reinigung) und die Inbetriebnahme (blau-grüner Block am Ende) ergänzt. Die Inbetriebnahme betrifft die Gewerke HKLS (blau) und Elektro (grün). Es ist wichtig, alle nötigen Vorleistungen für die Übergabe bereits von Beginn an einzuplanen. Gerade gegen Ende der Bauarbeiten kann das den – bei konventionell geführten Bauvorhaben bekannten – Stress und Fertigstellungsdruck vorbeugen, weil nicht „plötzlich“ Inbetriebnahmekonzepte gefordert oder gar bis direkt zur Übergabe Leistungen fertiggestellt werden.

5.3.9 Schritt 9: Einplanen der Sonderbereiche in den Taktplan

Als letzter Schritt werden die Sonderbereiche und sonstige, nicht direkt zuordenbare Tätigkeiten in den obigen Taktplan eingepflegt und ein Meilenstein- und Phasenplan erstellt. Als Sonderbereiche im Zuge des Neubaus der Zubauten gelten die Gangflächen *SB x.1a*, *SB x.1b* und *SB x.1d*. Zusätzlich wird in diesem Schritt die Nassgruppe *TB x.9* eingeplant. Sie könnte bereits in den obigen Schritten 1 – 8 berücksichtigt werden. Der Übersichtlichkeit wegen, wird sie erst in diesem Abschnitt behandelt. Zudem werden die restlichen, noch offenen Tätigkeiten (vgl. erste Liste in Abs. 5.3.3, S. 111) des Ausführungsterminplans in den Taktplan mit einbezogen.

Beginnend mit den nötigen Arbeitsschritten im Gangbereich, ist in Abb. 5.15 die zugehörige Gesamtprozessanalyse dargestellt. Es finden sich jene haustechnischen Installationsarbeiten wieder, die in Schritt 6 explizit dem Gangbereich zugeordnet wurden. Es wird davon ausgegangen, dass auch auf den Fluren eine Fußbodenheizung unter dem Estrich verlegt wird. Im Arbeitspaket *Malerei* sind auch die Arbeiten in den Stiegenhäusern enthalten. Das Arbeitspaket *Komplettierung* umfasst alle Schlussleistungen sämtlicher Gewerke im Gangbereich. Das sind unter anderem die Montage des Elektroschalterprogramms, das Anbringen von Türschildern oder die Höheneinstellung der Gängtüren. Wie nachstehend ersichtlich, wird die Reihenfolge der Arbeitsschritte zum Vorteil der Projektbeteiligten an den Taktplan der Taktbereiche angepasst.



Abb. 5.15: Arbeitsschritte für den Gangbereich

Abb. 5.16¹¹⁹ zeigt den zugehörigen, ergänzten Taktplan. Im Zuge der Einarbeitung in den vorhandenen Taktplan versucht man, bereits vorhandene Ressourcen ehest vorteilhaft für alle Projektbeteiligten einzusetzen. Es ergibt sich, dass mit den HKLS-Arbeiten im Steigschacht bereits vor dem Verlegen der Fußbodenheizung begonnen wird. So können die Zuleitungen aus den Schächten für die Klassenzimmer umgehend genutzt werden, nachträgliche Arbeiten sind nicht nötig. Nach Absprache mit den jeweiligen Unternehmen können die Schüttung, die

¹¹⁹Die Abbildung ist im Anhang auf S. 191 größer dargestellt.

Trittschalldämmung, die Fußbodenheizung und die Betonage des Estrichs in den Gangbereichen zeitgleich mit den Taktbereichen erfolgen. Falls es nötig wird, darf nach Rücksprache mit der Bauleitung in diesen Wochen samstags gearbeitet werden, um die Zusatzleistung zu erbringen. Zudem besteht aufgrund der Estrichtrocknungszeit indirekt ein gewisser Puffer. Je nach Produkt sind die meisten Estriche bereits nach zwei Tagen begehbar, nach zwei Wochen können Estriche für gewöhnlich punktuell belastet werden. Der Einsatz von Leitern ist wieder möglich. Diesen Umstand macht man sich zunutze, indem man in den letzten zwei Wochen der Estrichtrocknungszeit bereits die Elektroinstallationen in den Steigschächten verlegt.

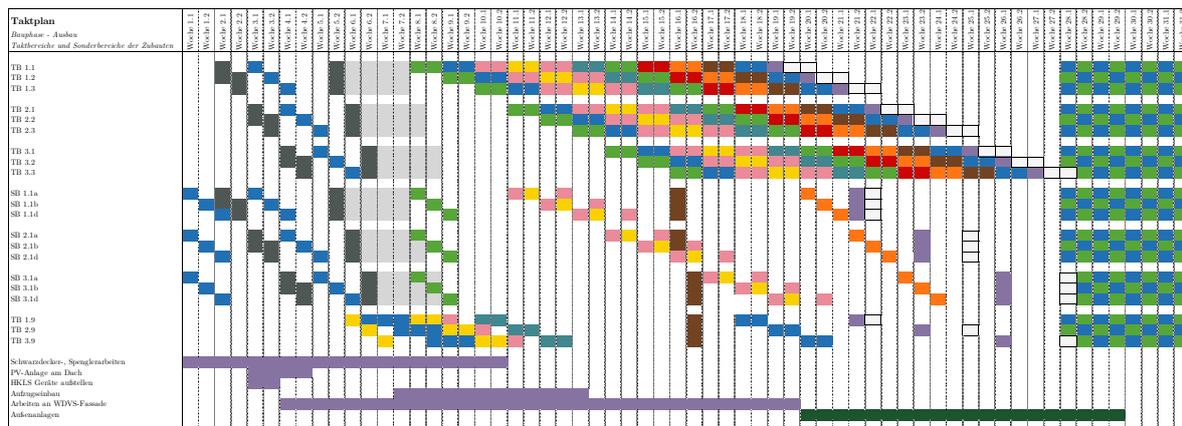


Abb. 5.16: Taktplan für alle Tätigkeiten der Zubauten

Die HKLS-Installationen, die Trockenbau- und die Fliesenlegearbeiten starten in den Nassgruppen jeweils vor jenen der Taktbereiche. Die Arbeiten an der abgehängten Decke sowie die Spachtelungs- und Malerarbeiten im Gangbereich richten sich nach dem Leistungsfortschritt in den Taktbereichen. Sie stellen nicht den kritischen Pfad dar. Da genug Puffer bis zum Verlegen des Bodens vorhanden ist, sind die Auswirkungen kleiner Verzögerungen nicht so gravierend wie solche in den Taktbereichen. Durch diese flexiblere Einplanung der Leistungen können kleine Leistungsschwankungen ausgeglichen werden. Fällt Personal krankheitsbedingt aus, können Gangflächen zurückgelassen und später eingearbeitet werden. Somit wird kein zusätzliches Personal nötig. Höchste Priorität gilt immer dem Einhalten einer konstanten Taktzeit im Gewerkezug. Die Türen für die Sonderbereiche und Nassgruppen werden gesammelt für alle Geschosse geliefert, ausgetragen und montiert. Die Komplettierungsarbeiten sind ebenso geschossweise gestaffelt und an die Taktbereiche gekoppelt. So müssen die Gewerke für ihre Fertigstellungsarbeiten nur einmal ins jeweilige Geschoss. Die Reinigung erfolgt in Abhängigkeit zu den Flächen der Klassenzimmer. Am Ende des Taktplans ist der Inbetriebnahme-Block beider Zubauten dargestellt. Letzte Reinigungsarbeiten im dritten Obergeschoss schränken die Arbeiten nicht ein. Die restlichen Tätigkeiten in Allgemeinbereichen sind ohne nähere Details nach den Zeitvorgaben des Ausführungsterminplans übernommen worden. Es wurde lediglich darauf geachtet, zeitliche

Kapazitäten einzelner Gewerke bestmöglich zu nutzen oder andere Arbeiten möglichst wenig zu behindern.

5.3.10 Zusammenfassung Optimierungsvariante 1

In Optimierungsvariante 1 werden Optimierungspunkte aus der Innenausbauphase der Zubauten Nord und Süd behandelt. Man hat sich primär der Lean Construction Methoden des Last Planner® Systems sowie der Taktplanung und Taktsteuerung bedient. Einen entscheidenden grafischen Unterschied bringt die Farbzuteilung der jeweiligen Gewerke. Inwiefern Verbesserungen in Bezug auf die Baudauer erzielt werden konnten, ist Inhalt dieser Zusammenfassung.

Für den Vergleich der Wertschöpfung werden die Abbildungen Abb. 4.16, Abb. 4.19 und Abb. 5.13 in Beziehung gesetzt. Im Zubau Nord betragen die Durchlaufzeiten vom Beginn der Schlosserarbeiten bis zur Montage der Schließanlage in den jeweiligen Geschossen 55 Tage, 50 Tage beziehungsweise 47 Tage. Es ist anzumerken, dass die Dauer der haustechnischen Installationen nicht in die Durchlaufzeitberechnung mit eingeflossen sind. Der Anteil wertschöpfender Tätigkeiten liegt beim Zubau Nord geschossabhängig bei 34 Tagen, 36 Tagen beziehungsweise 40 Tagen. Das ergibt somit eine Flusseffizienz von 62%, 72% beziehungsweise 85% – jeweils vom dritten Obergeschoss abwärts. Für den Zubau Süd kann die Durchlaufzeit pro Geschoss, bezogen auf den Beginn des Zargeneinbaus bis zur Montage der Schließanlage, mit 68 Tagen, 67 Tagen beziehungsweise 66 Tagen berechnet werden. Wieder konnten keine Zeitangaben für haustechnische Installationen berücksichtigt werden. Es werden an 31 Tagen, 36 Tagen beziehungsweise 34 Tagen wertschöpfende Tätigkeiten verrichtet. Daraus berechnen sich Flusseffizienzen von 46%, 54% beziehungsweise 51%. Bei Optimierungsvariante 1 ergeben sich geschossweise Durchlaufzeiten für beide Zubauten gemeinsam von jeweils 65 Arbeitstagen. Die Durchlaufzeit wird hier vom Start der Elektroarbeiten bis zur Fertigstellung der Komplettierungsarbeiten berechnet. Wertschöpfende Tätigkeiten werden jeweils an 55 Arbeitstagen erbracht. Das ergibt eine gleichmäßige Flusseffizienz von 85% je Geschoss.

Trotz der leicht unterschiedlich gewählten Systemgrenzen bei der Durchlaufzeitberechnung zeigt ein Vergleich der Ergebnisse das Potenzial der Lean Construction Methoden. Die Wahl verschiedener Systemgrenzen ist der Grunddatenverfügbarkeit geschuldet. Selbst bei Berücksichtigung aller zu erbringenden Tätigkeiten zeigt sich folgendes Bild: Wie in Abb. 4.13 dargestellt, beläuft sich die Gesamtbaudauer für die Ausbauarbeiten beider Zubauten zuzüglich Leistungsfeststellung, Mängelbehebung und Probetrieb auf 8,5 Monate. Durch die getroffenen Maßnahmen in Optimierungsvariante 1 konnte die Gesamtbaudauer auf 31 Wochen reduziert werden. Geht man davon aus, dass ein Monat 4,3 Wochen enthält, liegt die Zeitersparnis bei etwas mehr als fünf Wochen. In diesem Zusammenhang sei darauf hingewiesen, dass die Zeitplandarstellungen in Optimierungsvariante 1 – bezogen auf eine konkrete Terminalschiene – bewusst allgemein gehalten sind. So wird kein Baubeginn in einer vorgegebenen Kalenderwoche bestimmt. Auch sind noch keine kollegialen Pufferzeiten im Sinne der Taktsteuerung eingeplant. Diese folgen im Zuge der Optimierungsvariante 2.

Zu den mathematisch berechenbaren Optimierungen kommen noch die soziokulturellen und wirtschaftlichen Verbesserungen hinzu. Außerdem kann sich bei gleichbleibendem und sich wiederholendem Bauablauf ein Einarbeitungseffekt einstellen, wodurch sich unter anderem die Prozessstabilität erhöht. Bei konventionell geführten Baustellen wird oftmals nur Monat für Monat vorausgeplant. Wenn sich hingegen das Baustellenteam gemeinsam bereits vor Baubeginn über die letzten Tätigkeiten vor der Übergabe Gedanken macht, kann das in der Endphase Stress, Fehler und damit verbundene Nacharbeiten (Mängelbehebungen) reduzieren. Die Einplanung von gezielten Pufferzeiten vorab erleichtert den proaktiven Umgang mit auftretenden Risiken. Bei pufferfreien Bauzeitplänen muss im Falle eingetretener Probleme „Feuer gelöscht“ werden – eine spätere Bearbeitung der Probleme lässt meist der Endtermin nicht zu.

5.4 Optimierungsvariante 2

Während sich Optimierungsvariante 1 auf den Innenausbau der Zubauten beschränkt, liefert Optimierungsvariante 2 Vorschläge zur ganzheitlichen Optimierung aller Bauarbeiten. Inkludiert sind die Abbrucharbeiten, die Roh- und die Ausbauarbeiten der Zubauten, die Umbauarbeiten im Bestandsgebäude und die Fertigstellung der Außenanlagen. Abgerundet wird der Optimierungsvorschlag durch die Berücksichtigung der zugehörigen Ausschreibungs- und Vergabephase sowie der benötigten Containerschule. Mit der Gesamtbetrachtung der Baumaßnahmen geht unweigerlich eine Auseinandersetzung mit der Terminalschiene einher. Schulferien und die Maturazeit mit Leistungseinschränkungen werden berücksichtigt. Sämtliche nachstehende Überlegungen stützen sich auf die Annahme, dass der Ausschreibungsbeginn Mitte September 2017 nicht verschoben wird. Alle folgenden Ausschreibungen, Werkplanungen und Leistungszeiträume sind flexibel.

Ganz allgemein erfolgen die Optimierungen im folgenden Abschnitt immer unter Beachtung der Lean Prinzipien und Grundsätze. So wird die Schaffung eines Kundenwerts an die oberste Stelle gestellt, während Abläufe in Hinblick auf ihre gesamte Wertschöpfungskette und beteiligte Personen optimiert werden. Es ist davon auszugehen, dass der weitgehend ungestörte Schulbetrieb für die Nutzerin und in weiterer Folge für die Auftraggeberin höchste Priorität genießt. Schulferien sind daher möglichst optimal auszunutzen. In der Prüfungs- und Maturazeit sind lärmarme Leistungen zu erbringen. Aus sicherheitsrelevanter Sicht ist es sinnvoll, die Umbauarbeiten noch vor der Rückübersiedelung aus der Containerschule in den Schulbau fertigzustellen. Die Optimierungen des Innenausbaus in den Taktbereichen werden unverändert übernommen, während die Arbeiten an den Allgemeinflächen an den Gesamttablauf angepasst werden. Die Abbruch-, Rohbau-, Umbau- und Ausbauarbeiten werden, im Vergleich zum ursprünglichen Terminplan, anders angeordnet und miteinander in Beziehung gesetzt. Tab. 5.4 zeigt eine Gegenüberstellung der Leistungsdauern des IST- und LEAN-Projekttablaufes.

Im IST-Projekttablauf beträgt die Vorbereitungsdauer der Ausschreibung bis zur Zuschlagserteilung des Arbeitspaketes 01 (Containerschule) acht Wochen. Ab Zuschlagserteilung werden bis zur Übernahme der fertig errichteten Containerschule zwanzig Wochen benötigt. Die Daten sind Abb. 4.5 und Abb. 4.7 entnommen. Im LEAN-Projekttablauf werden die jeweiligen Prozesse mit

Prozess	Dauer IST-Projektablauf	Dauer LEAN-Projektablauf
Ausschreibung bis Vergabezeitpunkt AP 01 Vergabe bis Übernahme AP 01	8,0 Wochen 20,0 Wochen	15,0 Wochen 28,0 Wochen
Ausschreibung bis Vergabezeitpunkt AP 02 Vergabe bis Optimierungsende AP 02	21,0 Wochen 16,0 Wochen	21,0 Wochen 21,0 Wochen
Ausschreibung bis Vergabezeitpunkt AP 03 Vergabe bis Optimierungsende AP 03	21,0 Wochen 21,0 Wochen	21,0 Wochen 21,0 Wochen
Ausschreibung bis Vergabezeitpunkt AP 04 Vergabe bis Optimierungsende AP 04	20,0 Wochen 19,0 Wochen	21,0 Wochen 21,0 Wochen
Übersiedelung in/von Containerschule	2,0 Wochen	2,0 Wochen
Abbrucharbeiten Nord Abbrucharbeiten Süd	13,0 Wochen 12,0 Wochen	13,0 Wochen
Rohbauarbeiten Zubau Nord Rohbauarbeiten Zubau Süd	25,0 Wochen 17,0 Wochen	25,0 Wochen
Umbauarbeiten Altbau (Rohbau) Umbauarbeiten Altbau (Innenausbau)	50,0 Wochen	25,0 Wochen 25,0 Wochen
Innenausbau Zubau Nord gesamt Innenausbau Zubau Süd gesamt	28,0 Wochen 19,0 Wochen	24,0 Wochen
Gebäudehülle (WDVS-Fassade) Zubau Nord Gebäudehülle (WDVS-Fassade) Zubau Süd	12,0 Wochen 6,0 Wochen	12,0 Wochen

Tab. 5.4: Gegenüberstellung der Leistungsdauer des IST- und LEAN-Projektablaufes

15 beziehungsweise 28 Wochen eingeplant. Im IST-Projektablauf werden die Vergaben der Arbeitspakete 02 bis 04 gestaffelt eingerichtet. Die Dauer vom Beginn der Ausschreibungsvorbereitung bis zur Zuschlagserteilung betragen 21 Wochen (AP 02; vgl. Abb. 4.9), angenommene 21 Wochen (AP 03; vgl. Abb. 4.10) und angenommene 20 Wochen (AP 04; vgl. Abb. 4.11). Ab Vergabe bis zum Ende der Bauvorbereitung vergehen 16 Wochen (AP 02; vgl. Abb. 4.9), angenommene 21 Wochen (AP 03; vgl. Abb. 4.10) und angenommene 19 Wochen (AP 04; vgl. Abb. 4.11). Für den LEAN-Projektablauf werden die Vergaben der einzelnen Arbeitspakete parallel abgehalten, sodass mit Zuschlagserteilung alle Gewerke vergeben sind. Es wird davon ausgegangen, dass mit Ausschreibungsbeginn sämtliche Genehmigungen vorliegen, die Einreichplanung vollendet ist und mit Ende Juni 2018 ebenso die Ausführungs- und Detailplanungen abgeschlossen sind. Die Übersiedelung soll pünktlich in der ersten Sommerferienwoche starten. Bis dahin kann die verbleibende Zeit ab Zuschlagserteilung für Lean Workshops und eine ganzheitliche Optimierung des Bauablaufs genutzt werden. Die Wochen der Weihnachtsferien wurden in beiden Berechnungen ident mit einbezogen. Die detailliertere Terminplanung löst ab der zweiten Jahreshälfte

des Jahres 2018 die Darstellung auf Wochenbasis jene auf Halbmonatsbasis ab. Die zugehörige grafische Darstellung der Optimierungsvariante 2 ist in Abb. 5.17¹²⁰ gegeben.

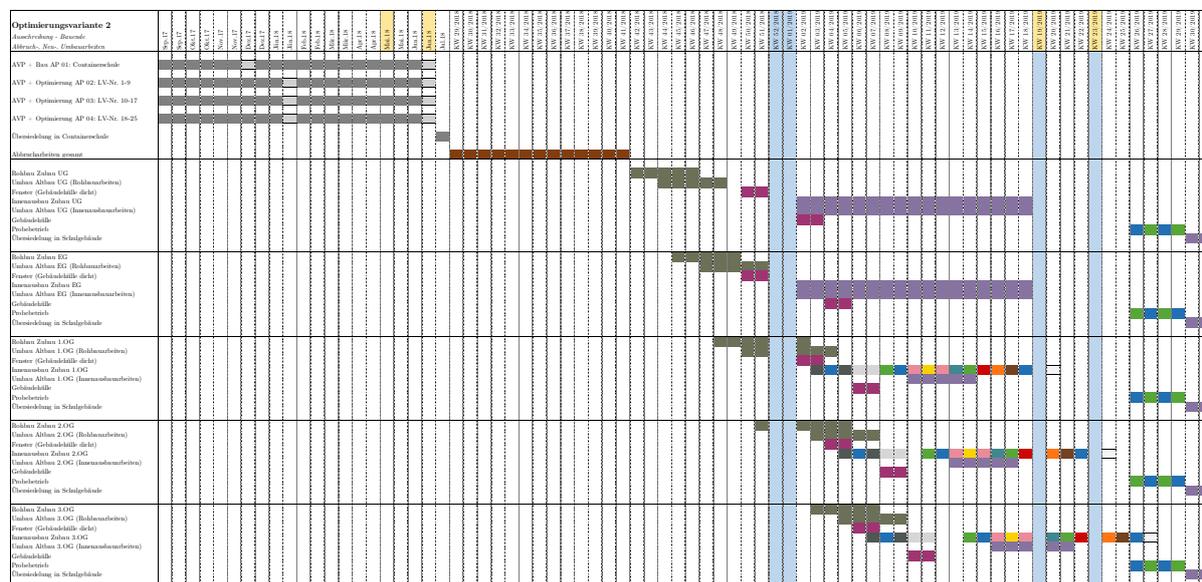


Abb. 5.17: Darstellung des LEAN-Projektablaufes nach Optimierungsvariante 2

Die Abbrucharbeiten belaufen sich nach IST-Ausführungsterminplan auf 13 Wochen im nördlichen Schultrakt und auf 12 Wochen im südlichen Teil (vgl. Abb. 4.13). Im LEAN-Plan stehen 13 Wochen für den gesamten Abbruch zur Verfügung. In den Abbrucharbeiten ist der Ausbau alter Fenster und die Entfernung der alten Fassade inkludiert. Laut IST-Projektablauf sind 25 Wochen für sämtliche Rohbauarbeiten im Zubau Nord und 17 Wochen im Zubau Süd eingeplant. Da laut Ausführungsterminplan die Rohbauarbeiten beider Zubauten parallel ausgeführt werden, wird angenommen, dass innerhalb von 25 Leistungswochen der gesamte Rohbau abgeschlossen werden kann. Diese 25 Leistungswochen entsprechen allerdings nicht 25 Kalenderwochen, sondern werden geschossweise – zum Teil überschneidend – durchgeführt. Es sind fünf Geschosse zu errichten, womit sich eine Leistungsdauer der Rohbauarbeiten von fünf Wochen pro Geschoss ergibt. Den Rohbauarbeiten folgen die groben Umbauarbeiten im Altbau. Die Zeit, in der der Rohbau unterstellt ist, wird für die Ertüchtigung der Bestandsdecken genutzt. Die Parallelität der Arbeiten ist durch die Überlappung der Prozesse zwischen den Geschossen in Abb. 5.17 dargestellt. Es folgt die Herstellung neuer Wanddurchbrüche, nicht benötigte Öffnungen werden geschlossen. In einem zweiten Schritt werden die Oberflächen (Wände, Bodenbelag) nach den Umbauarbeiten wiederhergestellt und das komplette Haus neu ausgemalt. Gegebenenfalls werden zudem haustechnische Installationen getauscht. Der Bestandsumbau ist im Ausführungsterminplan mit einer Gesamtbaudauer von genau einem Jahr (50 Arbeitswochen) angegeben (vgl. Abb. 4.21). Im LEAN-Projektablauf wird die Gesamtdauer von 50 Wochen gleichmäßig auf 25 Arbeitswochen in

¹²⁰Die Abbildung ist im Anhand auf S. 193 größer dargestellt.

einer Rohbauphase und 25 Wochen in einer Innenausbauphase aufgeteilt. In Summe bleibt die Gesamtleistung ident.

Mit der Fertigstellung der Rohbauleistungen im Erdgeschoss und dem Entfernen der Unterstellungen erfolgt der erste Einbau von Fenstern oder Glaselementen im Unter- und Erdgeschoss. Da an den Stellen der neuen Zubauten bereits alte bestanden, wird angenommen, dass keine erheblichen Setzungen durch die Neubauten entstehen. Der Einbau der Glaselemente sollte daher durch potenzielle Setzungen nicht behindert werden. Für das Versetzen der Elemente wird eine Dauer von zwei Wochen herangezogen. Mit dem Meilenstein *Gebäudehülle dicht* sind auch sämtliche Schwarzdecker- und Abdichtungsarbeiten im jeweiligen Bereich abgeschlossen. Es kann ungehindert mit dem Innenausbau gestartet werden. Der Innenausbau des IST-Projekttablaufes ist für Zubau Nord mit gesamt 28 Wochen und für Zubau Süd mit 19 Wochen angegeben (vgl. Abb. 4.13). Im LEAN-Projekttablauf beläuft sich die Innenausbauzeit inklusive Inbetriebnahme nach Optimierungsvariante 1 auf insgesamt 24 Wochen.

Zusammenfassung Optimierungsvariante 2

Gegenüber dem IST-Projekttablauf steht bei Optimierungsvariante 2 eine längere Zeitspanne für Ausschreibung, Vergabe und Werkplanung, Ausführungsplanung, Arbeitsvorbereitung sowie Bauablaufoptimierungen seitens ausführender Unternehmen zur Verfügung. Der Start der Abbrucharbeiten beginnt erst Anfang der Sommerferien und verschiebt sich dadurch um etwa drei Monate. Nach Fertigstellung sämtlicher Abbrucharbeiten sowie der Baugrubensicherung wird mit den Rohbauarbeiten der Zubauten sowie des Bestandsumbaus begonnen. Sobald die Unterstellungen entfernt und die Gebäudehülle dicht ist, kann mit den Ausbauarbeiten gestartet werden. Nach den letzten HKLS-Arbeiten wird die Haustechnik in Betrieb genommen und der Probetrieb simuliert. Im August erfolgt die Übersiedelung der Klassen in das Schulgebäude – pünktlich zu Schulbeginn kann der Lehrbetrieb in den neuen Räumlichkeiten aufgenommen werden. Es werden zwei Pufferwochen über die Weihnachtszeit und Neujahr (eisblau) eingeplant. Obwohl in der Maturazeit ausschließlich Innenausbauarbeiten stattfinden und davon ausgegangen werden kann, dass die Lärmbelastung im Vergleich zu Abbrucharbeiten gering ausfällt, wird jeweils eine weitere Pufferwoche zur schriftlichen und mündlichen Matura angenommen. Die Gesamtbaudauer beläuft sich somit gesamt auf 13 Monate.

In Abb. 5.17 ist erkennbar, dass die Arbeiten an Schüttung und Estrich sowie der damit einhergehende Start der Innenausbauarbeiten keinerlei Spielraum lassen. Diese Arbeiten stellen daher den kritischen Pfad dar. Alle Bestrebungen müssen der Einhaltung dieser Termine gelten, um den Endfertigstellungstermin, trotz Einplanung von vier Pufferwochen, nicht zu gefährden. Tab. 5.4 zeigt, dass ausschließlich Leistungsoptimierungen im Innenausbau vorgenommen wurden. Können Optimierungen beim Abbruch oder den Rohbauarbeiten erzielt werden, entschärft das zugleich den Zeitdruck der Innenausbauarbeiten. Ebenso ist ersichtlich, dass der Taktplan nach Optimierungsvariante 2 in dieser Form mit der Zeitersparnis von etwa zwei Jahren nicht möglich wäre, wenn sich die Baurichtungen von Rohbau und Ausbau unterscheiden würden. Die Leistungsdauer der anderen Arbeiten wurden nicht verändert, sondern lediglich Abhängigkeiten geändert und die Methode der Taktplanung angewendet. Wie dennoch die Gesamtdauer sämtlicher

Bauarbeiten von drei Jahren im IST-Projektablauf im LEAN-Projektablauf auf ein Jahr reduziert werden kann, soll nachstehende Grafik verdeutlichen.

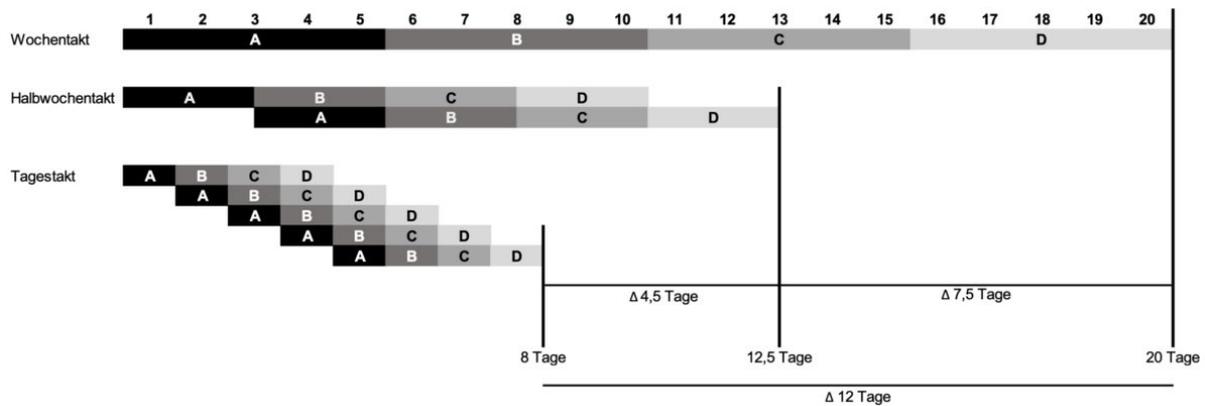


Abb. 5.18: Auswirkungen der Wahl von Taktzeit und Taktbereich (Quelle: Huppertz [33])

Abb. 5.18 zeigt einen Gewerkezug mit den Gewerken A bis D. Jedes Gewerk benötigt fünf Arbeitstage für seine Leistungserbringung – die Gesamtbaudauer ist mit 20 Arbeitstagen gegeben. Werden nun die Taktbereiche halbiert, erlaubt das die Anwendung eines Halbwochentaktes. Als Folge reduziert sich die Gesamtdauer um 7,5 Arbeitstage, ohne die Arbeitsleistung der jeweiligen Gewerke erhöhen zu müssen. In Summe benötigt jedes Gewerk für sich noch immer fünf Arbeitstage. Bei erneuter Halbierung der Taktbereiche beträgt die Taktzeit einen Tag. Dadurch reduziert sich die Baudauer erneut um 4,5 Arbeitstage – die Gesamtbaudauer ergibt statt 20 nur mehr acht Arbeitstage. Je kleiner die Fläche der Taktbereiche beziehungsweise je kürzer die Taktzeit gewählt wird, desto anfälliger wird der Taktplan auf Störungen. Behinderungen können seltener innerhalb eines Taktes beseitigt werden – der Takt erfordert eine sehr präzise Steuerung. Je detaillierter die Taktplanung, desto genauer muss die Bauplanung sein. Der vorgestellte Taktplan in Optimierungsvariante 2 erfordert demnach eine frühzeitige und abgeschlossene Planung, an der mit Ausführungsbeginn keine groben Änderungen mehr vorgenommen werden. Das wiederum bedingt eine frühe Miteinbeziehung der Nutzerin, um späte Änderungswünsche zu vermeiden. Ebenso können bei früher Involvierung ausführender Unternehmen deren Expertise genutzt und Optimierungen vorgenommen werden. Nachstehende Optimierungsvariante 3 nimmt sich dieses Themas an.

5.5 Optimierungsvariante 3

Optimierungsvariante 3 beinhaltet Elemente der Integrierten Projektabwicklung. Sie versucht, den Kundenwert durch die Einbeziehung der Nutzer noch mehr hervorzuheben und die partnerschaftliche Zusammenarbeit zu forcieren. Aufgrund fehlender Grundlagendaten aus der Projektentwicklungs- und Planungsphase sowie von Informationen aus dem Betrieb müssen Annahmen getroffen werden. Die gesetzten Optimierungsmaßnahmen leiten sich von den zugehörigen Theorieteil des Kap. 3 ab. Da die Art der Vertragsgestaltung in keinem offensichtlich

kausalen Zusammenhang mit der Beeinflussung der Projektdauer steht, werden an dieser Stelle keine Details zu Verträgen oder Vergütungsmodellen gebracht.

Um den Projekttablauf möglichst realitätsnah darzustellen, wird angenommen, dass der Entscheid zur Projektrealisierung sowohl beim IST- als auch beim LEAN-Projekttablauf den Start des betrachteten Zeitraums markiert. Im Idealfall sind die späteren Nutzer bereits bekannt. Gemeinsam mit der Auftraggeberin können in einem Workshop konkrete Nutzerwünsche erfasst und allgemeine Projektziele definiert werden. Hier könnte etwa vorgegeben werden, dass alle Tätigkeiten während der Maturazeit eingestellt oder die neuen Räumlichkeiten zu einem speziellen Stichtag bezogen werden sollen. Weiters wird ein grobes Budget erstellt. Mit diesen Angaben wird mittels klassischer Vergabeverfahren die Entwurfsplanung ausgeschrieben und beauftragt. Auf Basis der Entwurfsplanung wird mittels wettbewerblichen Dialogs oder Verhandlungsverfahrens die Wahl von ausführenden Unternehmen getroffen. Es ist vor der Ausschreibung festzulegen, ob die Gewerke einzeln vergeben werden sollen oder ein Generalunternehmer die Bauleistungen übernimmt. Letzteres bringt den Vorteil, dass nur ein Vergabeverfahren zu führen ist. Bei der gewerkweisen Vergabe werden in diesem Stadium die Hauptleistungen, wie Abbruch-, Baumeister- und Haustechnikarbeiten, ausgeschrieben. Kleinere Gewerke, wie etwa Innentüren oder Reinigung können später auf die herkömmliche Art vergeben werden. Mit Zuschlagserteilung der Hauptgewerke werden die Unternehmen mit Beratungsleistungen während der Planungsphase beauftragt. So kann die praxisnahe Expertise der ausführenden Unternehmen von Beginn an dem Projekt zugutekommen. Nach erfolgreicher Genehmigungsplanung erfolgt die Ausführungsplanung, wobei die ausführenden Unternehmen zunehmend ihre Erfahrung einbringen. Mit fortgeschrittenem Planungsstand können nun noch fehlende Gewerke ausgeschrieben werden. Es wird darauf hingearbeitet, die Zeit der Bauausführung so zu legen, dass der Lehrbetrieb so wenig und so kurz wie möglich beeinflusst wird. Längere Planungs- und/oder Ausschreibungsphasen werden in Kauf genommen. Optimierungen zur Bauausführung an sich sind bereits in den Optimierungsvarianten 1 und 2 vorgestellt worden. Die Übergabe der Bauleistungen an Auftraggeberin und Nutzer kennzeichnet das Ende des betrachteten Ablaufs.

Da den verfügbaren Unterlagen keine weiteren Informationen zu zeitlichen Verläufen der Planungs- und Ausschreibungsphase zu entnehmen sind, kann an dieser Stelle keine quantitative Aussage über mögliche Auswirkungen auf die Projektdauer getroffen werden.

5.6 Zusammenfassung des LEAN-Projektablaufs

Aufbauend auf den analysierten Optimierungspunkten des vorherigen Kapitels, sind nun konkrete Verbesserungsvorschläge gebracht worden. Im Anschluss an allgemeine einzelne Punkte betreffende Optimierungen legen drei Optimierungsvarianten den Fokus auf das Gesamtprojekt. Im Zuge der ersten Optimierungsvariante finden ausgewählte Lean Construction Methoden Anwendung. Dadurch kann die Dauer der Innenausbauarbeiten um fünf Wochen reduziert werden. Gleichzeitig steigt das Verhältnis von wertschöpfenden Tätigkeiten zur Baudauer. Damit geht automatisch die Erhöhung der Flusseffizienz um etwa 30 – 40%-Punkte einher. Optimierungsvariante 2 befasst sich mit Vorschlägen zur Verbesserung der gesamten Bauausführung. Dabei werden die Bautätigkeiten neu angeordnet und kombiniert. Die Optimierungen der Innenausbauphase werden übernommen, die restlichen Leistungsansätze bleiben unverändert. Durch die reine Änderung der Reihenfolge und Neudefinition von Abhängigkeiten kann die Gesamtbaudauer von drei Jahren auf 13 Monate reduziert werden. Optimierungsvariante 3 bezieht zusätzlich zu den bereits getroffenen Verbesserungsvorschlägen Merkmale der Integrierten Projektabwicklung mit ein. Fehlende Basisdaten verhindern eine quantitative Aussage über mögliche Auswirkungen auf die Gesamtprojektdauer. Wie die getroffenen Maßnahmen innerhalb des österreichischen Bundesvertrages zu bewerten sind, beleuchtet das nächste 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.

Kapitel 6

Lean Management im Rahmen des österreichischen Bundesvergabegesetzes

Dieses Kapitel befasst sich mit der generellen Fragestellung, inwiefern die Ansätze des Lean Managements mit österreichischen Rechtsgrundlagen harmonisieren. Zu Beginn werden Entwicklungen von beratenden und ausführenden Unternehmen im DACH-Raum erläutert. Dazu werden exemplarisch einige Unternehmen und Projekte vorgestellt, die sich mit Lean Management Methoden innerhalb der Baubranche auseinandersetzen. Die Unternehmensgröße reicht von kleinen und mittelständischen Firmen bis zu weltweit agierenden Konzernen. Anschließend werden vergabe- und vertragsrechtliche Aspekte bei IPA-Projekten in Deutschland beleuchtet. Dabei wird auf drei mögliche Modellvarianten eingegangen, die in weiterer Folge einer vergaberechtlichen Beurteilung unterzogen werden. Zudem wird eine Gegenüberstellung der gesetzlichen Rahmenbedingungen in Österreich, Deutschland und der EU vorgenommen. Dadurch kann auf die Situation in Österreich geschlossen werden.

6.1 Anwendung von Lean Management Methoden in der Projektumsetzung

Methoden von Lean Design und Lean Construction finden immer häufiger Anwendung in der Bauprojektumsetzung. Gerade bei großen Total- oder Generalunternehmerprojekten versucht man, sich die Vorteile des Lean Managements zu Nutze zu machen. Die Zahl der Beratungsfirmen, die Lean Design und Lean Construction einsetzen, steigt. Die nachstehenden Abschnitte sollen einen kurzen Überblick über ausgewählte Unternehmen und Projekte geben, bei denen Lean Management zum Einsatz kommt.

refine Projects AG

refine ist ein deutsches Beratungsunternehmen, das sich auf Lean Construction Ansätze, Integrierte Projektabwicklung und Building Information Modeling spezialisiert hat. *refine* erarbeitet auf Basis der Lean Philosophie gemeinsam mit den Bauprojektteams Lösungen, um Wertschöpfung und Innovation auf der Baustelle zu erhöhen. Zudem gibt das Unternehmen Anleitungen zu

Verbesserungsprozessen und stellen immer die Interaktion zwischen Menschen in den Vordergrund.¹²¹

Auf dem sozialen Netzwerk *LinkedIn* finden sich auf der Unternehmensseite von *refine* viele Beiträge über umgesetzte Projekte, bei denen das Unternehmen Beratungsleistungen erbracht hat. Als Beispiel wird in der vorliegenden Diplomarbeit das Inselspital des Universitätsspitals Bern in der Schweiz gebracht. Mit einer Fläche von 82.000 Quadratmetern und Gesamtkosten in der Höhe von 574 Mio. CHF gilt der Neubau als Leuchtturmprojekt. Lean Construction und das Last Planner® System wurden seitens *refine* in der Ausführungsphase angewendet. Das Unternehmen *Archipel Generalplanung AG* tritt als Generalplaner auf und setzt ebenso Methoden des Lean Managements um.¹²²

Bayrische Motoren Werke (BMW) AG

BMW gab 2014 die Planung und Errichtung des *Münchner Campus Freimann* in Auftrag. Der Bürokomplex ist auf etwa 75.000 Quadratmetern für über 3.000 Mitarbeitende konzipiert, wobei ein strenger Zeit- und Kostenrahmen einzuhalten ist. Der Architektenentwurf gemäß Leistungsphase 2 nach Honorarordnung für Architekten und Ingenieure überstieg das vorgegebene Budget um 10 Mio. Euro. Daraufhin wurde die *PORR Design und Engineering GmbH* (heute *pde Integrale Planung GmbH*) damit beauftragt, den Entwurf mit Lean Management Methoden dahingehend zu optimieren, sodass der Kostenrahmen eingehalten werden kann. Nach erfolgreicher Optimierung wurde die *pde* als Generalplanerin beauftragt. Ebenso erhielt die *PORR Bau GmbH* den Zuschlag für sämtliche Bauleistungen. *BMW* forderte von Planungsbeginn an den Einsatz von Lean Management Methoden und Building Information Modeling. Der Betrieb des Bürogebäudes soll in weiterer Folge mit Building Information Modeling gesteuert werden.¹²³

Die Projektleitung seitens *BMW* erklärt in einem Interview die konkrete Anwendung des Last Planner® Systems und der Taktplanung im Zuge der Ausführungsphase. Zudem wird erwähnt, dass das abgeschlossene Bauvorhaben mittels Partnering-Modell abgewickelt wurde. Dabei wurde bereits bei der Ausschreibung beziehungsweise Vergabe des Planungsauftrages ein Unternehmen gesucht, das in weiterer Folge als Generalunternehmerin in der Bauphase auftreten kann.¹²⁴

STRABAG SE und PORR AG

Selbst die zwei größten Baukonzerne Österreichs befassen sich mit dem Thema Lean Management in der Baubranche. Angesiedelt in der Abteilung für *Bau Prozess Management* unterstützen konzerninterne Experten die operativen Einheiten der *STRABAG* bei Verbesserungen entlang der gesamten Wertschöpfungskette. Bereits 2011 gab es unternehmensinterne Publikationen, Richtlinien und Vorgaben zum Thema Lean Management innerhalb der *STRABAG*.¹²⁵

Mit der Strategie *Green and Lean* möchte die *PORR* die Entwicklungen rund um Klimawandel und Digitalisierung aktiv mitgestalten. Dabei steht ein ganzheitlicher Denkansatz im Sinne einer

¹²¹ Vgl. [72] *refine Projects AG refine – unsere Leistungen*

¹²² Vgl. [71] *refine Inselspital Bern*

¹²³ Vgl. [24] *Galler Bürogebäude Ost BMW Freimann München*

¹²⁴ Vgl. [26] *GTS Automation GmbH BMW München Freimann*

¹²⁵ Vgl. [83] *Strabag SE*, S. 17 – 19

Kreislaufwirtschaft im Mittelpunkt. Ebenso sollen Partnerschaftsmodelle gefördert werden. Mit Lean Management Ansätzen wird eine schlanke Organisation mit kurzen Entscheidungswegen umgesetzt. Vor allem sollen operative Bauabläufe mittels Lean Design und Lean Construction effizienter gestaltet werden.¹²⁶

HANDLER Holding GmbH

Die *HANDLER Gruppe* tritt sowohl als General- und Totalunternehmer als auch als Bauträger auf, wobei Lean Management wichtige Impulse im Unternehmen setzt. Lean Management Methoden und Building Information Modeling sind im sogenannten *Team.Fixe*, einem digital gestützten und schlanken Produktionssystem, vereint. Somit kann die *HANDLER Gruppe* rasch auf Kundenbedürfnisse reagieren sowie Kosten-, Qualitäts- und Terminanforderungen gemeinsam mit Auftraggeberinnen optimieren.¹²⁷

Lean Construction Management GmbH

Neben Deutschland haben sich ebenso in Österreich Beratungsunternehmen mit Spezialisierung auf Lean Construction etabliert. Das Team der *Lean Construction Management GmbH* berät Unternehmen bei der Optimierung ihrer Geschäftsprozesse und bei der Eliminierung von Verschwendung in der Bauproduktion. Geschäftsführer Martin Stopfer spricht sich in einigen Artikeln ([2], [17]) für das Zusammenspiel alternativer Vertragsmodelle, partnerschaftlicher Projektabwicklung, Building Information Modeling und Lean Management aus. In diesem Zusammenhang wird auch auf das große Potenzial eingegangen, durch Ressourcenoptimierung den CO₂-Ausstoß zu reduzieren. Stopfer richtet in einem Artikel [36] seinen Appell, Lean Construction als Standard in Bauprojekten anzuwenden, explizit an öffentliche Auftraggeberinnen.¹²⁸

6.2 Vergabe- und vertragsrechtliche Aspekte bei IPA-Projekten in Deutschland

Das deutsche *Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung* hat ein Forschungsprogramm über *Alternative Vertragsmodelle zum Einheitspreisvertrag für die Vergabe von Bauleistungen durch die öffentliche Hand* [14] beauftragt. Das Forschungsteam besteht unter anderem aus Rechtsanwälten und Vertretern der universitären Forschung. Zu Beginn der Studie wird ein *Status-Quo* über die Bauprojektabwicklung der öffentlichen Hand in Deutschland gebracht. Im Speziellen wird auf Vertragsmodelle, Vergabep Praxis und Problemursachen bei der Abwicklung komplexer Bauprojekte eingegangen. Es folgen Lösungsansätze aus anderen Ländern, wie *Project Alliancing*, *Integrated Project Delivery*, *Project Partnering Contracts* (PPC2000) oder *New Engineering Contracts* (NEC4) (jeweils vgl. 3.9.1). Den Hauptteil der Arbeit nehmen Vorschläge zu alternativen Vertragsmodellen in Deutschland ein. Dabei werden drei Modelle vorgestellt. Modell 1 beschreibt den *Rahmenvertrag Kooperation*, Modell 2 geht auf *Integrierte Projektabwicklung als Mehrparteienvertrag; Vergütungsbasis abschliessende*

¹²⁶Vgl. [59] PORR AG *Green and Lean*

¹²⁷Vgl. [31] Handler Holding GmbH *Leanmanagement bei HANDLER*

¹²⁸Vgl. [41] Lean Construction Management GmbH *LEAN.WIEN wir optimieren*

finale Kosten ein, während Modell 3 die *Integrierte Projektabwicklung als Mehrparteienvertrag mit Einheits- oder Pauschalpreisen nach Phase 1* näher untersucht. Modell 2 und 3 unterscheiden sich bezüglich der Vergütung. Als Grundlage für die Erarbeitung der Modelle dienen die zuvor vorgestellten Methoden und Verträge aus anderen Ländern. Abschließend wird eine vergaberechtliche Bewertung der Modelle vorgenommen. Die nachstehenden Erläuterungen zu den einzelnen Modellen sind dem veröffentlichten Forschungsbericht [14] entnommen.

6.2.1 Modell 1: Rahmenvertrag Kooperation

Die traditionellen, bilateralen Vertragsstrukturen zwischen Auftraggeberin und Planern, ausführenden Unternehmen oder Konsulenten bleiben beim *Rahmenvertrag Kooperation* grundsätzlich unberührt.¹²⁹ Die bilateralen Verträge werden durch einen zusätzlichen Rahmenvertrag erweitert, der die Kooperation zwischen den Parteien regelt. Die Kooperationsvereinbarung umfasst in einem Mehrparteienvertrag alle besonders relevanten Projektbeteiligten beziehungsweise „Schlüsselgewerke“. Im Gegensatz zu den beiden nachstehenden Modellen zielt die Kooperationsvereinbarung auf kooperative und methodische Elemente innerhalb der Bauausführung ab. Die Trennung von Planung und Ausführung bleibt prinzipiell aufrecht. Bis zur ausschreibungsreifen Planung werden keine ausführenden Gewerke mit einbezogen. Die Einbeziehung erfolgt erst mit der Vergabe des Bauauftrags. Noch ausstehende Planungen können nach Zuschlagserteilung Gegenstand des Rahmenvertrags werden, um per *Value Engineering* Optimierungen seitens der ausführenden Unternehmen vorzunehmen. Der Vertragsinhalt umreißt zum einen die Anwendung kooperativer Elemente und Arbeitsmethoden in der Bauausführung, zum anderen Anreizsysteme zur Vergütung. Als kooperationsfördernde Elemente und Methoden werden konkret Lean Construction, das Last Planner® System, Target Value Design und Building Information Modeling angeführt. Die Vergütung der zu erbringenden Leistungen bleibt weiterhin in den herkömmlichen, bilateralen Verträgen geregelt. Der Kooperationsrahmenvertrag kann zusätzliche Vergütungen vorsehen. Bei Erreichen von definierten Meilensteinen oder der Generierung von Mehrwerten für das Projekt – etwa durch *Value Engineering* – können Bonuszahlungen erfolgen. Im Forschungsbericht werden als mögliche Kriterien für Bonuszahlungen Termintreue, Qualität der Planunterlagen, Anzahl der Mängel bauausführender Unternehmen, Miteinbeziehung der Anrainer bei innerstädtischen Bauvorhaben und Beteiligung an Kosteneinsparungen erwähnt. Die vertragliche Pflicht des Bauherrn besteht unter anderem darin, verdiente Boni zu vergüten und für eine erfolgreiche Projektabwicklung relevante Informationen dem gesamten Projektteam zur Verfügung zu stellen. Im Gegenzug haben die anderen Parteien Überprüfungs- und Hinweispflichten, um Umstände, die sich negativ auf den Projektverlauf auswirken können, ehestmöglich transparent zu machen. Die Beantwortung von Haftungsfragen bleibt im Zuge der herkömmlichen Leistungserbringung den bilateralen Bauverträgen überlassen. Durch die Koordinations-, Prüf- und Hinweispflicht im Rahmen der Kooperationsvereinbarung entstehen allerdings zusätzliche Haftungstatbestände.

¹²⁹Der Rahmenvertrag Kooperation ist nicht mit einem Rahmenvertrag gleichzusetzen, bei dem der Leistungsabruf zu vereinbarten Preisen erst bei Bedarf erfolgt. Der Rahmenvertrag Kooperation regelt nur die kooperative Zusammenarbeit zwischen den Unternehmen und beinhaltet keine Leistungsvereinbarungen.

Diese könnten sich etwa aus einer versäumten Hinweispflicht auf erkannte Optimierungs- oder Kosteneinsparpotenziale ergeben. Hierfür gibt es die Option eines Haftungsverzichtes oder einer Haftungsbeschränkung der Parteien. Anderenfalls gelten die gesetzlichen Bestimmungen, die aus Pflichtverletzungen resultieren. In den bekannten *Integrated Project Delivery* Verträgen (vgl. Abs. 3.9) wird die erste Option als wesentlicher Bestandteil gesehen, da ein „haftungsfreies Umfeld“ das Entstehen von Innovation fördere (siehe auch Richtlinie zur *Integrated Project Insurance* [15]).¹³⁰

6.2.2 Modell 2: Integrierte Projektabwicklung als Mehrparteienvertrag; Vergütungsbasis abschließende finale Kosten

Das zweite Modell wurde vom Forschungsteam entwickelt, um das bestmögliche vertragliche Gerüst zur Umsetzung von Lean Management Methoden und der Integrierten Projektabwicklung zu erlangen. Der wesentliche Unterschied zum ersten Modell besteht darin, dass ein Mehrparteienvertrag die bilateralen Verträge zwischen Bauherrn, Planungs- und Bauunternehmen ablöst. Der Vertrag beinhaltet somit nicht nur kooperative Elemente, sondern regelt auch Vergütung, Leistungsumfang und Terminvereinbarungen. Das zweite Modell stellt demnach ein ganzheitliches Vertragsgerüst dar. Wesentliche ausführende Gewerke¹³¹ können im Mehrparteienvertrag ebenso direkt involviert sein. Die Auswahl und Anzahl der Vertragspartner ist von ihrer Expertise und ihren Einflussmöglichkeiten abhängig. Dennoch bleiben die werkvertraglichen Hauptleistungspflichten von Planung und Bau nur gegenüber dem Bauherrn bestehen. Primäres Ziel des Mehrparteienvertrags ist die frühzeitige Einbindung der Expertise aus der Bauausführung schon in der Planungsphase. Ausführende Unternehmen erbringen *per se* keine Planungsleistungen, sondern stehen dem Planungsteam beratend zur Seite. Die Autoren des Forschungsberichtes beziehen sich bei der frühzeitigen Einbindung von Ausführungsexpertise auf den Inhalt der in Abb. 6.1 dargestellten Grafik. Es wird geraten, den Mehrparteienvertrag bereits vor der Leistungsphase 2 der Honorarordnung für Architekten und Ingenieure¹³² abzuschließen, spätestens jedoch vor Beginn der Leistungsphase 3.¹³³

Die erste Projektphase des vorgestellten Modells beinhaltet die Entwicklung und Planung des Bauvorhabens, wobei hier die Ausführungsplanung gemäß Leistungsphase 5 inkludiert ist. Teil der ersten Projektphase ist die Überprüfung einer realistischen Umsetzbarkeit des vorgegebenen

¹³⁰Vgl. [14] Breyer et al., S. 155 – 161

¹³¹Als wesentliche ausführende Gewerke sind jene Unternehmen gemeint, die im Sinne herkömmlicher Generalunternehmer-Verträge einen Nachunternehmer darstellen und somit nicht primär in einer vertraglichen Beziehung mit der Auftraggeberin stehen. Diese Gewerke können dennoch einen erheblichen Beitrag zur Erreichung der Projektziele leisten. Als Beispiel sind Unternehmen der technischen Gebäudeausstattung zu nennen.

¹³²Die neun Leistungsphasen (LPH) nach HOAI (Honorarordnung für Architekten und Ingenieure) stehen in keinem direkten Zusammenhang mit den Projektphasen des Projektmanagements (vgl. Abb. 4.3). Die Leistungsphasen nach HOAI enthalten Grundlagenermittlung (LPH 1), Vorplanung (LPH 2), Entwurfsplanung (LPH 3), Genehmigungsplanung (LPH 4), Ausführungsplanung (LPH 5), Vorbereitung der Vergabe (LPH 6), Mitwirkung bei der Vergabe (LPH 7), Bauüberwachung (LPH 8) und Objektbetreuung (LPH 9).

¹³³Vgl. [14] Breyer et al., S. 161 – 202

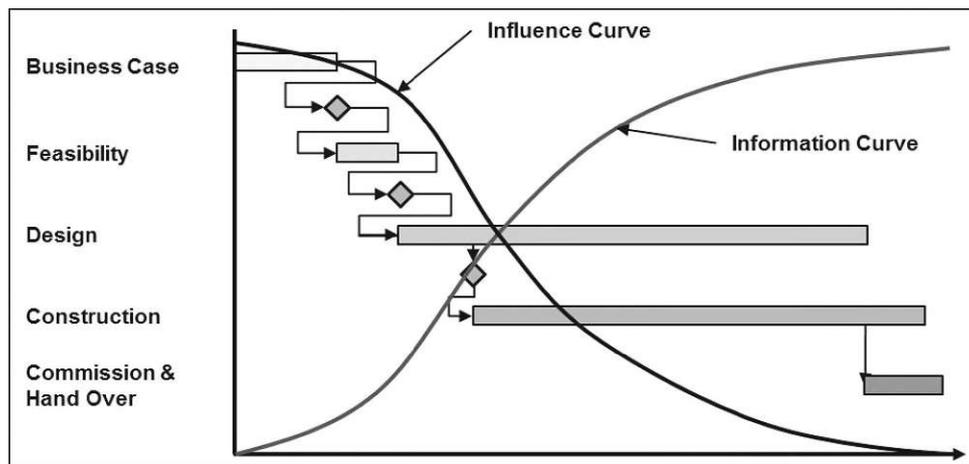


Abb. 6.1: Grad des Informationsstandes und der Beeinflussbarkeit bei traditionellen Projektentwicklungsmodellen (Quelle: Breyer et al. [14, S. 57])

Budgets oder die Entwicklung eines Basiszielpreises.¹³⁴ Die Validierung der Kostenvorgaben kann innerhalb des Vergabeverfahrens zwischen Auftraggeberin, ausführenden und planenden Unternehmen im Rahmen eines wettbewerblichen Dialogs oder zu Beginn der Planungsphase erfolgen. Den Abschluss der ersten Projektphase bildet die Festlegung des finalen Zielpreises. Entspricht dieser dem ursprünglichen Basiszielpreis oder liegt er sogar darunter, wird der Mehrparteienvertrag fortgesetzt. In Abhängigkeit der Vertragsgestaltung besitzt die Auftraggeberin bei Überschreitung des Basiszielpreises ein Kündigungsrecht allen anderen Parteien gegenüber.¹³⁵

Soll das Bauvorhaben nach Beendigung der ersten Projektphase realisiert werden, besteht die Möglichkeit, die optional beauftragten Bauleistungen abzurufen. Die im Mehrparteienvertrag bereits verankerten Bauleistungen müssen nicht sämtlichen, erforderlichen Bauleistungen entsprechen. Vertragsgegenstand sind nur solche Leistungen, die zum Zeitpunkt der Vertragsunterzeichnung klar definiert werden können. Jene Leistungsanforderungen, die erst im Zuge fortgeschrittener Planung entstehen, werden in einem eigenen Vergabeprozess innerhalb der zweiten Projektphase beauftragt. Die Vertragsparteien erarbeiten eine geeignete Vergabestrategie und beraten sich darüber. Es ist möglich, dass Teilleistungen direkt vom Bauherrn vergeben werden oder ein ausführendes Unternehmen als Generalunternehmerin auftritt – die weiteren nötigen vertraglichen Beziehungen basieren auf herkömmlichen, bilateralen Abkommen. Der Vergabeprozess ist gegenüber allen Partnern des Mehrparteienvertrags transparent zu gestalten, der Auftraggeberin kann im Mehrparteienvertrag ein Vetorecht eingeräumt werden. Sollen zusätzlich zu den Unternehmen wesentlich ausführender Gewerke weitere ausführende Unternehmen (zum Beispiel Nachunternehmer) in den Mehrparteienvertrag aufgenommen werden, besteht die Möglichkeit einer separaten Beitrittsvereinbarung.¹³⁵

¹³⁴Öffentliche Auftraggeberinnen sind seitens der Regierung meistens dazu angehalten, das verfügbare Budget nicht zu überschreiten, während private Bauherrn in ihren Entscheidungen zu Zeit-, Kosten- und Qualitätsvorgaben freier sind.

¹³⁵Vgl. [14] Breyer et al., S. 161 – 202

Die Grundzüge der Vergütung basieren auf dem amerikanischen *Integrated Project Delivery*-Vergütungsmodell, wobei projektspezifische Einflussfaktoren individuell zu berücksichtigen sind. Die Vergütung der Projektbeteiligten setzt sich aus zwei Hauptbestandteilen zusammen. Einerseits bilden die direkten Kosten sowie ein Risiko- und Gewinnbeitrag einen Teil der Zielkosten. Andererseits sind monetäre Beiträge der Projektbeteiligten Inhalt des *Chancen-Risiko-Pools*. Abhängig von der Erreichung vorab definierter Projektziele werden die Boni mit Fertigstellung des Bauvorhabens verteilt. Ziel des *Chancen-Risiko-Programms* ist die Schaffung ökonomischer Anreize, die Wertschöpfungsziele des Projektes gemeinsam zu erreichen. Im Forschungsbericht wird näher auf die Vergütung von Architekten, Ingenieuren, ausführenden Unternehmen – spezieller deren Beratungs- und Bauleistungen – und Nicht-Mitgliedern des Mehrparteienvertrags eingegangen.¹³⁵

Die Haftung der Parteien des Mehrparteienvertrags wird im Forschungsbericht sehr ausführlich beschrieben. Im Grunde lassen sich zwei wesentliche Eigenschaften festmachen. Während der ersten Projektphase sieht das Modell einen Haftungsverzicht aller Vertragspartner gemäß §276 Abs. 3 BGB¹³⁶ vor, während die gesetzliche Haftung bauausführender Unternehmen gegenüber dem Bauherrn in der zweiten Projektphase (Bauausführung) unberührt bleibt. Dieses Vorgehen soll die vorbehaltlose Kooperation und innovative Ansätze während der Planungsphase fördern.¹³⁷

Aus den Erläuterungen zum zweiten Modell geht allerdings nicht eindeutig hervor, wie öffentliche Auftraggeberinnen mit entsprechenden Zuschlagskriterien den geeigneten Bestbieter im Zuge des Vergabeprozesses finden. Wegen der Verwendung von Steuergeld müssen sich öffentliche Auftraggeberinnen in Österreich zumeist Kontrollen durch den Bundesrechnungshof oder die Landesrechnungshöfe unterziehen. Die Bewertung des niedrigsten Preises ist im Vergleich zu sozialen Kriterien für externe Prüfungen transparenter und leichter nachvollziehbar darlegbar, weshalb das Kriterium des Preises oft höher bewertet wird und in weiterer Folge der Billigstbieter den Zuschlag erhält.

6.2.3 Modell 3: Integrierte Projektabwicklung als Mehrparteienvertrag mit Einheits- oder Pauschalpreisen nach Phase 1

Im Wesentlichen werden die Ansätze des zweiten Modells auch in Modell 3 übernommen. Etwaige Unterschiede, die vor allem das Vergütungssystem betreffen, werden nachstehend angeführt. Im Gegensatz zum zweiten Modell endet die erste Projektphase nicht mit der Festlegung eines Zielpreises, sondern mit verbindlichen Preisangaben seitens ausführender Unternehmen. Die Angebote können in Form von Einheits- oder Pauschalpreisen abgegeben werden. Sie beinhalten nur Eigenleistungen oder – sofern ein Generalunternehmer vorgesehen ist – auch Fremdleistungen. Bei Pauschalpreisen erfolgt die Angebotslegung auf Basis funktionaler Leistungsbilder. (Detail-) Pauschalpreise stellen Garantierte Maximalpreise dar.¹³⁸ Die Vergütung aller Planungs- und

¹³⁶ Vgl. [55] Bürgerliches Gesetzbuch; §276 Verantwortlichkeit des Schuldners

¹³⁷ Vgl. [14] Breyer et al., S. 161 – 202

¹³⁸ Der Auftragnehmer garantiert mit der Auftragsunterzeichnung der Auftraggeberin, dass die Angebotssumme (Angebotspreis) ihre zu begleichende *Höchstsumme* darstellt. Übersteigen die Kosten den Garantierten Maxi-

Beratungsleistungen in der ersten Projektphase bleibt jener des zweiten Modells ident. Anders verhält es sich allerdings mit jenen Kosten, die innerhalb des *Chancen-Risiken-Pools* definiert und bewertet werden. Der Endpreis ist bei Angabe von Einheits- oder (Detail-)Pauschalpreisen vorläufig, da sich mit variierenden Massen in weiterer Folge die Angebotssumme ändert. Bei eintretenden Risiken aus dem *Chancen-Risiken-Pool* gilt hingegen das Selbstkostenerstattungsprinzip, bei dem nur die tatsächlichen Kosten vergütet werden, jedoch kein Gewinnzuschlag.¹³⁹ Die Beteiligung an Bonuszahlungen nach Modell 2 scheidet beim dritten Modell daher aus. Generell ist der Anreiz, zu Projektoptimierungen beizutragen, bei Einheits- oder Pauschalpreisverträgen geringer. Ein Haftungsverzicht oder sonstige Haftungsbeschränkungen sind im Modell 3 nicht vorgesehen.¹⁴⁰

6.3 Gegenüberstellung der gesetzlichen Rahmenbedingungen in Österreich, Deutschland und der EU

Vergabe- und vertragsrechtliche Untersuchungen zur Integrierten Projektabwicklung sind vorrangig aus Deutschland bekannt. Da sowohl Österreich als auch Deutschland Teil der Europäischen Union sind, ist es naheliegend, dass die europäischen Vergaberichtlinien für beide Länder gleichermaßen gelten sollten.¹⁴¹ In diesem Abschnitt wird versucht, anhand deutscher Publikationen Rückschlüsse auf vergabe- und vertragsrechtliche Auswirkungen in Österreich zu ziehen. Zu Beginn werden die jeweils geltenden rechtlichen Grundlagen gegenübergestellt. Danach wird darauf eingegangen, inwieweit Modelle der Integrierten Projektabwicklung auch bei öffentlichen, deutschen Auftraggeberinnen angewendet werden können. Die folgende Gegenüberstellung der deutschen und österreichischen Rechtslage basiert auf einer Publikation [44] von Lechner aus dem Jahr 2008. Es wird ausdrücklich darauf hingewiesen, dass seit der Herausgabe des Artikels neue Fassungen der vorgestellten Normen und Richtlinien veröffentlicht worden sind.

Rechtliche Grundlagen

Für Deutschland ist die Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen (VOB) relevant, die sich weiter in drei Teile untergliedert: Teil A (VOB/A) beschreibt *Allgemeine Bestimmungen für die Vergabe von Bauleistungen*, Teil B (VOB/B) befasst sich mit *Allgemeinen Vertragsbedingungen für die Ausführung von Bauleistungen* und Teil C (VOB/C) regelt *Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen*. Dem stehen die österreichischen Bestimmungen des Bun-

malpreis, muss die Auftraggeberin für diese Kosten nicht aufkommen. Problematisch könnte die Vereinbarung von Garantierten Maximalpreisen werden, wenn nicht klar geregelt ist, wie mit der Vergütung von Leistungsänderungen umgegangen wird. Zudem gestaltet sich eine fixe Zusage bei sehr volatilen Baupreisen schwierig – das Risiko und wohl auch der einhergehende Risikozuschlag von ausführenden Unternehmen steigt.

¹³⁹ Es wird nicht erwähnt, wie mit Risiken umzugehen ist, die nicht im Chancen-Risiken-Pool enthalten sind.

¹⁴⁰ Vgl. [14] Breyer et al., S. 202 – 207

¹⁴¹ Österreich ist für sein *Gold Plating* bekannt. Gold Plating beschreibt dabei eine strengere Umsetzung von übergeordneten, internationalen Vorgaben in nationales Recht, als diese es vorsehen würden. In den ergänzenden Erläuterungen zur neuesten Fassung des österreichischen Bundesvergabegesetzes [56] werden dezidiert Bemühungen hervorgehoben, Gold Plating zu reduzieren.

desvergabegesetzes (BVergG), ÖNORM A 2050¹⁴², ÖNORM B 2110¹⁴³, ÖNORM B 2117¹⁴⁴, ÖNORM B 2118¹⁴⁵ sowie die ÖNORMEN der Reihen B 22xx und H 22xx gegenüber. Als einheitliches europäisches Regelwerk zu Vergabeverfahren gelten die Europäischen Vergaberichtlinien. In Deutschland sind diese innerhalb der VOB/A, der Vergabeordnung (VgV) und des Gesetzes gegen Wettbewerbsbeschränkungen (GWB) umgesetzt. Die VOB/A gelte für private und öffentliche Auftraggeberinnen. In Österreich ist hingegen das Bundesvergabegesetz für öffentliche Auftraggeberinnen gültig. Die Bestimmungen der ÖNORM A 2050 treten für private Bauherrn erst bei beidseitiger Vereinbarung und Zustimmung in Kraft. Im Vergleich zu den Vergabeverfahren fehlen für das Vertragswesen normierte, europäische Regelwerke. Daher unterscheiden sich die deutschen und österreichischen Vertragsbedingungen inhaltlich teils stark. Ungleichheiten gibt es unter anderem in den Bereichen Weitergabe von Leistungen an Nachunternehmer, Umgang mit Mengenänderungen und Zusatzleistungen, Nachträge bei Leistungsänderungen, Entfall von Leistungen, Gewährleistungsfristen und Übernahme. Außerdem ist in Deutschland eine VOB-Schlichtungsstelle in jedem Bezirk zur außergerichtlichen Streitbeilegung eingerichtet. Das österreichische Pendant, die ON Bau Schlichtungsstelle (abgeleitet von den ÖNORMEN) in Wien, wird nur sehr selten in Anspruch genommen.¹⁴⁶

Anwendbarkeit der VOB/B

Aufbauend auf den oben vorgestellten Rechtsgrundlagen, wird nun die Frage behandelt, ob die VOB/B bei IPA-Projekten ungehindert vereinbart werden kann. Anhaltspunkte liefert der Forschungsbericht von Breyer et al. [14]. Die Autoren sehen potenzielle Dissonanzen zwischen Mehrparteienverträgen und vertraglichen Vereinbarungen gemäß VOB/B innerhalb der Bauausführung. Sie beziehen sich dabei auf ein Urteil des deutschen Bundesgerichtshofes aus dem Jahr 1987. Konkreter sehen die Verfasser mögliche Unstimmigkeiten hinsichtlich der Bedenkenanmeldung (§4 Abs. 3, §13 Abs. 3 VOB/B), der Anordnungen der Auftraggeberin (§1 Abs. 3 und Abs. 4, §2 Abs. 5 und 6 VOB/B) und der Regelungen zur Kündigung (§8 und §9 VOB/B). Nach näherer Auseinandersetzung mit den Gesetzestexten kommen die Autoren zu dem Schluss, dass die Formulierungen einiger Paragraphen und Absätze verbal nicht zu den oben vorgestellten Modellen passen, diese dennoch inhaltlich Gültigkeit haben und nicht im Widerspruch zu den Modellinhalten stehen. Selbst öffentliche Auftraggeberinnen erfahren nach §8a Abs. 2 Nr. 1 EU-VOB/A keine Einschränkungen und dürfen ihre Vertragsbedingungen durch zusätzliche Regelungen ergänzen, sofern diese den Vertragsbedingungen nicht widersprechen.¹⁴⁷

¹⁴²ÖNORM A 2050 Vergabe von Aufträgen über Leistungen – Ausschreibung, Angebot, Zuschlag – Verfahrensnorm

¹⁴³ÖNORM B 2110 Allgemeine Vertragsbestimmungen für Bauleistungen – Werkvertragsnorm

¹⁴⁴ÖNORM B 2117 Allgemeine Vertragsbestimmungen für Bauleistungen an Verkehrswegen sowie den damit im Zusammenhang stehenden Landschaftsbau

¹⁴⁵ÖNORM B 2118 Allgemeine Vertragsbestimmungen für Bauleistungen unter Anwendung des Partnerschaftsmodells, insbesondere bei Großprojekten – Werkvertragsnorm [57]

¹⁴⁶Vgl. [44] Lechner, S. 52 – 57

¹⁴⁷Vgl. [14] Breyer et al., S. 207 – 210

Vergaberechtliche Beurteilung Modell 1

Der Forschungsbericht [14] bietet eine ausführliche Abhandlung vergaberechtlicher Fragestellungen bezüglich der Auswahl des Vergütungsmodells und Vergabeverfahrens sowie der Bewertung von Zuschlagskriterien. Nachstehend soll nun die vergaberechtliche Beurteilung des ersten Modells zusammengefasst werden. Die bilaterale Vertragsgestaltung zwischen Auftraggeberin und planenden oder ausführenden Unternehmen bleibt unberührt. Ein Mehrparteienvertrag wird erst zu Beginn der Ausführungsplanung zusätzlich zu den bilateralen Verträgen vereinbart. Der Auswahlprozess jenes Bieters, dem der Zuschlag erteilt wird, erfolgt über die herkömmlichen, bekannten Vergabeverfahren. Die Auswahlkriterien können dem Projekt entsprechend angepasst werden. Der abzuschließende Kooperationsrahmenvertrag kann bereits den Ausschreibungsunterlagen beigelegt werden. Die Inhalte des ersten Modells sind demnach unproblematisch umsetzbar.¹⁴⁸

Vergaberechtliche Beurteilung Modell 2 und 3

Aus vergaberechtlicher Sicht unterscheiden sich Modell 1 und 2 bedeutend. Vertragsbeziehungen sind zur Gänze Inhalt eines Mehrparteienvertrages, wobei die Vertragsparteien zuvor individuell ausgewählt werden – anders als bei Bietergemeinschaften oder Generalübernehmern. Die Schwierigkeit bei der Wahl des Vergabeverfahrens liegt darin, ausführende Unternehmen mit Beratungsleistungen in der ersten Projektphase zu beauftragen, während die eigentliche Bauleistung erst in einer zweiten Phase optional beauftragt wird. Der Abruf dieser Option ist nach Finalisierung der Planung von der Einhaltung oder Unterschreitung der vereinbarten Zielkosten abhängig. Die Auswahl der Vertragsparteien erfolgt parallel oder zeitversetzt in Einzelvergaben. Eignungs- und Zuschlagskriterien können an das jeweilige Bauvorhaben angepasst werden. Da nach Zuschlagserteilung ein Mehrparteienvertrag abgeschlossen wird, in dem auch Angaben zu Vergütung, Leistungsumfang, Kosten- und Terminzielen gemacht werden, ist der Mehrparteienvertrag Bestandteil der Ausschreibungsunterlagen. Problematisch werden etwaige Verhandlungen zum Vertragsinhalt gesehen. Einerseits kann der Mehrparteienvertrag im Rahmen eines Verhandlungsverfahrens Inhalt der Verhandlung sein. Andererseits kann der Mehrparteienvertrag den Verhandlungsinhalten ausgenommen werden. In letzterem Fall kann der Vertrag lediglich dahingehend angepasst werden, sodass keine wesentlichen Parameter des Vertrages geändert werden. Alle Änderungen, die bei Neuausschreibung einen abweichenden Bieterkreis bedingen, seien unzulässig. Sind die Inhalte des Mehrparteienvertrages allerdings – wie im ersten Fall – Bestandteil der Verhandlungen, ist die Gestaltung des Vergabeprozesses deutlich aufwendiger. Wünscht ein potentieller Vertragspartner Änderungen, müssen diese allen anderen möglichen Vertragspartnern transparent gemacht werden. Zum Zeitpunkt der Zuschlagserteilung einzelner Unternehmen müssen sich alle zukünftigen Vertragspartner über den Inhalt des Mehrparteienvertrages einig sein. Nachträgliche Vertragsänderungen sind nur in kleinem Ausmaß möglich. Unter Berücksichtigung des erhöhten Koordinierungsaufwandes innerhalb der Vergabephase kann das vorgestellte Zwei-Phasen-Modell vertragsrechtlich umgesetzt werden. Da sich das dritte vom zweiten Modell lediglich bezüglich der Preisgestaltung unterscheidet, sind die angeführten vergaberechtlichen Gesichtspunkte analog auch auf das dritte Modell anzuwenden.¹⁴⁸

¹⁴⁸Vgl. [14] Breyer et al., S. 262 – 265

Bedeutung für Österreich

Die vorangegangene Gegenüberstellung der deutschen und österreichischen Rechtsgrundlage zeigt, dass einige Unterschiede bestehen. Während es seitens der Europäischen Union für Vergabeverfahren geregelte und normierte Vorgaben gibt, fehlen diese für Vertragsbestimmungen. Die vorgestellten Modelle 2 und 3 verzichten wesentlich auf Struktur und Inhalt herkömmlicher Werkverträge und bauen auf einem neuen Vertragsgerüst auf. Der Autorin sind zum Zeitpunkt der Fertigstellung der vorliegenden Diplomarbeit keine Stellungnahmen zur Anwendbarkeit der Modelle innerhalb des österreichischen Rechts bekannt, weshalb keine konkrete Aussage über die Bedeutung der Modelle in Österreich getroffen werden kann. Davon unabhängig, sind in den Literaturquellen keine spezifischen Angaben zu finden, inwiefern die Inhalte der Modelle auch auf öffentliche Auftraggeberinnen umlegbar sind.

6.4 Zusammenfassung und offene Fragestellungen

Die Auswahl verschiedener Unternehmen und Projekte zeigt, dass Lean Management innerhalb der Baubranche angekommen ist. Sowohl Planungs-, und Beratungsunternehmen, als auch ausführende Konzerne befassen sich mit dem Thema. Die Vorstellung der Projekte lässt vermuten, dass in Österreich und Deutschland noch keine Bauvorhaben öffentlicher Auftraggeberinnen mittels Lean Management Ansätzen realisiert worden sind. Beim Krankenhaus-Projekt aus der Schweiz müsste näher untersucht werden, ob der Bauherr privater oder öffentlicher Natur ist. Das vorgestellte Projekt der *BMW AG* zeigt die Anwendung des Partnering-Ansatzes in zwei Projektphasen, wobei das ausführende Unternehmen bereits in der Planungsphase optional mit den Bauleistungen beauftragt worden ist. Für die Integrierte Projektabwicklung werden drei Modelle vorgestellt, die für deutsche Rechtsgrundlagen ausgelegt sind. Die Vereinbarkeit mit deutscher Rechtsgebung wird unter anderem in den Punkten Vergabeverfahren, Zuschlagserteilung, Vertragswesen und Vergütungsmöglichkeiten erörtert. Eine pauschale Umlegung auf österreichische Rechtsgrundlagen ist nicht möglich.

Kapitel 7

Fazit und Ausblick

Im letzten Kapitel der Diplomarbeit wird eine überblicksmäßige Zusammenfassung der vorangegangenen Teile gebracht. Für die Umsetzung von Lean Management Methoden in einem Bauvorhaben ist es unabdingbar, sich zuerst mit der Lean Philosophie, ihrer Herangehensweise an ein Problem und den zugrunde liegenden Wertvorstellungen zu befassen. Aus den Erkenntnissen der Literaturrecherche und der praxisnahen Anwendung von Lean Management Methoden an einem Beispielprojekt werden sodann die eingangs gestellten Forschungsfragen beantwortet. Der abschließende Ausblick liefert offene Fragestellungen in Hinblick auf die Umsetzung von Lean Management und Integrierter Projektabwicklung im Rahmen des österreichischen Bundesvergabegesetzes.

Grundlagen der Lean Philosophie

Der aus der Automobilbranche stammende Begriff *Lean Management* wird in zahlreicher Literatur verschieden definiert. Alle Darlegungen haben gemein, durch Denkprinzipien, Methoden und Verfahrensweisen, die Wertschöpfungskette effizient gestalten zu wollen. Es ist daher naheliegend, dass Lean Management mit seinen Methoden und Werkzeugen, Denkansätzen (Lean Thinking), kulturellen Einstellungen (Lean Culture) sowie Führungsverhalten (Lean Leadership) Teil einer umfassenden Lean Philosophie ist. Lean Culture und Lean Leadership etablieren gewisse Werte und Einstellungen zwischen Management und Mitarbeitenden eines Unternehmens oder innerhalb eines Baustellenteams. Dazu gehören unter anderem der offene Umgang mit Fehlern, aus denen gelernt werden darf, sowie die bereitwillige Weitergabe von Wissen. Zudem benötigt eine lebende Organisation Führungskräfte, die ihre Mitarbeitenden zu eigenverantwortlichem Handeln animieren. Respekt und Wertschätzung runden die Lean Culture ab.

Wesentliche Grundlage aller Ansätze innerhalb der Lean Philosophie stellt die Definition von Verschwendung und Wertschöpfung dar. Als wertschöpfend werden alle Tätigkeiten bezeichnet, die einem Produkt oder einer Dienstleistung direkten Wert zuführen. Verschwendung sind hingegen alle Verrichtungen, die keinen Wert für Kunden generieren. Lean Thinking zeichnet sich vor allem durch ihre fünf Grundprinzipien aus. An oberster Stelle steht die Spezifikation des Kundenwerts. Erst wenn Hersteller die Wünsche der Kunden kennen, kann Verschwendung erkannt werden. Durch die Identifikation des Wertstroms werden sämtliche Abläufe bestimmt, um aus dem Rohstoff ein fertiges Produkt herzustellen. Das Fluss-Prinzip zielt darauf ab, alle Ressourcen entlang des Wertstroms im Fluss zu halten. Das Fluss-Prinzip steht gleichfalls für

eine ungehinderte Informationsweitergabe. Eng verwoben mit dem vorigen Grundsatz, wird beim Pull-Prinzip eine Vorleistung erst angefordert, wenn sie tatsächlich benötigt wird. Demnach werden keine Produkte „auf Lager“ oder „in Reserve“ bestellt. Das letzte Grundprinzip stellt die Perfektion dar. Durch das Streben nach Perfektion wird Verschwendung kontinuierlich eliminiert, der Wertstrom kann schneller fließen. Fluss- und Pull-Prinzip entfalten ihre Wirkung erst, wenn Störstellen beseitigt sind.

Lean Management in der Baubranche

Auf die Automobilbranche spezialisierte Methoden des Lean Managements wurden ab den 1990er Jahren zunehmend an die Bedürfnisse der Baubranche angepasst. Es entwickelten sich die Richtungen der Lean Construction und des Lean Designs. Die Methoden der Lean Construction werden vermehrt innerhalb der Bauausführung angewendet, während Lean Design ihren Schwerpunkt in der Projektplanung setzt. Je nach Literaturquelle wird die Integrierte Projektabwicklung als Teil des Lean Managements oder als eigenständige, übergeordnete Methode, die eine Anwendung von Lean Management Methoden befürwortet, gesehen. In beiden Fällen haben Lean Construction, Lean Design und Integrierte Projektabwicklung denselben positiven Zugang zu den Inhalten der Lean Philosophie.

Als eine der bedeutendsten Methoden der Lean Construction gilt das Last Planner® System. Im Gegensatz zu tradierten Herangehensweisen werden hier Bauabläufe und Terminpläne mit *allen* ausführenden Gewerken, bei Bedarf auch unter Mitwirkung anderer Projektbeteiligter, erstellt. Dabei sollen potenzielle Probleme und Risiken offen angesprochen werden und *gemeinsam* soll nach Lösungen gesucht werden. Eine gewisse Kompromissbereitschaft aller Partner ist nötig, die Erreichung des gemeinsamen Ziels – des kollektiven Projekterfolgs – steht im Vordergrund. Eine nicht weniger relevante Methode der Lean Construction stellt die Taktplanung dar. Sie wird in acht Arbeitsschritte untergliedert. Dabei wird das Bauvorhaben in kleine, sich wiederholende Einheiten – sogenannte Standardraumeinheiten – geteilt, für die ein Bauablauf erarbeitet wird. Die Festlegung von Taktbereichen und die Erstellung eines Gewerkezugs sind die Basis für den Taktplan. Aufgrund des gleichbleibenden Bauablaufs innerhalb aller Taktbereiche stellt sich ein Einarbeitungseffekt ein.

Betrachtet man die Integrierte Projektabwicklung als eigenständiges Modell, muss ein Bauvorhaben einige Charakteristika erfüllen, um als IPA-Projekt gemäß den Vorgaben des IPA-Zentrums zu gelten. Mittels Kompetenzwettbewerb werden sämtliche Schlüsselpersonen bestimmt und im Zuge eines Mehrparteienvertrags frühzeitig in die Projektentwicklung und -planung eingebunden. Das gemeinsame Risikomanagement und ein monetäres Anreizsystem für Optimierungen bedingen ein alternatives Vergütungsmodell. Zum Einsatz kommen kollaborative Arbeitsmethoden wie Lean Management oder Building Information Modeling. Als Basis für den Projekterfolg werden die lösungsorientierte Konfliktbearbeitung und eine kooperative Haltung allen Projektbeteiligten gegenüber gesehen.

Lean Management im Rahmen des österreichischen Bundesvergabegesetzes

Inwiefern Lean Management Ansätze (vergabe-)rechtlich innerhalb der Baubranche verankert sind, darüber gibt ausschließlich deutsche Fachliteratur Auskunft. Generell unterscheiden sich die deutschen und österreichischen Rechtsgrundlagen. Einheitliche EU-weite Vorgaben gibt es nur für die Ausschreibung und Vergabe, allerdings nicht für das Vertragswesen. Sowohl in Deutschland als auch in Österreich häufen sich Beratungs- und ausführende Firmen sowie private Bauherren, die sich die Vorteile von Lean Management Methoden zu Nutze machen. Es können hingegen keine österreichischen Projekte öffentlicher Auftraggeberinnen, in denen Lean Management Methoden zur Anwendung kommen, vorgestellt werden. Unklar bleibt, ob die Umsetzung von Lean Management Methoden für öffentliche Auftraggeberinnen rechtlich nicht möglich ist oder ob bis dato keine derartigen Projekte realisiert wurden. Weiters werden drei mögliche Modelle der Integrierten Projektabwicklung vorgestellt, wie sie in Deutschland Anwendung finden können. Modell 1 beschreibt eine Kooperationsvereinbarung in Form eines Mehrparteien-Rahmenvertrages, den alle relevanten Projektbeteiligten neben ihren bilateralen Verträgen unterzeichnen. Sie verpflichten sich, bei der Projektoptimierung mitzuwirken. Als wesentlicher Bestandteil der Vereinbarung gilt die Anwendung kooperationsfördernder Arbeitsmethoden, wie Lean Construction. Das zweite Modell regelt Leistungsumfang, Vergütung, Termine und Kooperation in einem Mehrparteienvertrag. Ausführende Unternehmen werden bereits in einem Anfangsstadium der Planung beratend mit einbezogen. Bei Einhaltung der ursprünglichen Kostenvorgaben können die ausführenden Unternehmen in einer zweiten Phase mit den Bauleistungen beauftragt werden. Die ausschlaggebenden Unterschiede zwischen dem zweiten und dem dritten Modell liegen in der Art der Vergütung. Während in Modell 2 die finalen Kosten die Vergütungsbasis darstellen, wird in Modell 3 nach dem Einheitspreissystem abgerechnet.

7.1 Beantwortung der Forschungsfragen

Fragenkomplex 1: *In welche Phasen gliedert sich ein klassischer Projektablauf für eine öffentliche Auftraggeberin? Kann eine konkrete Reihenfolge dieser Phasen bestimmt werden? Wie spiegeln sich die Phasen eines klassischen Projektablaufs in einem Hochbau-Bauvorhaben wider?*

Beim untersuchten Beispielprojekt gliedern sich die vorgefundenen Projektphasen ident mit jener Einteilung gemäß den Erläuterungen der *Wirtschaftskammer Österreich – Bundesinnung Bau*. Dabei werden die fünf Phasen des Projektmanagements beschrieben. In Projektphase 1 *Projektvorbereitung* werden Projektziele definiert, Machbarkeitsstudien und andere projektbezogene Analysen durchgeführt sowie eine grobe Projektkonzeption erstellt. Projektphase 1 endet mit dem Beschluss zur Planung. Projektphase 2 *Planung* umfasst sämtliche Schritte von der Erstellung des Vorentwurfs bis zur Freigabe der Einreichplanung. Sie beinhaltet zudem Informationen zu Qualitäts-, Kosten- und Terminvorgaben sowie zu Vertragsinhalten. Mit der Einreichung der Projektunterlagen beginnt Projektphase 3 *Ausführungsvorbereitung*. Die Ausschreibung der Hauptbauleistungen wird vorbereitet und durchgeführt. Bei öffentlichen Auftraggeberinnen er-

folgt – falls nötig – die Bekanntmachung gemäß dem Bundesvergabegesetz. Das Ende der dritten Projektphase markiert die Vergabe der Hauptbauleistungen sowie die zugehörigen Vertragsabschlüsse. Innerhalb der vierten Projektphase *Ausführung* wird das Bauwerk errichtet. Kosten-, Termin- und Qualitätsvorgaben werden fortgeschrieben. Die Übergabe kennzeichnet den Beginn der fünften Projektphase *Projektabschluss*. Der Probetrieb inklusive einer Betriebseinführung findet statt. Mit der Freigabe der Schlussrechnungen erfolgt der kaufmännische und organisatorische Projektabschluss. Gegebenenfalls müssen Gewährleistungsmängel behoben werden. Das Ende der Gewährleistungsfrist charakterisiert gleichzeitig auch das Ende der Projektphase 5.

Durch die Anwendung von Lean Management Methoden kann sich die Reihenfolge der vorgestellten Projektphasen ändern. Zudem ist es möglich, dass die einzelnen Projektphasen nicht mehr klar abgegrenzt werden können – vielmehr verschwimmen sie. Die Inhalte der Projektphasen, wie die Definition von Projektzielen, Planungsleistungen, Ausschreibung und Vergabe sowie Bauleistungen, bleiben ungehindert der Reihenfolge bestehen. Wie sich eine Änderung der Projektphasen-Reihenfolge auf die Gesamtprojektdauer auswirken kann, wird in Fragenkomplex 2 behandelt. Ob beziehungsweise wie die Vereinbarkeit mit den rechtlichen Grundlagen in Österreich gegeben ist, stellt sich Fragenkomplex 4.

Fragenkomplex 2: *Wie würden sich Lean Management Methoden in Planung und Ausführung eines klassisch geplanten und ausgeführten Bauvorhabens auswirken? Welche Erkenntnisse können aus dem zeitlichen Verlauf eines mit Lean Management Methoden unterstützten Projektes gewonnen werden? Wie sind die Ergebnisse – bezogen auf die Gesamtprojektdauer – zu bewerten?*

Ansätze nach der Lean Philosophie können in allen klassischen, oben vorgestellten Projektphasen angewendet werden. Konkrete Lean Management Methoden werden beim untersuchten Bauvorhaben sukzessive angewandt. Zuerst werden Methoden aus Lean Construction umgesetzt. Dabei erfolgt die theoretische Umsetzung isoliert innerhalb der Ausführungsphase. Vorgänge innerhalb der Planungs- und Ausschreibungsphase werden dabei gleichzeitig nicht untersucht. Optimierungen in der Ausführungsphase bedingen Änderungen in der Ausschreibungs- und Vergabephase, in weiterer Folge auch in der Planungsphase. Die Ergebnisse werden nun schrittweise vorgestellt.

Primär durch die Anwendung des Last Planner® Systems und der Taktsteuerung innerhalb der Ausführungsphase kann bei minimalem höheren Personaleinsatz die Gesamtbauzeit von knapp drei Jahren auf 14 Monate reduziert werden. Abb. 7.1 stellt den Vergleich der Baudauer zwischen IST- und LEAN-Projekttablauf innerhalb der Bauausführung grafisch dar. Werden ausschließlich die Innenausbauarbeiten betrachtet, können die Bautätigkeiten um fünf Wochen verkürzt werden. Zudem wird die Flusseffizienz – und damit auch der Anteil der wertschöpfenden Tätigkeiten – von grob 45 – 55% auf konstante 85% pro Geschoss erhöht.

Für die Realisierung der oben erläuterten Optimierungsvariante 1 werden zeitliche Anpassungen innerhalb der Ausschreibungs- und Vergabephase erforderlich. Durch einen gesamtheitlichen Optimierungsansatz wird eine mögliche Verlängerung der Ausschreibungs- und Vergabephase sowie der Werkplanung einzelner Arbeitspakete zu Gunsten einer Reduktion der Baudauer grundsätzlich in Kauf genommen. Je kürzer die Baudauer ist, desto geringer sind auch die

Gegenüberstellung Baudauern Abbruch, Zubau Nord & Süd, Bestandsumbau IST- und LEAN-Projektablauf		Feb.18	Mär.18	Apr.18	Mai.18	Juni.18	Juli.18	Aug.18	Sep.18	Oktober.18	Nov.18	Dez.18	Jan.19	Feb.19	Mär.19	Apr.19	Mai.19	Juni.19	Juli.19	Aug.19	Sep.19	Oktober.19	Nov.19	Dez.19	Jan.20	Feb.20	Mär.20	Apr.20	Mai.20	Juni.20	Juli.20	Aug.20	Sep.20		
IST- Projektablauf																																			
LEAN-Projektablauf																																			

Abb. 7.1: Vergleich der Baudauer zwischen IST- und LEAN-Projektablauf

merkbareren Auswirkungen (Lärm, Staub, Unfallgefahr, ...) auf den Schulbetrieb. Die Möglichkeit einer längeren Arbeitsvorbereitung für ausführende Unternehmen erhöht wesentlich die Chance, den getakteten und verkürzten Bauablauf tatsächlich realisieren zu können.

In Abb. 7.2 ist die zeitliche Überlappung der Ausschreibung, Vergabe und Werkplanung einzelner Arbeitspakete mit der Bauausführung des IST-Projektablaufes ersichtlich. Der optimierte LEAN-Projektablauf sieht eine Ausschreibungs- und Vergabephase, mit ausreichend Zeit zur Arbeitsvorbereitung vor, bei der alle Arbeitspakete parallel ausgeschrieben werden. Bis zum Baubeginn sollen alle Leistungen vergeben und klar definiert sein. Die zeitgleiche Ausschreibung aller Arbeitspakete erfordert einen gewissen Planungsstand, aus dem alle benötigten Leistungen hervorgehen. Eine dem IST-Projektablauf gegenüber längere Planungs- und Vergabephase ist denkbar. Da keine genaueren Daten zu Vergabeverfahren und Planungsstand zum Zeitpunkt der Ausschreibung vorliegen, können keine quantitativen Aussagen zu zeitlichen Auswirkungen der Optimierungen getroffen werden.

Gegenüberstellung AVP Ausschreibung, Vergabe, Werkplanung IST- und LEAN-Projektablauf		Aug.17	Sep.17	Oktober.17	Nov.17	Dez.17	Jan.18	Feb.18	Mär.18	Apr.18	Mai.18	Juni.18	Juli.18	Aug.18	Sep.18	Oktober.18	Nov.18	Dez.18	Jan.19	Feb.19	Mär.19	Apr.19	Mai.19	Juni.19	Juli.19	Aug.19	Sep.19	Oktober.19	Nov.19	Dez.19	Jan.20	Feb.20	Mär.20	Apr.20	Mai.20	Juni.20	Juli.20	Aug.20	Sep.20	Oktober.20				
IST- Projektablauf: AVP AP 01																																												
IST- Projektablauf: AVP AP 02																																												
IST- Projektablauf: AVP AP 03																																												
IST- Projektablauf: AVP AP 04																																												
IST- Projektablauf: Bauarbeiten																																												
LEAN-Projektablauf: AVP gesamt																																												
LEAN-Projektablauf: Bauarbeiten																																												

Abb. 7.2: Vergleich der Ausschreibungs- und Vergabephase inklusive Arbeitsvorbereitung von IST- und LEAN-Projektablauf

In einem dritten Optimierungsvorschlag werden im Sinne der Integrierten Projektanbahnung die klassischen Projektphasen aufgelöst und neu angeordnet. Auf Basis der Planunterlagen der Leistungsphase 2 werden die ausführenden Unternehmen mittels Verhandlungsverfahren ausgewählt. Daraufhin erfolgt die Planung bis zur Ausführungsreife, wobei ausführende Unternehmen lediglich beratend zur Seite stehen. Mit freigegebener Ausführungsplanung startet die Bauphase.

In Abb. 7.3 ist eine Gegenüberstellung der Projektphasen gemäß dem klassischen Projektmanagement und dem Modell der Integrierten Projektanbahnung gegeben. Am Beginn beider Herangehensweisen steht die Projektentwicklung (grau) mit ersten Machbarkeitsstudien und Analysen. Die Phasen der Planung (gelb) und der Ausschreibung (orange) sind bei den beiden

Gegenüberstellung LPH Leistungsphasen gemäß PM und IPA	
Leistungsphasen nach klassischem PM	
Leistungsphasen nach dem IPA-Modell	

Abb. 7.3: Vergleich der Projektphasen nach klassischem Projektmanagement und nach dem Modell der Integrierten Projektabwicklung

Ansätzen vertauscht. Hierin besteht der größte Unterschied beider Modelle. Auf die Bauausführung (blau) folgt in beiden Fällen der Betrieb (grün) des Bauwerks. In Literaturquellen wird stets darauf hingewiesen, dass bei Integrierter Projektabwicklung speziell Wert auf die Einhaltung des Kosten- und Terminrahmens gelegt wird. Der Autorin sind zum Zeitpunkt der Fertigstellung der vorliegenden Diplomarbeit keine Studien bekannt, die über den Einfluss Integrierter Projektabwicklung auf die Gesamtprojektdauer berichten. Selbst beim untersuchten Beispielprojekt können keine quantitativen Aussagen zu terminlichen Auswirkungen auf die Gesamtprojektdauer durch die Anwendung von Integrierter Projektabwicklung getroffen werden.

Fragenkomplex 3: Welche Vorteile bringt ein mit Lean Management Methoden geplantes und ausgeführtes Projekt? Welche Nachteile können bei einem Lean gestützten Bauvorhaben verzeichnet werden? Wie sind die Vor- und Nachteile gegenüberzustellen?

Ganz allgemein gibt es keine Vorteile ohne einhergehende Nachteile und umgekehrt. Das Lean Management setzt sich sehr stark mit der Optimierung von Prozessen aller Art auseinander. Generell gilt: Überall dort, wo Verschwendung eliminiert werden kann, entstehen Vorteile. Die Einhaltung der Qualitäts-, Kosten- oder Terminvorgaben, die Reduktion von CO₂-Emissionen oder die Steigerung der Kundenzufriedenheit sind allesamt durch Prozessoptimierungen mittels Lean Management Methoden denkbar. Die Nachteile bestehen allerdings darin, dass Prozessoptimierungen nicht „einfach passieren“ – man muss sie aktiv in die Wege leiten.

Die positiven Auswirkungen von Lean Construction Methoden auf die Baudauer wurden bereits unter Fragenkomplex 2 dargelegt. Die Realisierbarkeit einer Verkürzung der Baudauer hängt essenziell mit der Bereitschaft *aller* Projektbeteiligten zusammen, kollektive Projektziele gegenüber individuellen Zielen in den Vordergrund zu stellen. Lean Management beruht auf gelebter Transparenz, Offenheit, Respekt und Wertschätzung. Die Umsetzung von Lean Design und Lean Construction Methoden in einem Projektteam, das eher zurückhaltende, eigennützige Verhaltensweisen pflegt, wird nicht denselben Erfolg zeigen, wie in einem Projektteam, das der Lean Philosophie ganzheitlich offen gegenübersteht.

Zudem muss erwähnt werden, dass eine Optimierung der Gesamtprojektdauer zwangsläufig zu Lasten von Qualitätsanforderungen geht und/oder zu Kostenerhöhungen führt. Eine Erhöhung aller drei Parameter im selben Ausmaß scheint nicht möglich zu sein. In Zusammenhang mit der vorliegenden Arbeit sind höhere Kosten für aufwendigere Vergabe- und Vertragsmodelle (Modell

der Integrierten Projektabwicklung) und zusätzliche Workshops (Lean Construction Workshops in der Ausführungsphase) zu erwähnen.

Eine Bewertung von Vor- und Nachteilen in der Anwendung von Lean Management Methoden müssen alle Beteiligten individuell treffen. Für Industriebetriebe kann etwa die Reduktion der Projektdauer einen wirtschaftlichen Vorteil gegenüber anderen Unternehmen bringen. Bauherrn etwa aus der Pharmaindustrie stellen höhere Baukosten einem potenziell entgangenen Gewinn gegenüber. Gerade in der Pharma- und Technikbranche können Monate, in denen die Produktionshallen früher fertiggestellt und so früher mit der Herstellung von Produkten begonnen werden kann, über die Marktführerschaft entscheiden. Öffentliche Auftraggeberinnen werden hingegen eher dazu neigen, ihr von der Regierung vorgeschriebenes Budget einzuhalten. Eine längere Baudauer wird teilweise in Kauf genommen. Private Bauherrn, die ihr Eigenheim planen, werden wahrscheinlich mehr auf die Qualität der Materialien achten als gemeinnützige Wohnbauträger. Anhand dieser Beispiele soll gezeigt werden, wie unterschiedlich die Werte der jeweiligen Auftraggeberinnen sein können. Es wäre daher fatal, Vor- und Nachteile der Anwendung von Lean Management Methoden pauschal zu beurteilen. Solange bei der Anwendung von Lean Management Methoden der Kundenwert klar definiert und immer berücksichtigt wird, ist jede Schwerpunktsetzung innerhalb des Qualität-Kosten-Termin-Dreiecks berechtigt.

Fragenkomplex 4: *Sind die aufgezeigten Verbesserungsvorschläge auf Basis des Lean Managements im Rahmen des österreichischen Bundesvergabegesetzes für öffentliche Auftraggeberinnen grundsätzlich umsetzbar? Wie würden sich die gezeigten Lean Management Prozesse im österreichischen Bundesvergabegesetz integrieren lassen, falls dies überhaupt möglich ist? Welche Voraussetzungen müssten diesbezüglich noch geschaffen werden?*

Der Autorin sind zum Zeitpunkt der Fertigstellung der vorliegenden Diplomarbeit keine konkreten wissenschaftlichen Aussagen zur Anwendbarkeit von Lean Management Methoden im Rahmen des österreichischen Bundesvergabegesetzes bekannt. Eine wissenschaftliche Abhandlung der Thematik liegt in Form eines Forschungsberichtes bezüglich der deutschen Rechtsgrundlage vor. Darin wird erläutert, dass die Möglichkeit einer Anwendung von Lean Management Methoden innerhalb der Planungs- und Ausführungsphase rechtlich bestünde, auch die Umsetzung von Integrierter Projektabwicklung sei möglich. An dieser Stelle wird darauf hingewiesen, dass Unterschiede der deutschen und österreichischen Rechtsgrundlage bestehen. Daher kann kein pauschaler Rückschluss auf die Anwendbarkeit in Österreich gezogen werden.

7.2 Ausblick auf mögliche weitere Arbeiten

Bei der Erstellung der vorliegenden Diplomarbeit haben sich einige Fragen ergeben, die nicht ausdrücklich beantwortet werden konnten oder deren Beantwortung den Umfang dieser Diplomarbeit bei Weitem übersteigen würde. Einerseits wäre es denkbar, die in dieser Diplomarbeit in der Theorie angewendeten Lean Management Methoden in einem noch auszuführenden Bauvorhaben einzusetzen und die Ergebnisse zu vergleichen. Realitätsnahe quantitative Aussagen zur Frage,

um welchen Wert sich die Baudauer durchschnittlich verkürzen lässt, könnten Ergebnis einer weiteren Studie sein. Auch ist eine konkrete Anwendung beziehungsweise Untersuchung der Auswirkungen von Lean Management Methoden innerhalb der Planungsphase ausständig.

Generell haben die in dieser Diplomarbeit vorgestellten baubetrieblichen Optimierungen Fragestellungen zur Folge, die bauwirtschaftlich beantwortet werden müssen. Im Zuge der rechtlichen Erläuterungen von Breyer et al. [14] zum Modell der Integrierten Projektabwicklung stellt sich ganz allgemein die Frage, inwiefern diese Untersuchungen auf österreichische Rechtsgrundlagen anwendbar sind. Speziell ist die vertragliche Umsetzbarkeit einer Kooperationsvereinbarung innerhalb beziehungsweise zusätzlich zu General- oder Totalunternehmerverträgen zu hinterfragen. Weiters ist zu prüfen, ob Generalunternehmer diese Kooperationsvereinbarungen ihren Nachunternehmern vertraglich weitergeben können. So wäre eine durchgängige Kooperationsverpflichtung von der Auftraggeberin bis zum letzten Nachunternehmer denkbar. Zudem ist zu klären, inwiefern das Bundesvergabegesetz bei der Anwendung von Lean Management Methoden – genauer von Lean Construction und Lean Design Methoden – innerhalb einer Projektphase von Bedeutung ist und ob eine Verankerung im Bundesvergabegesetz rechtlich überhaupt notwendig erscheint. Weiters bleibt offen, inwiefern es innerhalb des österreichischen Bundesvergabegesetzes möglich ist, ausführende Unternehmen in der Planungsphase beratend mit einzubeziehen und dieselben Unternehmen durch eine Optionsvereinbarung ohne neuerliche Ausschreibung mit den Bauleistungen zu beauftragen. Einige versicherungsrelevante Fragen kommen bei der *Integrated Project Insurance* und Haftungsausschlüssen innerhalb der Planungsphase auf.

Appell der Autorin an alle Leserinnen und Leser

Die Ausführungen in dieser Diplomarbeit zur Lean Philosophie sollen verdeutlichen, dass Lean Management Methoden keinesfalls isoliert betrachtet werden dürfen. Wir Techniker und Technikerinnen sind oftmals dazu verleitet, alles durch Zahlen, Daten und Fakten greifbar machen zu wollen. Die vollumfängliche Wirkung der Lean Management Methoden kann sich allerdings erst entfalten, wenn getroffene Optimierungen für alle Beteiligten *sinnstiftend* sind. Werden Optimierungen dazu genutzt, immer schneller, höher und billiger zu bauen? Oder werden Optimierungen vielleicht dahingehend getroffen, etwa nachhaltig qualitativen Wohnraum zu erschaffen, der über viele Jahrzehnte Bestand hat? Werden durch die Verkürzung der Baudauer pro Zeiteinheit mehr Projekte umgesetzt, die vielleicht massiv in die Umwelt eingreifen? Oder wird die gewonnene Zeit nach einer intensiven Bauphase den Projektbeteiligten frei zur Verfügung gestellt?

Das Modell der Integrierten Projektabwicklung schafft – im Gegensatz zum konventionellen, in den letzten Jahrzehnten immer enger gewordenen Vertragskorsett – neue (wiedergewonnene) Freiheiten innerhalb des Projektteams und stellt gemeinsame Projektziele in den Vordergrund. Nutzt allerdings ein Projektmitglied diese Freiheiten aus, wird jeder Handgriff wieder streng vertraglich geregelt werden und Streitigkeiten den Himmel der Baubranche trüben.

Jede und jeder Einzelne von uns kann ihren/seinen persönlichen Beitrag leisten, durch Kompromissbereitschaft, Offenheit und Ehrlichkeit zum Projekterfolg beizutragen. Die vorliegende Diplomarbeit schließt in diesem Sinne mit dem eingangs gebrachten Zitat: *„Die Kompetenz, Methoden und Werkzeuge des Lean Managements anzuwenden, entspricht der Fähigkeit, die richtigen Noten zu spielen. Der Charakter der Musizierenden beeinflusst hingegen die ertönende Melodie, während die kulturelle Einstellung des Publikums darüber entscheidet, ob die Musik Anklang findet.“*



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.

Literatur

- [1] öbv-Richtlinie: 2021-05. *Alternative Vertragsmodelle*. Österreichische Bautechnik Vereinigung. Wien.
- [2] „Alternative Vertragsmodelle und Lean Management“. In: *Österreichische Bauzeitung* 23-24 (2021), S. 61. URL: https://www.lean.wien/wp-content/uploads/2022/07/LeanWien-Publikationen_Bauzeitung-23-24-2021.pdf.
- [3] G. Angermeier. *Risikomatrix*. 2017. URL: <https://www.projektmagazin.de/glossarterm/risikomatrix> (Zugriff am 18.09.2022).
- [4] G. Ballard. „Das Last Planner System“. In: *Lean Construction – das Managementhandbuch: agile Methoden und Lean Management im Bauwesen*. Hrsg. von M. Fiedler. Berlin Heidelberg: Springer Gabler Verlag, 2018, S. 121–135. ISBN: 978-3-662-55336-7.
- [5] G. Ballard. „The last planner system of production control“. Dissertation. The University of Birmingham, 2000.
- [6] F. Barbosa, J. Woetzel und J. Mischke. *Reinventing Construction: A route to higher productivity*. Feb. 2017, S. 77–86.
- [7] S. Bender. *Henry Ford – Zitate*. 2021. URL: <https://www.henry-ford.net/deutsch/zitate.html> (Zugriff am 05.12.2021).
- [8] Bibliographisches Institut GmbH. *Takt*. 2022. URL: https://www.duden.de/rechtschreibung/Takt_Rhythmus_Metrum (Zugriff am 13.08.2022).
- [9] Bibliographisches Institut GmbH. *Tätigkeit*. 2022. URL: <https://www.duden.de/rechtschreibung/Taetigkeit> (Zugriff am 05.02.2022).
- [10] *Technical Takt Planning and Takt Control in Construction*. LC3 2017 Volume II – Proceedings of the 25th Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC). Heraklion, 2017.
- [11] *Adjustment mechanisms for demand-oriented optimisation in Takt Planning and Takt Control*. LC3 2017 Volume II – Proceedings of the 25th Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC). Heraklion, 2017.
- [12] A. Boldt, Hrsg. *Integrierte Projektentwicklung. Ein Leitfaden für Führungskräfte*. URL: <https://www.glci.de/static/43c973db8b492b418f2a4bbd5d8e1a27/IPA-Handlungse1eitfaden-2020-einseitiger-Druck.pdf> (Zugriff am 29.08.2022).

- [13] F. Berner, Hrsg. *Partnering Modelle – Ein internationaler Vergleich*. Bd. 1. Auflage. Planen, Errichten und Betreiben – Digitalisierung im Bau. 4. Internationaler BBB-Kongress. Stuttgart, 2017, S. 163–177.
- [14] W. Breyer, A. Boldt und S. Haghsheno. *Alternative Vertragsmodelle zum Einheitspreisvertrag für die Vergabe von Bauleistungen durch die öffentliche Hand*. Forschungsber. Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung, 2020. 311 S.
- [15] Cabinet Office of UK government. *The Integrated Project Insurance (IPI) Model – Project Procurement and Delivery Guidance*. 2014. URL: http://constructingexcellence.org.uk/wp-content/uploads/2015/12/IPI_Guidance.pdf (Zugriff am 11.09.2022).
- [16] J. Darrington und W. Lichtig. „Integrated Project Delivery – Angleichen der Ziele einer Projektorganisation, des operationalen Systems und der Commercial Terms“. In: *Lean Construction – das Managementhandbuch : agile Methoden und Lean Management im Bauwesen*. Hrsg. von M. Fiedler. Berlin Heidelberg: Springer Gabler Verlag, 2018, S. 309–321. ISBN: 978-3-662-55336-7.
- [17] „Digitalisierung und Lean Management“. In: *Österreichische Bauzeitung 1-2 (2022)*, S. 38. URL: https://www.lean.wien/wp-content/uploads/2022/07/LeanWien-Publikationen_Bauzeitung-01-02-2022.pdf.
- [18] *Three-level Method of Takt Planning and Takt Control – A New Approach For Designing Production System in Construction*. Proc. 24th Ann. Conf. of the Int’l. Group for Lean Construction. Boston, 2016.
- [19] K. Eschenbruch. „Partnering in der Bau- und Immobilienwirtschaft“. In: *Projektmanagement und Vertragsstandards in Deutschland*. Hrsg. von P. Racky. Kohlhammer, 2008.
- [20] S. G. Faber. „Partnerschaftliche Zusammenarbeit zwischen Auftraggeber und Auftragnehmer“. In: *Projektmanagement von Verkehrsinfrastrukturprojekten*. Hrsg. von K. Spang. Berlin Heidelberg: Springer Vieweg Verlag, 2016, S. 749–793. ISBN: 978-3-662-46457-1.
- [21] P. Faulstich. *Aufklärung – Zugang zum Wissen und die Macht seines Gebrauchs*. 2011. URL: <https://www.die-bonn.de/doks/report/2011-theorie-der-erwachsenenbildung-01.pdf> (Zugriff am 01.02.2022).
- [22] M. Fiedler, Hrsg. *Lean Construction – das Managementhandbuch : agile Methoden und Lean Management im Bauwesen*. ger. Berlin: Springer Gabler, 2018. ISBN: 3662553368.
- [23] Ford Motor Company. *Die Henry Ford Story*. 2021. URL: <https://www.ford.de/ueberford/geschichte#henryfordstory> (Zugriff am 28.12.2021).
- [24] R. Galler. *Bürogebäude Ost BMW Freimann München*. 2019. URL: <https://worldofp Orr.com/de/173-2019/buerogebaeude-ost-bmw-freimann-muenchen/> (Zugriff am 09.09.2022).
- [25] P. Gorecki und P. Pautsch. *Praxisbuch Lean Management : der Weg zur operativen Excellence*. ger. 3., überarbeitete Auflage. München: Hanser, 2018. ISBN: 3446455981. URL: 10.3139/9783446455986.

- [26] GTS Automation GmbH. *BMW München Freimann*. 2022. URL: <http://www.gts-automation.com/bmw-muenchen-freimann-mit-lean-management-entstehen-in-rekordzeit-72-500-m%C2%B2-bueroraemlichkeiten-in-muenchen/> (Zugriff am 10.09.2022).
- [27] *History and theoretical foundations of Takt Planning and Takt Control*. Proc. 24th Ann. Conf. of the Int'l. Group for Lean Construction. Boston, 2016.
- [28] S. Haghsheno, A. Boldt, W. Breyer, M. Lentzler, B. Dauner-Lieb und P. Leupertz Stefan und Schwerdtner. *Integrierte Projektentwicklung (IPA) – Charakteristika und konstitutive Modellbestandteile*. Karlsruhe. URL: https://www.ipa-zentrum.de/assets/files/Publikation_Modellbeschreibung_IPA.pdf (Zugriff am 29.08.2022).
- [29] *Konfliktursachen und Streitgegenstände bei der Abwicklung von Bauprojekten – Eine empirische Untersuchung*. Jahrbuch Baurecht 8. München: Werner Verlag, 2005.
- [30] S. Haghsheno und N. Wachter, Hrsg. *Lean Construction – Begriffe und Methoden*. Karlsruhe, 2019.
- [31] Handler Holding GmbH. *Leanmanagement bei HANDLER*. 2022. URL: <https://handler-group.com/news/lean-on-handler/> (Zugriff am 10.09.2022).
- [32] High Speed Two (HS2). *Early Contractor Involvement*. 2014. URL: https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/377586/Early_contractor_involvement__ECI__guidance__Oct_2014_.pdf (Zugriff am 28.08.2022).
- [33] R. Huppertz. *Taktplanung und Taktsteuerung*. 2022. URL: <https://resultantz.de/takt/> (Zugriff am 05.09.2022).
- [34] G. F. Kamiske und J.-P. Brauer. *ABC des Qualitätsmanagements*. ger. München: Hanser, 2020. ISBN: 3446466797.
- [35] Konas Consulting Unternehmensberatung GmbH. *Lebendige Organisationen gestalten*. 2022. URL: <https://www.konas-consulting.com/organisationen/lebendige-organisationen-gestalten/> (Zugriff am 01.02.2022).
- [36] „Können wir uns Bauvorhaben ohne Lean noch leisten?“ In: *Österreichische Bauzeitung* 22 (2021), S. 38. URL: https://www.lean.wien/wp-content/uploads/2022/07/LeanWien-Publikationen_Bauzeitung-22-2021.pdf.
- [37] öbv-Richtlinie: 2018-04. *Kooperative Projektentwicklung*. Österreichische Bautechnik Vereinigung. Wien.
- [38] H. Koziol, R. Welser und A. Kletečka. *Grundriss des bürgerlichen Rechts*. Wien.
- [39] A. Kropik. *Bauzeitverzögerungen – Ein Leitfaden*. Wien, 2020. URL: https://www.wko.at/branchen/gewerbe-handwerk/bau/know-how-2020_L11.pdf.

- [40] Lean Construction Institute. *The Mindset of an Effective Big Room*. 2015. URL: https://leanconstruction.org/media/learning_laboratory/Big_Room/Big_Room.pdf (Zugriff am 08.08.2022).
- [41] Lean Construction Management GmbH. *LEAN.WIEN wir optimieren*. 2022. URL: <https://www.lean.wien> (Zugriff am 10.09.2022).
- [42] Lean Enterprise Institute. *James Womack*. 2021. URL: <https://www.lean.org/about-lei/senior-advisors-staff/james-womack/> (Zugriff am 28.12.2021).
- [43] öbv-RL Lean: 2021-05. *Lean Planen, Bauen & Betreiben*. Österreichische Bautechnik Vereinigung. Wien.
- [44] *VOB/B – ÖNORM B 2110 Ein partieller Vergleich*. 3. PM-Bau Symposium. 2008.
- [45] R. Lessiak und U. Gallistel. „PLM – Projektbegleitendes Lösungsmanagement: Wege zur kooperativen Projektabwicklung“. In: *Zeitschrift für Vergaberecht & Bauvertragsrecht* 268 (2020).
- [46] J. K. Liker. *Der Toyota-Weg : 14 Managementprinzipien des weltweit erfolgreichsten Automobilkonzerns*. ger. 6., leicht veränd. Aufl.. Financial Times Deutschland. München: FinanzBuch-Verl., 2009. ISBN: 978-3-89879-188-5.
- [47] J. K. Liker. *Die Toyota Kultur: Das Herz und die Seele von „Der Toyota Weg“*. ger. 1. Financial Times Deutschland. München: FinanzBuch-Verl., 2009. ISBN: 978-3-89879-446-6.
- [48] W. Mass und A. Robertson. „From Textiles to Automobiles: Mechanical and Organizational Innovation in the Toyoda Enterprises, 1895-1933“. In: *BUSINESS AND ECONOMIC HISTORY* 25.2 (1996), S. 1–37.
- [49] Mecalux GmbH. *Was bedeutet Lean Logistik?* 2022. URL: <https://www.mecalux.de/blog/was-ist-lean-logistik> (Zugriff am 05.03.2022).
- [50] N. Modig und P. Åhlström. *Das ist Lean: die Auflösung des Effizienzparadoxons*. ger. Stockholm: Rheologica Publishing, 2017. ISBN: 978-91-87791-09-9.
- [51] D. Mosey. *Early Contractor Involvement in Building Procurement: Contracts, Partnering and Project Management*. Chichester, West Sussex: Wiley-Blackwell, 2009. ISBN: 978-1-444-30986-7.
- [52] C. Motzko. *Praxis des Bauprozessmanagements: Termine, Kosten und Qualität zuverlässig steuern*. ger ; eng. Berlin: Wilhelm Ernst & Sohn Verlag, 2013. ISBN: 9783433030073.
- [53] M. Müthel. „Wie Sie eine ethische Unternehmenskultur fördern“. In: *Controlling & Management Review* 61.7 (2017), S. 24–33.
- [54] BVergG 2018: Fassung vom 2021-09-07. *Bundesgesetz über die Vergabe von Aufträgen (Bundesvergabegesetz 2018 - BVergG 2018)*. Austrian Standards Institute. Wien.
- [55] BGB: Fassung vom 2021-12-21. *Bürgerliches Gesetzbuch (BGB) in der Fassung der Bekanntmachung vom 2. Januar 2002*. Bundesministerium der Justiz.

- [56] BVerG 2018: Fassung vom 2021-09-07. *Erläuterungen zu Art. 1 (Bundesvergabegesetz 2018 - BVerG 2018)*. Austrian Standards Institute. Wien.
- [57] ÖNORM B 2118: 2021-12-01. *ÖNORM B 2118: Allgemeine Vertragsbestimmungen für Bauleistungen und Anwendung des Partnerschaftsmodells, insbesondere bei Großprojekten – Werkvertragsnorm*. Austrian Standards Institute. Wien.
- [58] L. Paar. „Handlungsempfehlungen für ein alternatives Abwicklungsmodell für Infrastruktur-Bauprojekte in Österreich“. Dissertation. Technical University of Graz, 2018.
- [59] PORR AG. *Green and Lean*. 2022. URL: <https://porr-group.com/group/ueber-uns/green-and-lean/> (Zugriff am 10.09.2022).
- [60] M. Prötsch. „Zukunftsfragen des Baubetriebs – Lean Construction“. Diplomarbeit. Technische Universität Wien, 2019.
- [61] PTC Inc. *build to order definition*. 2022. URL: <https://www.arenasolutions.com/resources/glossary/build-to-order/> (Zugriff am 12.02.2022).
- [62] *Innovative Abwicklungsformen für Bauprojekte: Partnering und PPP*. 4. IBW-Symposium. Heraklion, 2006.
- [63] REFA AG. *Das REFA-Lexikon – Gemba*. 2021. URL: <https://refa.de/service/refa-lexikon/gemba> (Zugriff am 28.12.2021).
- [64] REFA AG. *Das REFA-Lexikon – Jidoka*. 2021. URL: <https://refa.de/service/refa-lexikon/jidoka> (Zugriff am 28.12.2021).
- [65] REFA AG. *Das REFA-Lexikon – Just-in-Time*. 2022. URL: <https://refa.de/service/refa-lexikon/just-in-time-prinzip> (Zugriff am 05.02.2022).
- [66] REFA AG. *Das REFA-Lexikon – Kanban*. 2022. URL: <https://refa.de/service/refa-lexikon/kanban> (Zugriff am 05.02.2022).
- [67] REFA AG. *Das REFA-Lexikon – Lean Leadership*. 2022. URL: <https://refa.de/service/refa-lexikon/lean-leadership> (Zugriff am 05.02.2022).
- [68] REFA AG. *Das REFA-Lexikon – Lean Management*. 2021. URL: <https://refa.de/service/refa-lexikon/lean-management> (Zugriff am 28.12.2021).
- [69] REFA AG. *Das REFA-Lexikon – PokaYoke*. 2022. URL: <https://refa.de/service/refa-lexikon/poka-yoke> (Zugriff am 08.08.2022).
- [70] REFA AG. *Das REFA-Lexikon – Produktionssystem*. 2022. URL: <https://refa.de/service/refa-lexikon/produktionssystem> (Zugriff am 22.02.2022).
- [71] refine. *Inselspital Bern*. 2022. URL: https://www.linkedin.com/posts/refine-projects-ag_der-neubau-des-inselspitals-in-bern-eine-activity-6909484079633580032-2pf7?utm_source=share&utm_medium=member_desktop (Zugriff am 09.09.2022).
- [72] refine Projects AG. *refine – unsere Leistungen*. 2022. URL: <https://refine.team/ch/unsere-leistungen-ch/> (Zugriff am 09.09.2022).

- [73] M. Rother und J. Shook. *Sehen lernen: mit Wertstromdesign die Wertschöpfung erhöhen und Verschwendung beseitigen*. URL: https://books.google.at/books?id=31EBAwAACAAJ&dq=editions:vTnAOVrjSCIC&hl=de&sa=X&redir_esc=y (Zugriff am 16. 09. 2022).
- [74] M. Sakal. „Project Alliancing: A Relational Contracting Mechanism for Dynamic Projects“. In: *Lean Construction Journal* Vol 2 (2005), S. 67–79.
- [75] C. Schlabach. „Untersuchungen zum Transfer der australischen Projektabwicklungsform Project Alliancing auf den deutschen Hochbaumarkt“. Dissertation. kassel university, 2013.
- [76] K.-J. Schneider und R. Wormuth. *Baulexikon: Erläuterung wichtiger Begriffe des Bauwesens Mit vielen Abbildungen*. Beuth Verlag, 2016. ISBN: 341024655X.
- [77] A. Simonis. *Effizienz und Effektivität – Wo liegen die Unterschiede?* 2020. URL: <https://www.inloox.de/unternehmen/blog/artikel/effizienz-und-effektivitaet-wo-liegen-die-unterschiede/> (Zugriff am 05. 02. 2022).
- [78] R. E. Smith, A. Mossmann und S. Emmitt. „Lean and Integrated Project Delivery“. In: *Lean Construction Journal* (2011), S. 1–16.
- [79] Statistik Austria. *Index des Arbeitsvolumens Basis 2015, arbeitstätig bereinigt*. 2022. URL: https://pic.statistik.at/web_de/statistiken/wirtschaft/produktion_und_bauwesen/konjunkturdaten/index_der_geleisteten_arbeitsstunden/index.html (Zugriff am 12. 02. 2022).
- [80] Statistik Austria. *Krankenstandsfälle seit 1990 nach Diagnose*. 2022. URL: https://pic.statistik.at/web_de/statistiken/menschen_und_gesellschaft/gesundheit/gesundheitszustand/krankenstaende/index.html (Zugriff am 12. 02. 2022).
- [81] Statistik Austria. *Krankenstandsfälle, -dauer und -tage 2020 nach Geschlecht und Diagnose*. 2022. URL: https://pic.statistik.at/web_de/statistiken/menschen_und_gesellschaft/gesundheit/gesundheitszustand/krankenstaende/index.html (Zugriff am 12. 02. 2022).
- [82] Statistik Austria. *Offene Stellen Erhebung nach ausgewählten Merkmalen*. 2022. URL: https://pic.statistik.at/web_de/statistiken/menschen_und_gesellschaft/arbeitsmarkt/offene_stellen/044908.html (Zugriff am 12. 02. 2022).
- [83] „Lean – mehr als nur schlank“. In: *inform* Ausgabe 23 (2023). Hrsg. von Strabag SE, S. 15–21. URL: [https://www.strabag.com/databases/internet/_public/files.nsf/SearchView/6E22F7B926254387C1257A2400361C5C/\\$File/STRABAG_Inform_23_deutsch_LOW.pdf?OpenElement](https://www.strabag.com/databases/internet/_public/files.nsf/SearchView/6E22F7B926254387C1257A2400361C5C/$File/STRABAG_Inform_23_deutsch_LOW.pdf?OpenElement).
- [84] TCW Transfer-Centrum für Produktions-Logistik und Technologie-Management GmbH & Co. KG. *Schlanke Produktionssysteme*. URL: <https://www.tcw.de/beratungsleistungen/produktion/produktionssysteme-86> (Zugriff am 16. 09. 2022).
- [85] A. Textor. *Sag es auf Deutsch*. ger. Reinbek bei Hamburg: Rowohlt Taschenbuch Verlag, 2011. ISBN: 978-3-499-62765-1.

- [86] Toyota Deutschland GmbH. *Wie alles begann*. 2015. URL: <https://www.toyota.de/toyota-welt/toyota-weltweit/klassiker/toyoda-aa> (Zugriff am 05.02.2022).
- [87] Toyota Industries Corporation. *The Story of Sakichi Toyoda*. 2021. URL: https://www.toyota-industries.com/company/history/toyoda_sakichi/index.html (Zugriff am 28.12.2021).
- [88] Toyota Motor Corporation. *75 Years of Toyota*. 2012. URL: https://www.toyota-global.com/company/history_of_toyota/75years/ (Zugriff am 05.02.2022).
- [89] Universal Health Services. *Lean Project Delivery Guide*. URL: <https://leanconstruction.org/uploads/wp/media/docs/deliveryGuide/UHSLeanProjectDeliveryGuideF.pdf> (Zugriff am 08.08.2022).
- [90] M. von Ebner-Eschenbach. *Wer nichts weiß, muss alles glauben*. 2018. URL: https://link.springer.com/content/pdf/10.1007%2F978-3-662-56307-6_2.pdf (Zugriff am 01.02.2022).
- [91] M. Werkl. „Risiko- und Nutzenverhalten in der Bauwirtschaft. Eine entscheidungstheoretische Betrachtung im institutionenökonomischen Kontext“. Dissertation. Technical University of Graz, 2013.
- [92] WKO Bundesinnung Bau. *Leitfaden zur Kostenabschätzung von Planungs- und Projektmanagementleistungen*. 2018. URL: <https://www.wko.at/branchen/gewerbe-handwerk/bau/band-4-projektmanagement.pdf> (Zugriff am 19.08.2022).
- [93] J. P. Womack und D. T. Jones. *Lean Thinking: Ballast abwerfen, Unternehmensgewinne steigern*. ger. [Erw. u. aktualisierte Neuauflg.]. Management. Frankfurt/Main [u.a.]: Campus Verl., 2004. ISBN: 3593375613.
- [94] J. P. Womack, D. T. Jones und D. Roos. *Die zweite Revolution in der Autoindustrie: Konsequenzen aus der weltweiten Studie aus dem Massachusetts Institute of Technology*. ger. 7. Aufl.. Frankfurt/Main [u.a.]: Campus, 1992. ISBN: 359334548X.
- [95] J. Zimmermann und M. Hamann. „Vergleich bauvertraglicher Regelungsmechanismen im Hinblick auf eine optimierte Abwicklung und zur Senkung von Konfliktpotential am Beispiel von VOB, NEC und FIDIC“. In: *Forschungsinitiative Zukunft Bau*. Stuttgart: Fraunhofer IRB Verlag, 2008. ISBN: 978-3-8167-8050-2.

Abbildungsverzeichnis

Abb. 2.1:	Der PDCA-Zyklus nach Deming (modifiziert nach: <i>Lean Planen, Bauen & Betreiben</i> [43, S. 70])	15
Abb. 2.2:	Gegenüberstellung Informations- und Produktfluss (Quelle: Modig und Åhlström [50, S. 81])	23
Abb. 2.3:	4P-Pyramide (modifiziert nach: Liker [47, S. 81])	26
Abb. 2.4:	Das Haus des TPS (modifiziert nach: Fiedler [22, S. 50])	30
Abb. 3.1:	Übersicht der Funktionsweise des Last Planner® Systems nach Glenn Ballard (modifiziert nach: Ballard [4, S. 124])	35
Abb. 3.2:	Beispielhafte Gesamtprozessanalyse (modifiziert nach: <i>Lean Planen, Bauen & Betreiben</i> [43, S. 25])	39
Abb. 3.3:	Skizzenhafte Darstellung des Anschauungsbeispiels eines dreigeschossigen Wohnbaus (modifiziert nach: Binnering et al. [10, S. 608])	40
Abb. 3.4:	Festlegung der Funktionsbereiche <i>Wohnen, Gang, Allgemeinflächen</i> für das 1.OG (Grundrissdarstellung) (modifiziert nach: Binnering et al. [10, S. 608])	41
Abb. 3.5:	Definition von zwei Standardraumeinheiten: Wohnung klein (SRE 1), Wohnung groß (SRE 2) (modifiziert nach: Binnering et al. [10, S. 608])	42
Abb. 3.6:	Erstellung des Arbeitspaketes <i>Türen</i> (modifiziert nach: Binnering et al. [10, S. 608])	43
Abb. 3.7:	Darstellung der Gewerkesequenz auf Basis der Arbeitspakete (modifiziert nach: Binnering et al. [10, S. 608])	43
Abb. 3.8:	Arbeitszeiten aller Arbeitspakete vor Nivellierung (modifiziert nach: Binnering et al. [10, S. 608])	44
Abb. 3.9:	Arbeitszeiten aller Arbeitspakete nach Nivellierung (modifiziert nach: Binnering et al. [10, S. 608])	45
Abb. 3.10:	Darstellung des Gewerkezuges (modifiziert nach: Binnering et al. [10, S. 608])	46
Abb. 3.11:	Darstellung des Taktplanes für den Funktionsbereich <i>Wohnen</i> des 1. Obergeschosses (modifiziert nach: Binnering et al. [10, S. 609])	46
Abb. 3.12:	Darstellung der Sonderbereiche: Gangbereich (SB 1), Müllraum (SB 2) und Waschküche (SB 3) (modifiziert nach: Binnering et al. [10, S. 608])	47
Abb. 3.13:	Darstellung des gesamten Taktplans des dreigeschossigen Wohnbaus inkl. Sonderbereiche (modifiziert nach: Binnering et al. [10, S. 609])	48
Abb. 3.14:	Entkopplung des Taktbereiches 1.4 (modifiziert nach: Binnering et al. [11, S. 618])	50

Abb. 3.15:	Einplanung eines Pufferwaggon (eisblau) zwischen Waggon 3 und 4 (modifiziert nach: Binninger et al. [11, S. 618])	50
Abb. 3.16:	Einplanung eines kollegialen Puffers (eisblau) im Ausmaß von einer Woche (modifiziert nach: Binninger et al. [11, S. 618])	51
Abb. 3.17:	Zugstopp in Projektwoche 7 (modifiziert nach: Binninger et al. [11, S. 619])	51
Abb. 3.18:	Das Drei-Ebenen-Modell (Quelle: Dlouhy et al. [18, S. 17])	52
Abb. 3.19:	Ausschnitt eines kombinierten Meilenstein- und Phasenplans (Quelle: Hagsheno und Wachter [30, S. 42])	53
Abb. 4.1:	Ansicht Nord (oben) Ansicht West (unten)	72
Abb. 4.2:	Grundriss 1. Obergeschoss	73
Abb. 4.3:	Phasen des Projektmanagements (Quelle: WKO Bundesinnung Bau [92, S. 5])	74
Abb. 4.4:	Gesamtprozessanalyse <i>Arbeitspaket 01: Containerschule</i> (Ausschreibung, Vergabe, Werkplanung) auf Makroebene	80
Abb. 4.5:	Phasenplan auf Normebene zur Ausschreibung, Vergabe und Werkplanung der Containerschule	81
Abb. 4.6:	Gesamtprozessanalyse Bauphase <i>Errichtung Containerschule</i> (Baubeginn bis Bauende) auf Makroebene	82
Abb. 4.7:	Phasenplan auf Normebene zur Bauphase der Containerschule	82
Abb. 4.8:	Gesamtprozessanalyse <i>Arbeitspaket 02: LV-Nr. 1 – 9</i> (Ausschreibung, Vergabe, Werkplanung) auf Makroebene	84
Abb. 4.9:	Phasenplan auf Normebene zur Ausschreibung, Vergabe und Werkplanung der LV-Nr. 1 – 9	84
Abb. 4.10:	Phasenplan auf Normebene zur Ausschreibung, Vergabe und Werkplanung der LV-Nr. 10 – 17	85
Abb. 4.11:	Phasenplan auf Normebene zur Ausschreibung, Vergabe und Werkplanung der LV-Nr. 18 – 25	85
Abb. 4.12:	Phasenplan auf Makroebene zur Zuschlagserteilung von <i>AP 02</i> bis <i>AP 04</i> , Beginn Bauarbeiten, Übersiedelung, Maturazeit	85
Abb. 4.13:	Phasenplan auf Makroebene zur Gesamtbetrachtung von Zubau Nord und Zubau Süd	87
Abb. 4.14:	Phasenplan auf Normebene zur Gesamtbetrachtung der Estricharbeiten in Zubau Nord und Zubau Süd	88
Abb. 4.15:	Phasenplan auf Normebene zum Ausbau des Zubaus Nord	89
Abb. 4.16:	Phasenplan auf Mikroebene zur geschossweisen Betrachtung des Innenausbaus (Zubau Nord)	90
Abb. 4.17:	Gesamtprozessanalyse auf Normebene zur geschossweisen Betrachtung des Innenausbaus (Zubau Nord)	90
Abb. 4.18:	Phasenplan auf Normebene zum Ausbau des Zubaus Süd	92
Abb. 4.19:	Phasenplan auf Mikroebene zur geschossweisen Betrachtung des Innenausbaus (Zubau Süd)	93

Abb. 4.20:	Gesamtprozessanalyse auf Normebene zur geschossweisen Betrachtung des Innenausbaus (Zubau Süd)	93
Abb. 4.21:	Phasenplan auf Makroebene zur Gesamtbetrachtung von Zubau Nord, Zubau Süd und Bestandsumbau	94
Abb. 4.22:	Gliederung der Optimierungspunkte nach Gruppen	95
Abb. 5.1:	Funktionsbereiche und Prioritäten im Untergeschoss	101
Abb. 5.2:	Funktionsbereiche und Prioritäten im Erdgeschoss	102
Abb. 5.3:	Funktionsbereiche und Prioritäten im ersten Obergeschoss	103
Abb. 5.4:	Funktionsbereiche und Prioritäten im zweiten (oben) und dritten Obergeschoss (unten)	104
Abb. 5.5:	Taktbereiche im Untergeschoss	105
Abb. 5.6:	Taktbereiche im Erdgeschoss	106
Abb. 5.7:	Taktbereiche im ersten Obergeschoss	107
Abb. 5.8:	Taktbereiche im zweiten (oben) und dritten Obergeschoss (unten)	109
Abb. 5.9:	Arbeitsschritte für die Standardraumeinheit <i>Klassenzimmer Neubau</i> (SRE 1)	112
Abb. 5.10:	Taktzeiten vor der Nivellierung (grafisch)	115
Abb. 5.11:	Taktzeiten nach der Nivellierung (grafisch)	117
Abb. 5.12:	Gewerkezug	118
Abb. 5.13:	Taktplan für den Gewerkezug	119
Abb. 5.14:	Taktplan für sämtliche Tätigkeiten der Klassen-Taktbereiche	119
Abb. 5.15:	Arbeitsschritte für den Gangbereich	120
Abb. 5.16:	Taktplan für alle Tätigkeiten der Zubauten	121
Abb. 5.17:	Darstellung des LEAN-Projektablaufes nach Optimierungsvariante 2	125
Abb. 5.18:	Auswirkungen der Wahl von Taktzeit und Taktbereich (Quelle: Huppertz [33])	127
Abb. 6.1:	Grad des Informationsstandes und der Beeinflussbarkeit bei traditionellen Projektablaufmodellen (Quelle: Breyer et al. [14, S. 57]	136
Abb. 7.1:	Vergleich der Baudauer zwischen IST- und LEAN-Projektablauf	147
Abb. 7.2:	Vergleich der Ausschreibungs- und Vergabephase inklusive Arbeitsvorbereitung von IST- und LEAN-Projektablauf	147
Abb. 7.3:	Vergleich der Projektphasen nach klassischem Projektmanagement und nach dem Modell der Integrierten Projektabwicklung	148
Abb. A.1:	Farbschemata	167
Abb. A.2:	Grundriss Untergeschoss	169
Abb. A.3:	Grundriss Erdgeschoss	171
Abb. A.4:	Grundriss 1. Obergeschoss	173
Abb. A.5:	Grundriss 2. Obergeschoss	175
Abb. A.6:	Grundriss 3. Obergeschoss	177
Abb. A.7:	Darstellung Rahmenterminplan in MS-Project	179

Abb. A.8:	Darstellung Ausführungsterminplan (Seite 1) in MS-Project	181
Abb. A.9:	Darstellung Ausführungsterminplan (Seite 2) in MS-Project	183
Abb. A.10:	Darstellung Ausführungsterminplan (Seite 3) in MS-Project	185
Abb. A.11:	Phasenplan auf Mikroebene zur geschossweisen Betrachtung des Innenausbau (Zubau Nord)	187
Abb. A.12:	Phasenplan auf Mikroebene zur geschossweisen Betrachtung des Innenausbau (Zubau Süd)	189
Abb. A.13:	Taktplan für alle Tätigkeiten der Zubauten	191
Abb. A.14:	Darstellung des LEAN-Projektlaufes nach Optimierungsvariante 2	193

Tabellenverzeichnis

Tab. 2.1: Produktivitätsvergleich in der Automobilherstellung zwischen Japan und Ländern in Amerika sowie Europa (modifiziert nach: Womack et al. [94, S. 97]) . .	16
Tab. 3.1: Zusammenfassung aller Schritte der Taktplanung	49
Tab. 3.2: Zusammenfassende Darstellung der Charakteristika und Modellbestandteile von IPA-Projekten (modifiziert nach: Haghsheno et al. [28, S. 5])	65
Tab. 5.1: Übersicht aller Takt- und Sonderbereiche	110
Tab. 5.2: Taktzeiten vor der Nivellierung (tabellarisch)	115
Tab. 5.3: Taktzeiten nach der Nivellierung (tabellarisch)	117
Tab. 5.4: Gegenüberstellung der Leistungsdauer des IST- und LEAN-Projektablaufes . .	124

Anhang A

Basisunterlagen und eigene Darstellungen

Auf den folgenden Seiten werden die verwendeten Basisunterlagen, wie Grundrisse und Terminpläne, abgebildet. Zudem sind eigene Darstellungen angeführt. Auf die Abbildungen wird jeweils im Hauptteil der vorliegenden Diplomarbeit eingegangen und referenziert. Der besseren Lesbarkeit geschuldet, werden sie an dieser Stelle vergrößert dargestellt.

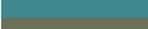
RAL Bezeichnung	RAL Nummer	RGB	Farbbeispiel	Gewerk
Verkehrsgelb	1023	250/210/001		abgehängte Decke
Pastellorange	2003	255/117/020		Bodenleger
Hellrosa	3015	234/137/154		Spachtelung, Malerei
Verkehrsrot	3020	204/006/005		Systemtrennwände
Verkehrspurpur	4006	160/052/114		WDVS
Perlviolett	4011	134/115/161		div. Gewerke
Ultramarinblau	5002	032/033/079		Schließanlage / Fenster
Himmelblau	5015	034/113/179		HKLS
Türkisblau	5018	063/136/143		Fliesenleger / Umbau Rohbau
Schilfgrün	6013	108/113/086		Rohbau
Gelbgrün	6018	087/166/057		Elektro
Perlgrün	6035	028/084/045		Außenanlagen
Basaltgrau	7012	078/087/084		Estrich
Lichtgrau	7035	215/215/215		Estrich Trocknungszeit
Lehmbraun	8003	115/066/034		Tischler, Türen / Abbruch
Signalweiß	9003	244/244/244		Reinigung

Abb. A.1: Farbschemata

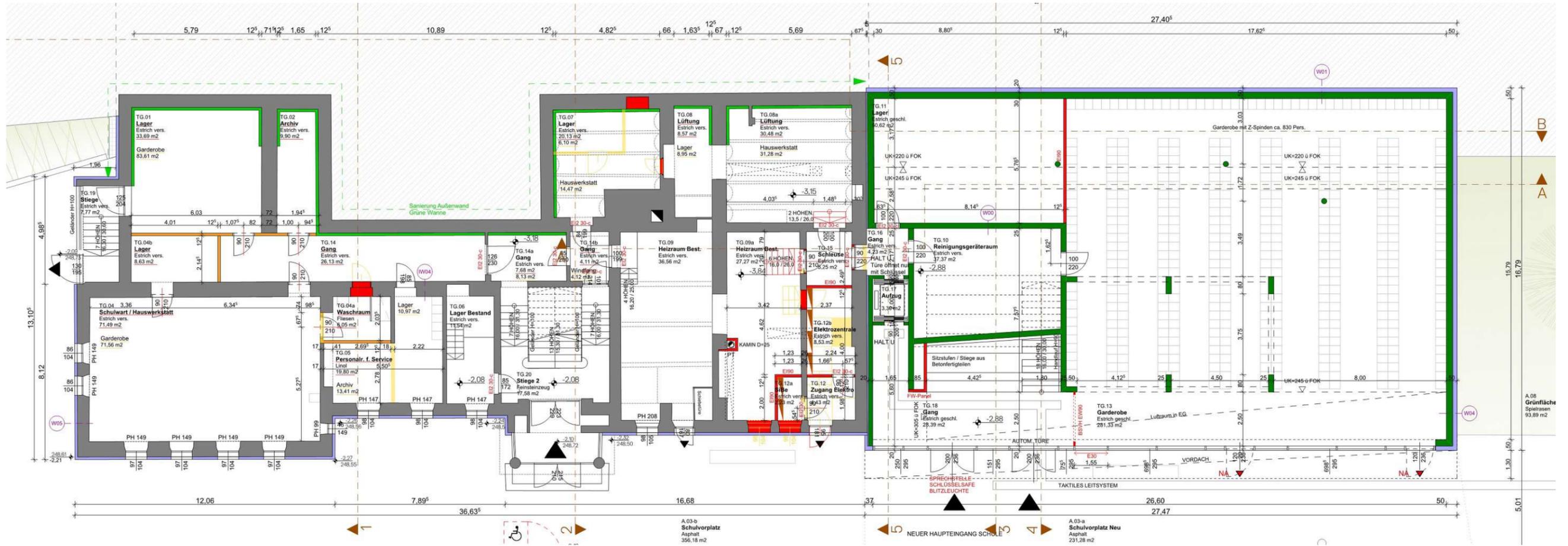


Abb. A.2: Grundriss Untergeschoss



Abb. A.4: Grundriss 1. Obergeschoss

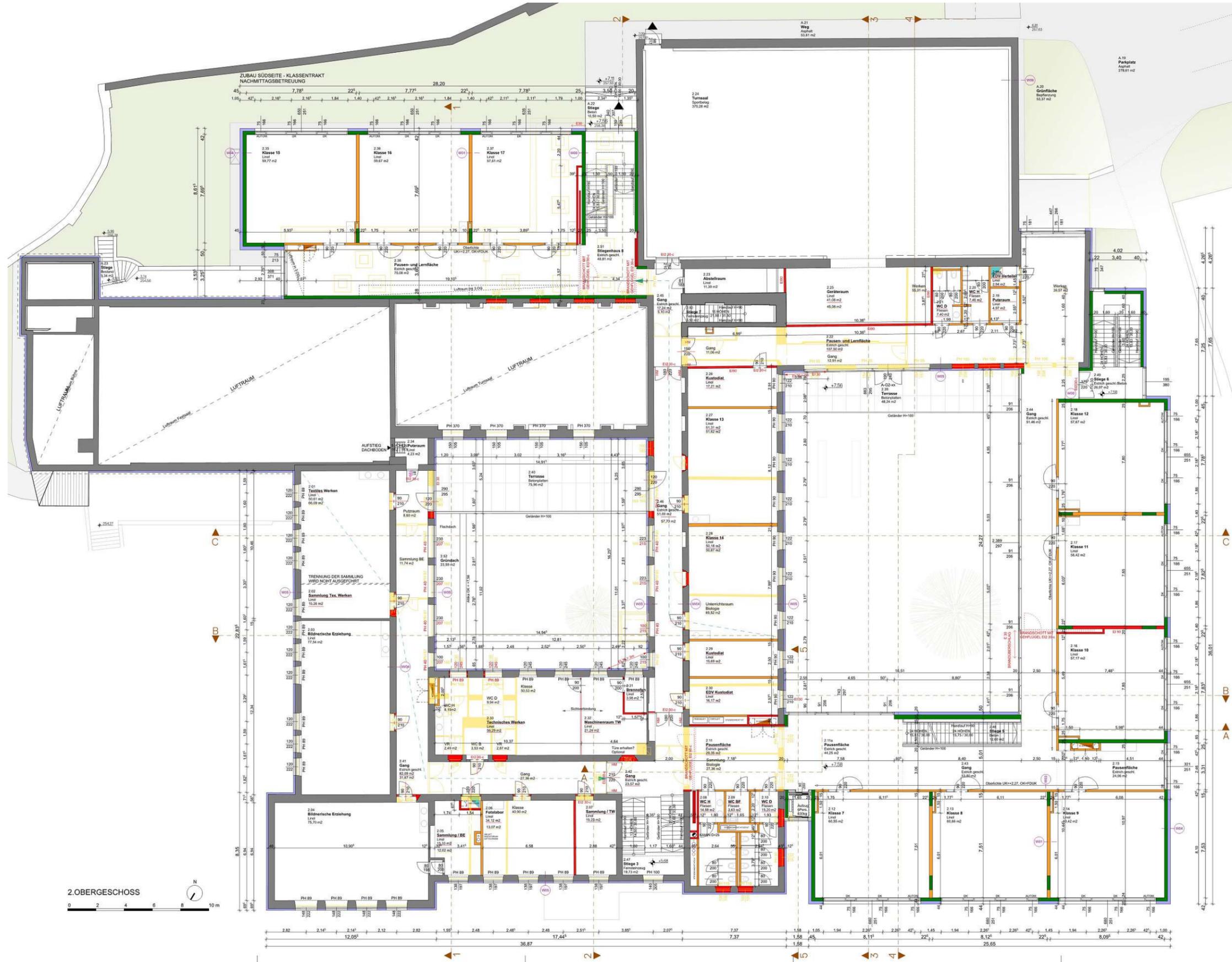


Abb. A.5: Grundriss 2. Obergeschoss

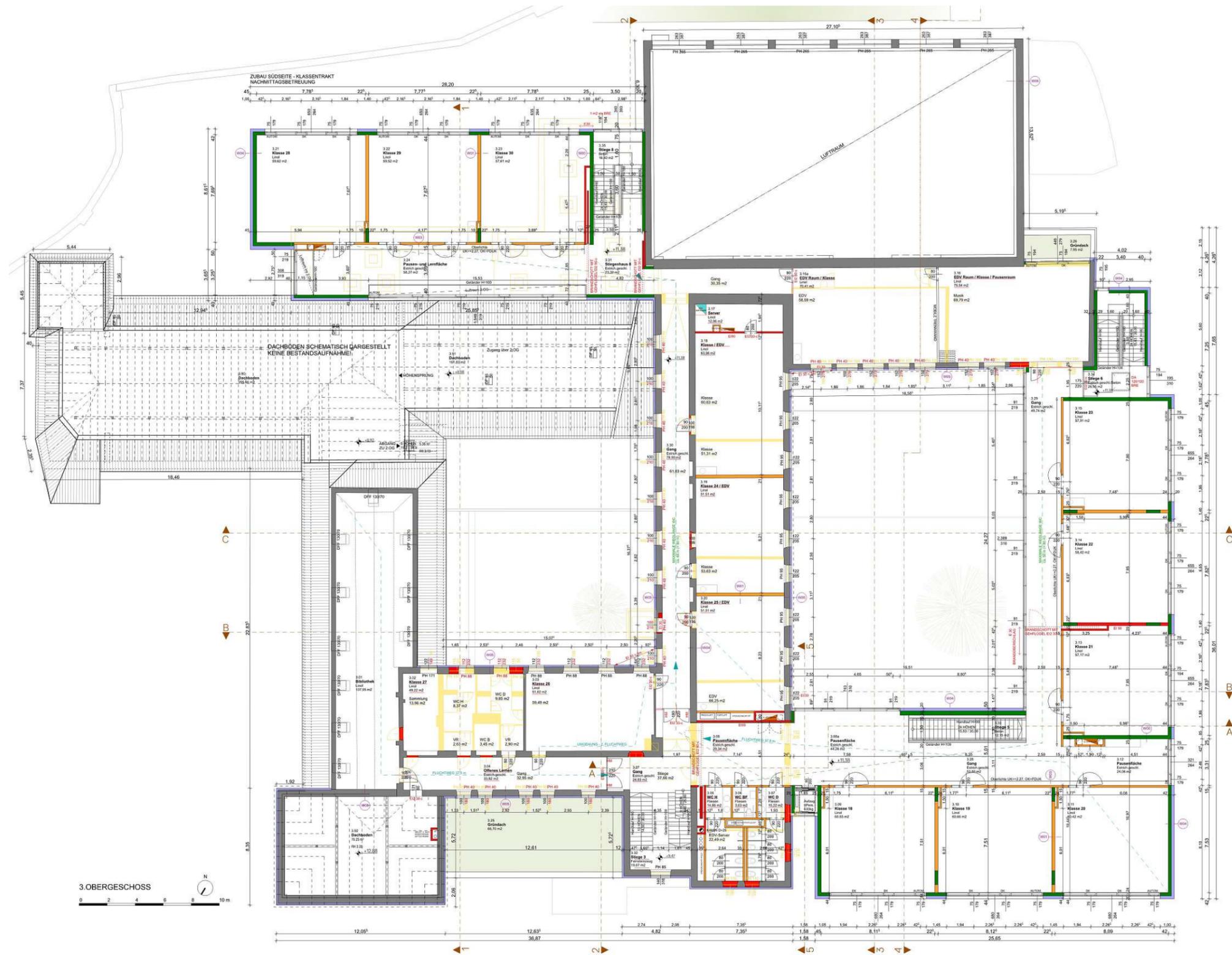


Abb. A.6: Grundriss 3. Obergeschoss

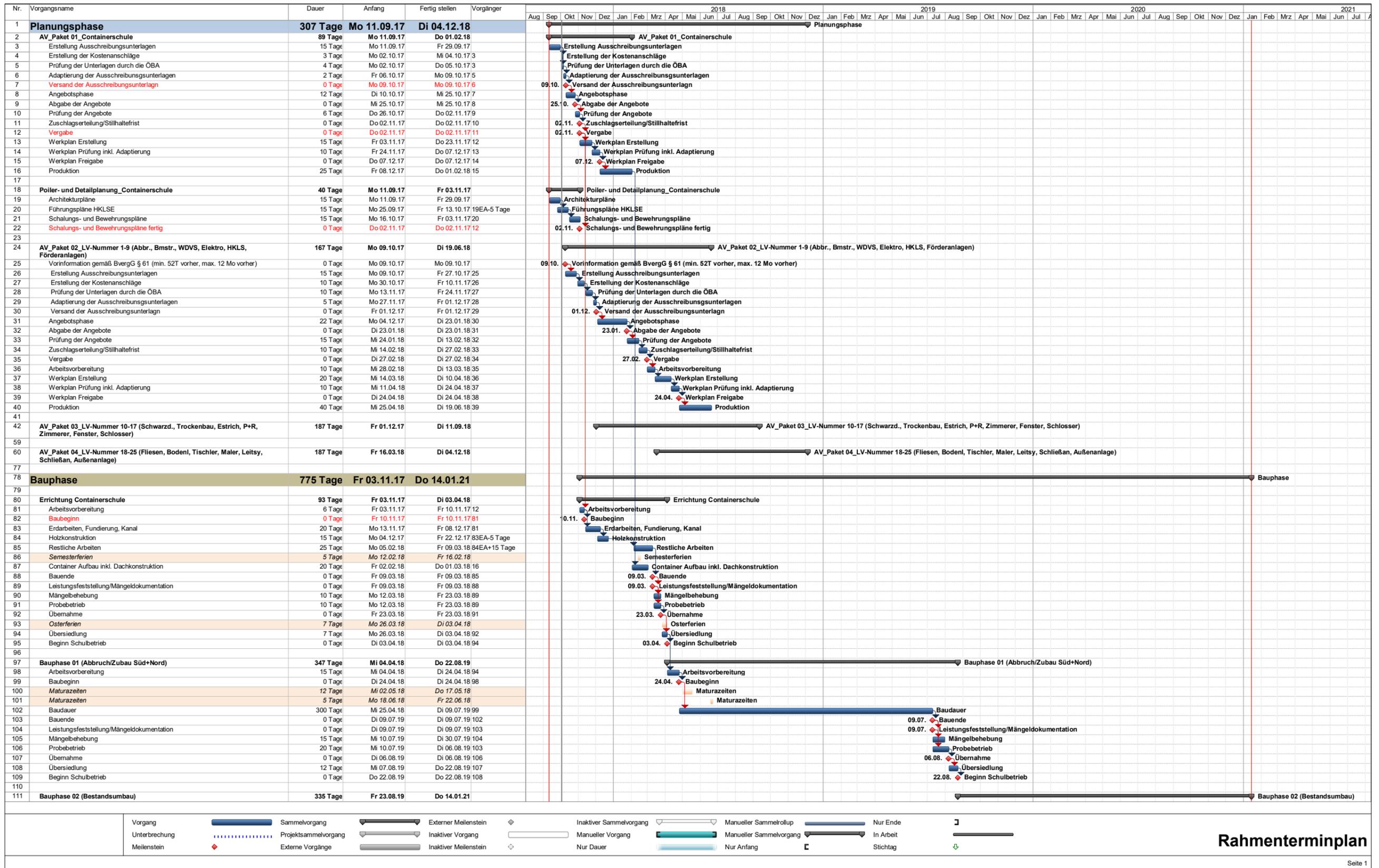


Abb. A.7: Darstellung Rahmenterminplan in MS-Project

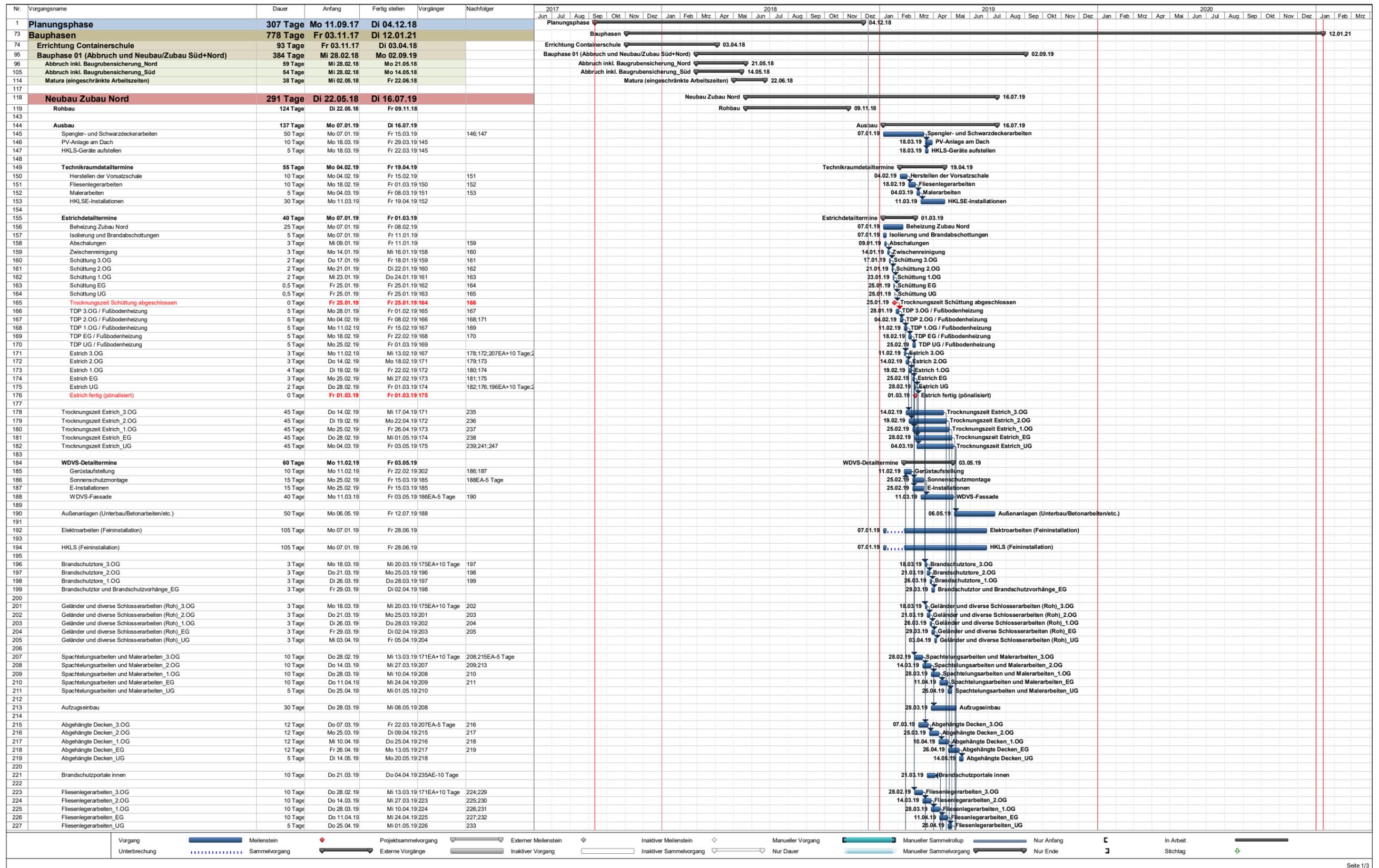


Abb. A.8: Darstellung Ausführungsterminplan (Seite 1) in MS-Project

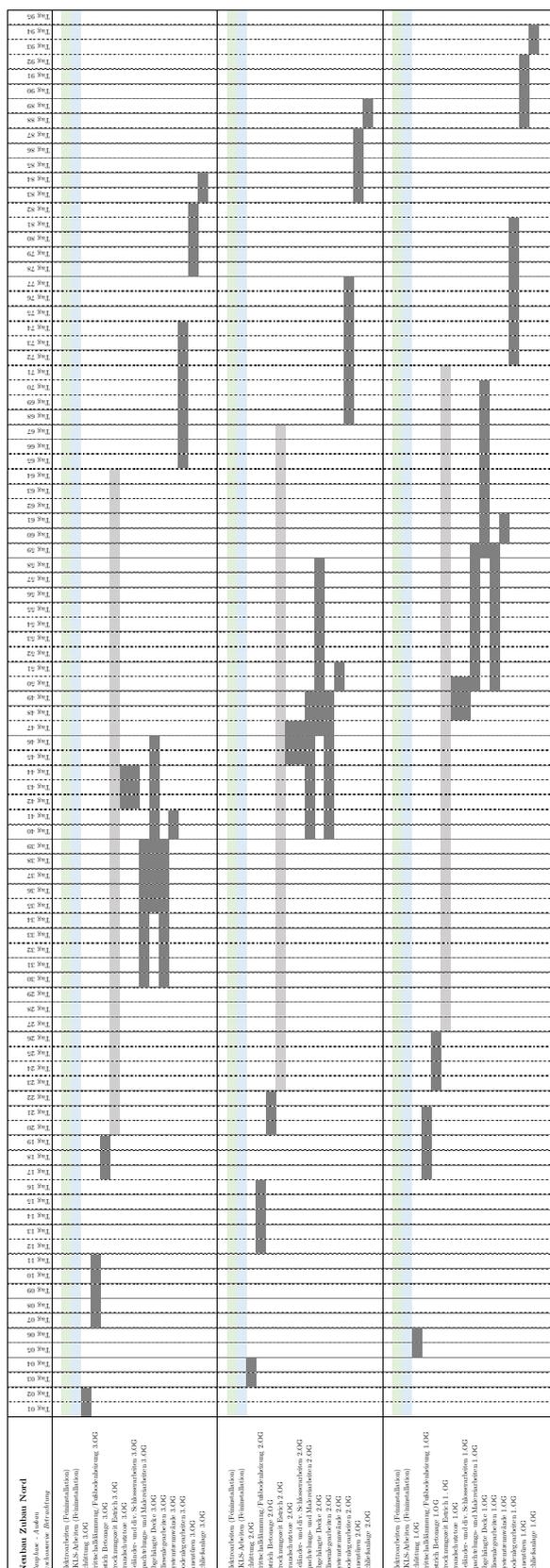


Abb. A.11: Phasenplan auf Mikroebene zur geschossweisen Betrachtung des Innenausbaus (Zubau Nord)



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.

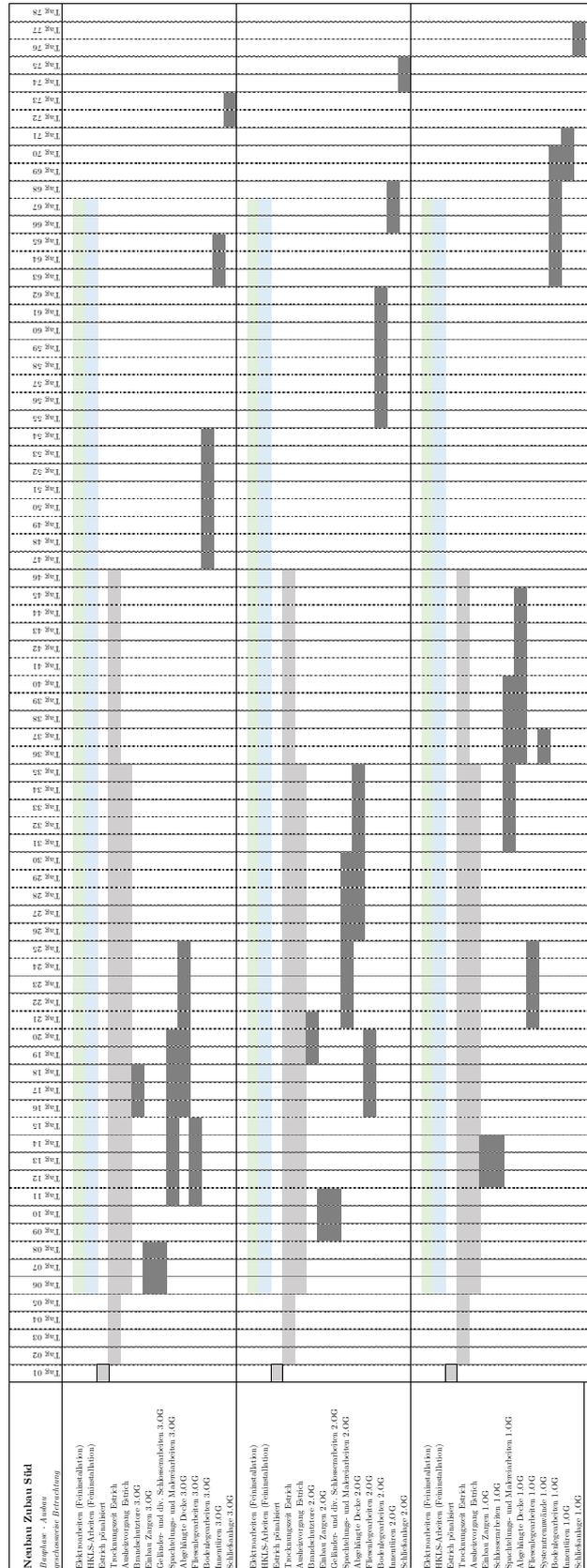


Abb. A.12: Phasenplan auf Mikroebene zur geschossweisen Betrachtung des Innenausbau (Zubau Süd)



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.

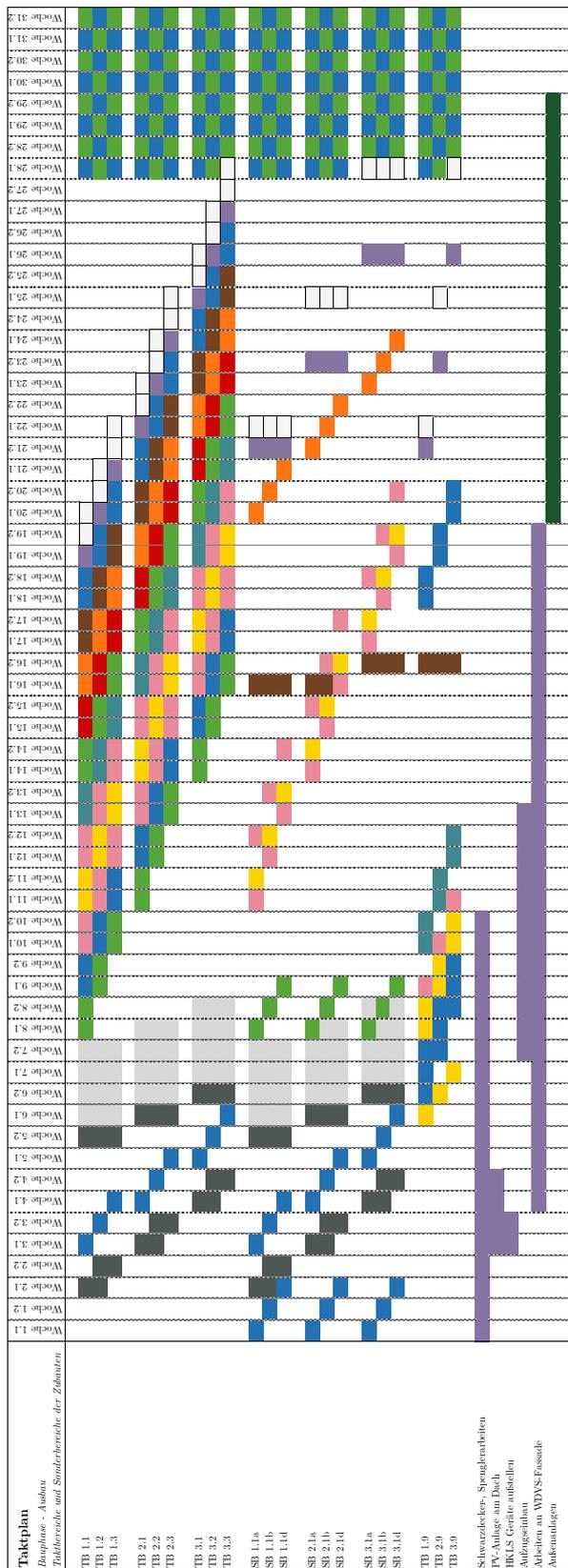


Abb. A.13: Taktplan für alle Tätigkeiten der Zubauten



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.

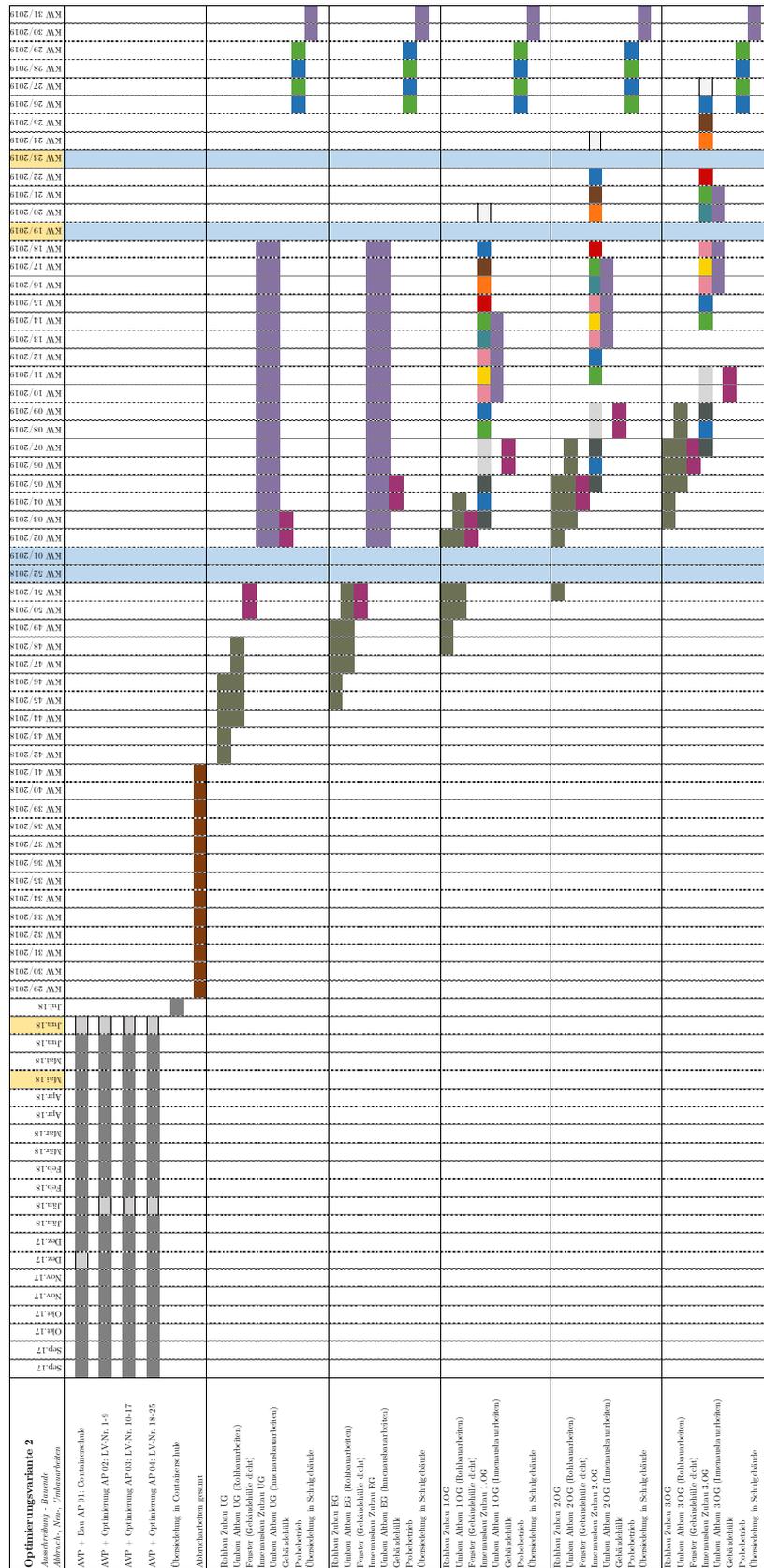


Abb. A.14: Darstellung des LEAN-Projektlaufes nach Optimierungsvariante 2



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.