

Doctoral Thesis

MODEL FOR PROCESS COSTING IN CONSTRUCTION INDUSTRY

submitted in satisfaction of the requirements for the degree of
Doctor of Science in Civil Engineering
of the Vienna University of Technology, Faculty of Civil Engineering

Dissertation

MODELL FÜR EINE PROZESSORIENTIERTE BAUKALKULATION

ausgeführt zum Zwecke der Erlangung des akademischen Grades eines
Doktors der technischen Wissenschaft
eingereicht an der Technischen Universität Wien Fakultät für Bauingenieurwesen
von

Dipl.-Ing. Michael DUSCHEL
Matrikelnummer 6925311
1230 WIEN, Breitenfurterstraße 394

- Betreuer: Univ. Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. Andreas Kropik
Institut für Interdisziplinäres Bauprozessmanagement,
TU-Wien
1040 Wien Karlsplatz 13/234
1. Gutachter: Univ. Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. Gerald Goger
Institut für Interdisziplinäres Bauprozessmanagement,
TU-Wien
1040 Wien Karlsplatz 13/234
2. Gutachter: Univ.-Prof. Mag.rer.soc.oec. DDipl.-Ing. Dr.techn.Gottfried Mauerhofer
Institut für Baubetrieb und Bauwirtschaft
Lessingstraße 25/II
8010 Graz

WIEN, Jänner 2020

EIDESSTÄTTLICHE ERKLÄRUNG

Ich erkläre an Eides statt, dass ich die vorliegende Dissertation selbstständig und ohne fremde Hilfe verfasst, andere als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel nicht benutzt und die den benutzten Quellen wörtlich und inhaltlich entnommenen Stellen als solche erkenntlich gemacht habe.

Dipl. Ing. Michael Duschel

Wien, im Jänner 2020

ZUSAMMENFASSUNG

MODELL FÜR EINE PROZESSORIENTIERTE BAUKALKULATION

Traditionell wird im Bauwesen die Zuschlagskalkulation auf LV-Basis eingesetzt. Mit dieser Methode werden Geschäftsgemeinkosten zeitabhängig kalkuliert, aber mengenabhängig abgerechnet. Unterschiedliche Komplexität von Projekten und die Zeitabhängigkeit der Herstellkosten findet keine Berücksichtigung. Die aktuellen Entwicklungen auf dem Gebiet des BIM - Building Information Management (3D-4D-5D Modelle) und im Prozess- bzw. Projektmanagement eröffnen neue Möglichkeiten der Kostenberechnung von Bauprojekten.

Die prozessorientierte Baukalkulation geht davon aus, dass ein Bauunternehmen neben der reinen Bauleistung, mit den in den administrativen Bereichen eingesetzten Ressourcen, auch Projektstage verkauft. Der Einsatz eines Projekt-Prozesskostensatzes $PjPkS_{GJ}$ [EUR/AT], der auf Basis der verkauften Projektstage kalkuliert werden kann, berücksichtigt diese Zeitabhängigkeit der Gemeinkosten. Mit Multiprojektmanagement kann die Anzahl der innerhalb eines Jahres (GJ) verkauften Projektstage berechnet werden. Das 4D-Modell liefert die für die Kalkulation erforderliche Projekt-Dauer (D_{Pi}).

Die prozessorientierte Kalkulation lässt sich auch auf die Baustellgemeinkosten (BGK) anwenden. Der gleichbleibende monatliche Satz für die zeitgebundenen Baustellen-Gemeinkosten wird durch einen Produktions-Prozesskostensatz $PdPkS$ ersetzt. Dieser setzt sich aus einem fixen zeitabhängigen Anteil $PdPkS_f$ [EUR/AT] und einem variablen ressourcenabhängigen Anteil $PdPkS_v$ [EUR/PT] zusammen. Die Produktionsanlage Baustelleneinrichtung verursacht auch Kosten, wenn keine Bautätigkeit stattfindet, die mit dem fixen Anteil und der Produktionsdauer (D_{PdPh}) kalkuliert werden. Die Dimensionierung der Baustelleneinrichtung ist von der zur Verfügung stehenden Bauzeit und der Anzahl des auf der Baustelle eingesetzten Personals abhängig. Der variable Anteil errechnet sich daher aus dem, für die Herstellung des Objektes, kalkulierten Gesamtaufwand des produktiven Personals in Personaltagen [PT] und den für den Betrieb der Produktionsanlage Baustelleneinrichtung erforderlichen Kosten.

Aus dem 3D-Modell können elementbezogene Massen ermittelt werden, die die Kalkulation des Aufwandes je Element ermöglichen. Mit Kenntnis des Aufwandes je Element und dem variablen Produktions-Prozesskostensatz können auch die anteiligen Produktionskosten je Element kalkuliert werden. Für die Berechnung der gesamten Produktionskosten liefert das 4D-Modell die Produktionsdauer. Unter Anwendung der prozessorientierten Baukalkulation ergibt sich ein elementorientiertes zeitdynamisches 5D-Modell.

ABSTRACT

MODEL FOR PROCESS COSTING IN CONSTRUCTION INDUSTRY

In Construction Industry cost calculations are traditionally based on detailed estimates with overhead calculation. With this method overheads are calculated time based and charged on quantity, projects complexities are not considered and product cost are not time related. Current developments and progress in BIM – Building Information Management (3D-4D-5D), Process- and Project-Management offer new possibilities for cost calculation in construction industry.

The model is based on the idea that a construction company not only sells the pure building works, it also sells Project - Days with its resources in administrative departments. Use of a Project-Process Cost rate $PjPkS_{Gj}$ [CU/WD], whose calculation is based on the sold Project-Days (Work Days), considers the time-dependence of overhead costs. Preconditions for successful use is the establishment of Multi-Project-Management and activity based costing over the whole company. With Multi-Project-Management it is possible to calculate the number of sold Project-Days within one accounting year. Project-Duration which is necessary for this calculation is delivered via the 4D-Model. Different complexity of projects are handled by the use of an additional factor to modify Project-Process Cost for rate Single Projects.

The model for process costing also can be used for on-site overheads. The usual monthly rate for on-site overhead will be substituted by a Production-Process Cost rate $PdPkS$. This rate consists of two components. One time-based for fixed overheads $PdPkS_f$ [CU/WD] and the other resource-based for variable overheads $PdPkS_v$ [CU/PD]. The production facility -site installation- produces costs even if there are no activities on site. Therefore these costs are calculated on Production-Duration (Production Days). Work schedule as a part of the 4D-Model delivers Production-Duration (D_{PdPh}). Dimension of site installation is not only based on Production-Duration it is also based on the necessary amount of productive personnel on site. The calculation of the resource-based component is based on the related costs for operation of site installation and the total effort (Work Days) for construction. The calculation of effort for every Construction-Element is provided by Element-based quantities with the 3D-Model. With knowledge of effort per Construction-Element and the resource-based Production-Process rate it is possible to calculate the production costs per Construction-Element.

Total construction costs include costs of elements and Production-Process Costs. Total project costs consist of total construction costs and Project-Process Costs. As a result of the application of process costing in construction we get a dynamic element-based 5D-Model.

Inhaltsverzeichnis

1.	Einleitung.....	1
1.1.	Problemstellung und Beschreibung des Themas.....	1
1.2.	Schematischer Aufbau der vorliegenden Dissertation.....	2
1.3.	Theoretischer Teil	3
1.4.	Praktischer Teil.....	3
1.5.	Methodisches Vorgehen	3
2.	Historische Entwicklung der Baukalkulation in Österreich	4
3.	Derzeitige Verfahren der Baupreisermittlung im deutsch-sprachigen Raum.....	10
3.1.	Baupreisermittlung in Österreich nach ÖNORM B 2061	10
3.2.	Vergleich mit deutschen und schweizer Verfahren der Baupreisermittlung.....	15
3.3.	Vergleich der eingesetzten Verfahren auf Basis der Formblätter.....	16
4.	Weitere Kostenkalkulationen für Bauobjekte	18
4.1.	Kostenplanung nach ÖNORM B 1801- Teil 1.....	18
5.	Problemanalyse zu den derzeitigen Kalkulationsverfahren.....	22
5.1.	Analyse der Ausgangssituation	22
5.2.	Analyse der Preisermittlung und Bauabrechnung	22
5.3.	Analyse der Kostenplanung und Kostenfeststellung	23
5.4.	Zusammenfassung der Kritikpunkte und Identifikation der Forschungslücke	27
6.	Forschungsziel und Forschungsfrage.....	29
6.1.	Forschungsdesign.....	29
7.	Prozessmanagement im Unternehmen	31
7.1.	Historische Entwicklung im Prozessmanagement.....	31
7.2.	Die Norm für Prozesse in Managementsystemen	31
7.3.	Prozessbeschreibung und Darstellung allgemein	33
7.3.1.	Pfeilformdarstellung	33
7.3.2.	Prozessablaufdarstellung.....	34
7.3.3.	Swimlanedarstellung	35
7.4.	Prozesslandkarte	36
7.5.	Projekte und Prozesse	37
7.5.1.	Projekte	37
7.5.2.	Prozesse in Projekten	37
7.5.2.1.	Prozess der Leistungsplanung.....	38
7.5.2.2.	Prozess der Terminplanung.....	39
7.5.2.3.	Prozess der Einsatzmittelplanung.....	40
7.5.2.4.	Prozess der Kostenplanung.....	41
7.6.	Produkte und Prozesse.....	42
7.6.1.	Produkte	42
7.6.2.	Bauobjekte und Produktionsprozesse	42
7.7.	Managementsysteme und Prozesse	43
7.8.	Schlussfolgerungen.....	44
8.	Prozesskostenrechnung im Unternehmen.....	45
8.1.	Historische Entwicklung der Prozesskostenrechnung.....	45
8.2.	Ziele der Prozesskostenrechnung	46
8.3.	Probleme bei der Prozesskostenrechnung.....	47
8.4.	Zeitgetriebene Prozesskostenrechnung	47
8.5.	Anwendungsbereich der Prozesskostenrechnung	48
8.6.	Kalkulationsverfahren innerhalb der Prozesskostenrechnung	49
8.7.	Aufbau einer Prozesskostenrechnung.....	52
8.8.	Besondere Anwendungsfälle der Prozesskostenrechnung.....	54
8.8.1.	Zielkostenkalkulation	54
8.8.2.	Vergleich der Kosten von Eigenleistung oder Fremdleistung.....	55
8.8.3.	Die Anwendung der Fertigstellungswertanalyse	55
8.9.	Prozesskostenkalkulation versus Zuschlagskalkulation	56
8.9.1.	Allokationseffekt	56
8.9.2.	Komplexitätseffekt.....	56

8.9.3.	Degressionseffekt	56
8.9.4.	Schlussfolgerungen.....	57
8.10.	Prozesskostenrechnung im projektorientierten Unternehmen	57
8.11.	Schlussfolgerung.....	58
9.	Hypothesen für ein Modell einer prozessorientierten Baukalkulation	59
9.1.	Hypothese 1 zur Kalkulation Geschäftsgemeinkosten	59
9.2.	Hypothese 2 zur Kalkulation der Baustellengemeinkosten	59
9.3.	Hypothese 3 zu den Einzelkosten.....	60
9.4.	Hypothese 4 zum Prozess der Kostenplanung und Kostenabrechnung der Selbstkosten.....	60
9.5.	Hypothese 5 zum Kostenminimum und optimaler Bauzeit.....	61
10.	Prozessmanagement im Bauunternehmen	62
10.1.	Prozesslandkarte für ein Bauunternehmen	62
10.2.	Hauptprozesse im Bauunternehmen	63
10.2.1.	Projektmanagementprozess	64
10.2.1.1.	Teilprozess Leistungsplanung - Objektstrukturplan.....	65
10.2.1.2.	Teilprozess Projektstrukturplan für Bauprojekte.....	66
10.2.1.3.	Teilprozess Terminplanung für die Ausführungsphase von Bauprojekten.....	68
10.2.1.4.	Teilprozess Einsatzmittel- u. Kostenplanung für Bauprojekte in der Ausführungsphase ..	70
10.2.2.	Akquisitionsprozess	71
10.2.3.	Angebotsprozess	72
10.2.3.1.	Kundenbeziehungen (Auftraggeber).....	72
10.2.4.	Teilprozess Arbeitsvorbereitung in der Angebotsphase	73
10.3.	Leistungsprozesse an der Baustelle.....	77
10.3.1.	Produktionsanlage Baustelleneinrichtung.....	79
10.3.1.1.	Prozessanalyse LP3 Produktionsanlage herstellen, umbauen, abbauen	79
10.3.1.2.	Prozessanalyse LP4 Produktionsanlage betreiben	80
10.3.2.	Bauproduktion-Objektherstellung und Prozesse	80
10.3.2.1.	Elementprozesse	84
10.4.	Bauproduktion und Building Information Management.....	85
10.4.1.	Die Modelle zu Building Information Management	87
10.4.2.	Terminplanung und Building Information Modeling	88
10.4.3.	Kostenkalkulation und Building Information Modeling	88
10.4.4.	Produktionsprozesse und Building Information Modeling	89
10.4.4.1.	Objektstruktur und Produktionsprozesse.....	89
10.4.4.2.	Prozessanalyse für Herstellung einzelner Bauelemente.....	90
10.4.4.3.	Verdichtung von Elementprozessen zu Modulprozessen und Hauptprozessen der Objektherstellung	91
10.4.5.	Prozesskostenrechnung und Building Information Modeling	92
10.5.	Schlussfolgerungen.....	92
11.	Prozesskostenrechnung im Bauunternehmen.....	93
11.1.	Allgemeines.....	93
11.2.	Kostenrechnung im Bauunternehmen	93
11.2.1.	Kostenarten	93
11.2.2.	Kostenstellen.....	93
11.2.3.	Kostenträger.....	93
11.3.	Prozessanalyse im Bauunternehmen	94
11.3.1.	Qualitative Analyse der Bauprozesse.....	94
11.3.1.1.	Qualitative Analyse der Hauptprozesse des Bauunternehmens	96
11.3.1.2.	Prozessanalyse von Teilprozessen der HP im Bauunternehmen	97
11.3.1.3.	Qualitative Prozessanalyse der unterstützenden Prozesse	98
11.3.1.4.	Qualitative Prozessanalyse der Leistungsprozesse	99
11.3.1.5.	Qualitative Analyse der Teilprozesse des LP4 Produktionsanlage betreiben.....	100
11.3.1.6.	Qualitative Analyse der Teilprozesse des LP5 Bauproduktion - Objektherstellung	100
11.3.2.	Quantitative Analyse der Bauprozesse.....	101
11.4.	Berechnung des Projekt-Prozesskostensatzes	104
11.4.1.	Zielsetzung	104
11.4.2.	Vorgangsweise.....	104
11.4.2.1.	Anpassung des Projekt-Prozesskostensatzes Variante 1	107

11.4.2.2.	Anpassung des Projekt-Prozesskostensatzes Variante 2	107
11.5.	Berechnung des Produktions-Prozesskostensatzes	109
11.5.1.	Zielsetzung	109
11.5.2.	Vorgangsweise	111
11.6.	Kalkulation von Elementkosten	112
11.6.1.	Zielsetzung	112
11.6.2.	Vorgangsweise	112
11.6.2.1.	Berechnung von Element - Prozesskostensätzen bei einzelnen Fertigungsprozessen ..	114
11.6.2.2.	Berechnung eines Element - Prozesskostensätzen für alle Herstellungsprozesse	116
11.7.	Schlussfolgerungen	117
12.	Schemata für prozessorientierte Kostenkalkulation im Bauunter-nehmen	118
12.1.	Prozessorientiertes Kalkulationsschema für die Elementkosten	118
12.1.1.	Kalkulation der Elementkosten mit Daten aus dem K7-Blatt	119
12.2.	Prozessorientiertes Kalkulationsschema für die Herstellkosten des Objektes	120
12.3.	Prozessorientiertes Kalkulationsschema für die Selbstkosten des Projektes	122
12.4.	Prozessbeschreibung für die prozessorientierte Kalkulation der Selbstkosten des Projekts	123
12.5.	Schlussfolgerungen	126
13.	Sensitivitätsanalyse des Modells der prozessorientierten Baukalkulation	127
13.1.	Änderung der Projektdauer	127
13.2.	Änderung der Produktionsdauer	127
13.3.	Mengenänderung bei Elementen	127
13.4.	Effekte bei der prozessorientierten Baukalkulation	128
13.4.1.	Allokationseffekt	128
13.4.2.	Komplexitätseffekt	128
13.4.3.	Degressionseffekt	128
13.5.	Schlussfolgerungen	128
14.	Implementierung der prozessorientierten Baukostenkalkulation	129
14.1.	Inhaltliche und zeitliche Abgrenzung	129
14.1.1.	Inhaltliche Abgrenzung	129
14.1.2.	Zeitliche Abgrenzung	129
14.1.3.	Sachliche und kostenmäßige Abgrenzung	130
14.2.	Voraussetzungen für die Implementierung	132
14.2.1.	Voraussetzungen allgemein bei Einsatz der prozessorientierten Baukalkulation	132
14.2.2.	Voraussetzungen für die Kalkulation eines Projekt-Prozesskostensatzes	132
14.2.3.	Voraussetzungen für die Kalkulation eines Produktions-Prozesskostensatzes	133
14.2.4.	Voraussetzungen für die Kalkulation der Elementkosten	133
14.3.	Einfluss auf bestehende Regelungen	133
14.3.1.	Änderungen und Textergänzungen in der ÖNORM B 1801-1 Bauprojekt- und Objekt- management	134
14.3.2.	Ergänzungen in ÖNORM A 7010-1 Objektbewirtschaftung	134
14.3.3.	Änderungen und Ergänzungen in ÖNORM A 6241-2 Digitale Bauwerksdokumentation ..	135
14.3.4.	Änderungen und Ergänzungen ÖNORM B 2061 Preisermittlung für Bauleistungen	136
14.3.5.	Betriebliche Kostenerfassung zur Berechnung des Projekt-Prozesskostensatzes	137
14.3.6.	Erfassung des Aufwandes und der Kosten der Leistungsprozesse	138
14.4.	Ausblick auf die prozessorientierten Baukalkulation und Kosten-Controlling	141
14.4.1.	IST-Datenerfassung an der Baustelle	141
14.4.2.	Integriertes Projektcontrolling – die Earned Value Analyse	141
14.5.	Schlussfolgerungen	143
15.	Anwendungsbeispiele	144
15.1.	Modellbeispiel Hochbau	144
15.1.1.	Grundlagen und Annahmen	144
15.1.2.	Objektstrukturplan	147
15.1.3.	Projektstrukturplan	147
15.1.4.	Termin-u. Ablaufplanung	148
15.1.5.	Einsatzmittel- (Ressourcen-) Zuordnung zu den Vorgängen	148
15.1.6.	Prozessorientierte Kalkulation der Herstell- und der Selbstkosten	150
15.1.7.	Prozesskostenauswertung	152

15.2.	Anwendungsbeispiel Stützmauer.....	154
15.2.1.	Objektinformationen – Stützmauer	154
15.2.2.	Zuschlagskalkulation Stützmauer nach ON B 2061	155
15.2.3.	Berechnungsgrundlagen für das 4D-Modell	159
15.2.4.	Kalkulationsgrundlagen für das 5D-Modell	163
15.2.5.	Prozessorientierte Kostenkalkulation Stützmauer	163
15.2.6.	Kostencontrolling mit der Fertigstellungswertanalyse	168
15.2.7.	Simulationsrechnung mit dem 5D – Modell	169
15.3.	Interpretation der Ergebnisse.....	172
16.	Zusammenfassung, Schlussfolgerungen und Ausblicke	174
16.1.	Zusammenfassung.....	174
16.2.	Schlussfolgerungen.....	175
16.3.	Ausblicke	176
	Literaturverzeichnis	177
	Abbildungsverzeichnis.....	179
	Softwareverzeichnis	183
	Beilagenverzeichnis	184

Abkürzungsverzeichnis

a ₁	Auslastungsgrad	LGR	Leistungsgruppe
AA	Arbeitsaufwand	LV	Leistungsverzeichnis
AT	Arbeitstage	lmi	leistungsmengeninduziert
BAB	Betriebsabrechnungsbogen	lmu	leistungsmengenunabhängig
BAS	Bauarbeitsschlüssel	lmn	leistungsmengenneutral
BGK	Baustellengemeinkosten	M	Menge
BIM	Building Information Management	Mk _E	Kosten der Montageprozesse
BPMN	Business Process Model and Notation	MtPz	Montageprozess
BPzA	Bauprozesskosten Abrechnung	MdPz	Modulprozess
BPzS	Bauprozess-Schlüssel	MS	Meilenstein
CRM	Customer-Relationship-Management	MVVV	Marketing, Verkauf, Vertrieb, Verwaltung
D	Dauer	n	Anzahl
E	Element	Nk _E	Kosten der Nachbearbeitungsprozesse
EFB	Einheitliche Formblätter	NPz	Nachbearbeitungsprozess
EH	Einheit für Mengen	NPh	Nachbearbeitungsphase
EIP	Elementprozess	OSP	Objektstrukturplan
EIPkS	Elementprozesskostensatz	Pd	Produkt
ER	Entity Relationship	PdK _E	Produktionskosten je Element
ERP	Enterprise-Resource-Planning	PdPkS	Produktions-Prozesskostensatz
EV	Earned Value	PdPkS _f	Produktions-Prozesskostensatz für fixe zeitgebundene Baustellengemeinkosten
f	dimensionsloser Faktor	PdPkS _v	Produktions-Prozesskostensatz für variable zeitgebundene Baustellengemeinkosten
Fk _E	Prozesskosten Fertigung	Pk	Prozesskosten
FPz	Fertigungsprozess	PkS	Prozesskostensatz
GF	Geschäftsjahr	PjPkS _{GJ}	Projekt-Prozesskostensatz für ein Geschäftsjahr
GGK	Geschäftsgemeinkosten	PjPkS _f	Fixer Anteil des Projekt- Prozesskostensatzes für ein Geschäftsjahr
GJ	Geschäftsjahr	PjPkS _g	Gewichteter Anteil des Projekt- Prozesskostensatzes für ein Geschäftsjahr
GPkS	Gesamtprozesskostensatz	Pj	Projekt
Gk _f	Projektunabhängiger Anteil der Geschäftsgemeinkosten	PjT	Projekttag
Gk _g	Projektabhängiger Anteil der Geschäftsgemeinkosten	Pm	Prozessmenge
GPzA	Geschäftsprozesskosten Abrechnung	PmS	Prozessmenge Schalung
HP	Hauptprozess		
HK	Herstellkosten		
IFC	Industry Foundation Classes		
ITR	Intensitätstreiber		
KST	Kostenstelle		
KTR	Kostentreiber		

PT	Personentage
PSP	Projektstrukturplan
Pz	Prozess
SK	Selbstkosten
STD-LBH	Standard Leistungsbeschreibung Hochbau
TP	Teilprozess
TTR	Transaktionstreiber
UkS	Umlagekostensatz
VCN	Value Chain Notation
VIBÖ	Vereinigung industrieller Bauunternehmen Österreichs
V _{kE}	Kosten der Vorbereitungsprozesse
VPz	Vorbereitungsprozess
VPh	Vorbereitungsphase
WE	Währungseinheiten
z.B.	zum Beispiel
ZE	Zeiteinheiten
ZTR	Zeittreiber
ZsS	Zuschlagsatz

1. Einleitung

1.1. Problemstellung und Beschreibung des Themas

Kostenexplosionen bei Bauprojekten in der Ausführungsphase sind immer wieder Anlass für grundsätzliche Überlegungen zu den Methoden der Kostenplanung und Abrechnung bei Bauprojekten. Die Kostenbeeinflussbarkeit in der Ausführungsphase wird nicht nur durch die Planungsqualität und Reife der Planung bestimmt, sondern auch durch die zur Verfügung stehende Bauzeit und die Intensität der Arbeitsvorbereitung. Bei Abweichungen von der vertraglich vereinbarten Bauzeit, aufgrund von Störungen oder Behinderungen, kommt es in der Regel zu Mehrkostenforderungen durch den/die Auftragnehmer. Aus eigener Tätigkeit als Sachverständiger für Bauabwicklung und Bauabrechnung ist dazu festzustellen, dass der Nachweis von Mehrkosten aufgrund von Mengenänderungen in der Regel kein Problem darstellt. Schwieriger wird der Nachweis von Mehrkosten aufgrund von Leistungsänderungen und/oder Verzögerungen im Bauablauf. Mit ein Grund dafür ist die in der Baubranche übliche Zuschlagskalkulation, bei der zeitabhängige Kosten, mit Ausnahme der zeitabhängigen Baustellengemeinkosten, in Leistungsverzeichnissen nicht gesondert ausgewiesen werden.

Die Kostenberechnung für die Ausführungsphase basiert auf einer materialorientierten Zusammenfassung der Leistungsmengen und Kostenberechnung in Leistungspositionen. Baufirmen sehen sich daher derzeit mehrheitlich als Dienstleistungsunternehmen die primär Material mit mengenabhängigen Lohnkosten und Zuschlag verkaufen und nicht als produzierende Unternehmen die ein Produkt/Objekt herstellen und verkaufen.

Der fehlende integrative Zusammenhang zwischen den Prozessen zur Leistungserbringung, den zuordenbaren mengenabhängigen und zeitabhängigen Kosten in der Ausführungsphase erschweren den Nachweis der Auswirkungen von Störungen im Bauablauf auf die Kosten.

Darüber hinaus kommt es zwischen Kostenplanung und Abrechnung zu einer zweimaligen Umrechnung der Kosten. Die elementorientierte Kostenplanung wird für die Kalkulation der Selbstkosten materialorientiert zusammengefasst. Die Leistungserfassung an der Baustelle erfolgt gemäß Baufortschritt elementorientiert mit Berechnung der Leistungsmengen für die Kostenabrechnung.

Die Entwicklungen der letzten Jahre in den Fachbereichen Prozessmanagement, Projektmanagement sowie Building Information Management eröffnen für die Bauwirtschaft neue Möglichkeiten der Projektabwicklung. Sie ermöglichen die Beseitigung struktureller Defizite bei der Durchführung von Projekten mittels IT-gestütztem planen und bauen. Die informationstechnische Verknüpfung der Planungsbereiche Objektplanung, Terminplanung und Kostenplanung erfordert neue Überlegungen hinsichtlich der Prozesse, Methoden und Werkzeuge.

Die Einführung von norm- und regelwerkbasierten Managementsystemen und deren Ausweitung von der Unternehmensebene auf die Projektebene führt zwangsläufig zur Abkehr von der reinen Dienstleistungsphilosophie zur Prozess- und Produktorientierung.

Die vorliegende Dissertation soll durch interdisziplinäre Zusammenführung von Methoden aus verschiedenen Fachbereichen ein IT-gestütztes zeitabhängiges dynamisches Modell zur Kostenberechnung bei der Ausführung von Bauprojekten schaffen.

Hauptziel ist die Entwicklung des grundsätzlichen Berechnungsmodells zur prozessorientierten Baukalkulation ohne vorerst auf objektspezifische Unterschiede im Detail einzugehen.

Zur Erarbeitung der theoretischen Grundlagen für das Kalkulationsmodell werden zunächst die Methoden in den einzelnen Fachgebieten und deren Anwendungsmöglichkeiten auf Unternehmens- bzw. Projektebene untersucht.

Nachfolgend erfolgt die Zusammenführung ausgewählter Methoden in einem prozessorientierten Baukostenkalkulationsmodell. Im praktischen Teil erfolgt die IT-gestützte Umsetzung des Berechnungsmodells.

1.2. Schematischer Aufbau der vorliegenden Dissertation

Nach der Einleitung wird in Kapitel 2 die historische Entwicklung der Baukalkulation in Österreich nachgezeichnet. Daran anschließend erfolgt in Kapitel 3 ein Vergleich mit anderen Kalkulationsmethoden im deutschsprachigen Raum. Gleichheiten und Unterschiede der Methoden werden aufgezeigt sowie diese einer kritischen Analyse unterzogen.

In Kapitel 4 werden die Kalkulationsmethoden in verschiedenen Projektphasen behandelt.

In Kapitel 5 erfolgt die Analyse der Zuschlagskalkulation im Hinblick auf die IT-gestützte durchgängige Anwendung von der Kostenplanung bis zur Kostenerfassung und Abrechnung an der Baustelle.

Aus den Erkenntnissen der Kapitel 2 bis 5 ergibt sich die in Kapitel 6 formulierte Forschungsfrage.

In Kapitel 7 werden die Aspekte des Fachgebiets Prozessmanagement auf Unternehmensebene und auf Projektebene behandelt.

In Kapitel 8 wird die Prozesskostenrechnung und deren Anwendungsbereich auf Unternehmensebene und den Möglichkeiten auf Projektebene dargestellt

In Kapitel 9 werden die Hypothesen zum Modell einer prozessorientierten Baukalkulation formuliert.

Ab Kapitel 10 erfolgt die Anwendung der aus den Fachbereichen Prozess- und Projektmanagement ausgewählten Methoden auf das Bauunternehmen bzw. das Bauprojekt. Um eine vollständige IT-technische Verknüpfung zwischen dem Produkt/Objekt, den erforderlichen Prozessen und den Kosten auf Bauprojektebene herstellen zu können, werden in diesem Kapitel die 3D-Modelle des BIM einbezogen. Die 3D-Modelle und der zur Synchronisierung der Daten erforderliche Detaillierungsgrad werden in diesem Kapitel beschrieben. Um ein Berechnungsmodell herleiten zu können, ist zunächst eine qualitative und quantitative Analyse der identifizierten Prozesse auf Unternehmensebene und an der Baustelle erforderlich.

Nach der Analyse erfolgt in Kapitel 11 die Auswahl und Adaptierung der Methode der Prozesskostenrechnung für die Anwendung bei einem Bauprojekt. Die Verknüpfung von Objektplanung und Terminplanung erfolgt mit Hilfe der Planungsmethoden aus dem Fachgebiet Projektmanagement. Die prozess- und elementorientierte Zuordnung der Kostenarten und der Einsatz der Produktions- und Projekt-Prozesskostensätze vervollständigt das Berechnungsmodell.

Kapitel 12 beinhaltet die Entwicklung von Kalkulations-Schemata zur prozessorientierten Kalkulation.

Mit der Sensitivitätsanalyse in Kapitel 13 werden Auswirkungen von Änderungen analysiert und die Auswirkung der Effekte der Prozesskostenrechnung bei Anwendung auf Bauprojekte untersucht.

In Kapitel 14 werden die zu schaffenden Voraussetzungen bei Bauunternehmen und bei Projekten für die Implementierung des Modells der prozessorientierten Baukalkulation zusammengestellt.

In Kapitel 15 werden zwei Anwendungsbeispiele zur Umsetzung der prozessorientierten Baukalkulation berechnet.

Kapitel 16 beinhaltet eine Zusammenfassung der Arbeit mit Schlussfolgerungen und einen Ausblick auf die Zukunft.

1.3. Theoretischer Teil

Ziel des theoretischen Teils ist die Entwicklung des Berechnungsmodells auf Basis eines interdisziplinären Ansatzes. Der Schwerpunkt der wissenschaftlichen Arbeit liegt im Theorieteil auf der Auswahl geeigneter Berechnungsmethoden aus den behandelten Fachbereichen zur Herleitung entsprechender Berechnungsformeln, die eine IT-gestützte Umsetzung ermöglichen. Dabei werden auch die Hauptprobleme der Anwendung auf Unternehmensebene und auf Projektebene aufgezeigt. Ergänzt wird der Theorieteil durch Darstellung der Integrationsansätze bei IT-gestützter Umsetzung.

1.4. Praktischer Teil

Ziel des praktischen Teils ist die Verifizierung der Annahmen und der zu erwartenden Ergebnisse des Berechnungsmodells. An Hand der theoretischen Vorarbeit wird im praktischen Teil die IT-gestützte Umsetzung des Berechnungsmodells mit zwei Anwendungsbeispielen iterativ getestet.

Mit dem ersten Beispiel wird die grundsätzliche Richtigkeit der für das Berechnungsmodell entwickelten Formeln nachgewiesen.

Im zweiten Beispiel erfolgt eine durchgängige IT-gestützte integrative Bearbeitung eines als 3D-Modell verfügbaren Objekts. Die vorliegende Zuschlagskalkulation wird auf das prozessorientierte Modell umgerechnet und mittels eines 4D-Modells auf ein zeitabhängiges 5D-Modell gebracht. Damit erfolgt eine vollständige integrative Anwendung des Berechnungsmodells.

Den Abschluss bildet eine Simulationsrechnung von 3 Ausführungsvarianten im 5D-Modell, die das Kostenminimum bei optimaler Bauzeit aufzeigt.

1.5. Methodisches Vorgehen

Der Inhalt der Arbeit ist den Realwissenschaften zuzuordnen und da im Besonderen der Betriebswirtschaftslehre – Wirtschaftsinformatik. Die Wirtschaftsinformatik zielt auf Theorien und Methoden ab, die die Entwicklung, organisatorische Implementierung und das Management betrieblicher Informationssysteme fördern. Der Einsatz von IT-basierten Informationen soll die Wettbewerbsfähigkeit von Unternehmen im Sinne eines kontinuierlichen Verbesserungsprozesses (KVP) steigern und sicherstellen.

Aus dem praktischen Erkenntnisinteresse und unter Verwendung theoretischer Grundlagen verschiedener Fachbereiche wird das Forschungsziel abgeleitet.

Damit ergibt sich ein konstruktionsorientierter Forschungsansatz, der als Forschungsergebnis ein konzeptuelles Berechnungsmodell hat.

2. Historische Entwicklung der Baukalkulation in Österreich

Bereits im Jahre 1946 hat Herr Dipl.-Ing. Stimpfl ein erstes Nachschlagewerk mit dem Titel „Kalkulation im Hochbau“¹ herausgegeben. Dieses erschien 1980 in seiner 12. Auflage erstmals unter dem Herausgeber Ing. Richard Lugner mit dem Zusatz „Lugner – vormals Stimpfl. Ab seiner 13. Auflage fungiert ausschließlich Herr Ing. Lugner als Herausgeber“².

Die von Dipl.-Ing. Stimpfl aus der Praxis entwickelten Methoden wurden, unter Berücksichtigung der damals gültigen Normen des Baupreis- und Verdingungswesens, im Amtsblatt zur „Wiener Zeitung“ vom 11. Juli 1948 als Verfahren „Österreichische Baupreisanordnung“³ veröffentlicht. Mit dieser Anordnung wurden frühere Verordnungen (Baupreisverordnung von 1939) und Erlässe aufgehoben.

Auf Basis der Veröffentlichung entstand im Jahre 1950 das Buch „Die normgemäße Baukalkulation“ der Autoren Maculan – Frey⁴.

Im ersten Teil des Buches beschreibt Dr. Ing. Rudolf Maculan „Das normgemäße Baupreiswesen“. Der zweite Teil beinhaltet den „Kommentar zu den Verdingungsnormen und zur Österreichischen Baupreisanordnung“, verfasst von Dipl.-Ing. Robert Frey.

Zielsetzung der „Österreichischen Baupreisanordnung“ war es, im Wiederaufbau der Nachkriegszeit, höchstzulässige Entgelte für Bauleistungen festzulegen. Im § 4 (2) der „Österreichischen Baupreisanordnung“ wird dabei auf die Methode der Preisermittlung nach ÖNORM B 2061 (Stand 20.11.1947) hingewiesen.

Dabei wird das jeweilige Bauwerk als Einzelprodukt gesehen, dessen Kosten für die Gesamtleistung sich aus der Summe der Einzelkosten der Teilleistungen zusammensetzt.

Die Teilleistungen werden in einem Leistungsverzeichnis durch Positionen beschrieben, wobei in einer Position nur solche Leistungen aufgenommen werden, die nach ihrer technischen Beschaffenheit (Material) und ebenso in der Preisbildung (Personal- und Geräteeinsatz) als in sich gleichartig anzusehen sind.

Der Positionspreis berechnet sich aus der Leistungsmenge x Einheitspreis.

Preisbestandteile des Einheitspreises sind die Kosten für den Aufwand an Arbeit, Material und Sonstigem sowie umgelegten Betriebskosten (Zentralregie) und die anteiligen, umsatzgebundenen Betriebskosten der Baustelle, die beide durch einen Zuschlag berücksichtigt werden.

Diese Festlegung sollte es ermöglichen Preise gleicher Leistung verschiedener Baustellen vergleichbar zu machen. Baustellenspezifische Anforderungen sollten durch gesonderte Positionen berücksichtigt werden.

Dass die Kosten der Baustelleneinrichtung gesondert behandelt werden müssen wurde bereits damals beschrieben. Sie werden durch drei Faktoren bestimmt. Einmalige Kosten der Baustelle, zeitgebundene Betriebskosten der Baustelle und die bereits erwähnten umsatzgebundenen Kosten

¹ [1] D.-I. Stimpfl, Kalkulation im Hochbau, 1946

² [2] R. Lugner, Kalkulation im Hochbau, Ing. Richard Lugner, 1983

³ [3] D. Stimpfl, „Österreichische Baupreisanordnung,“ *Wiener Zeitung*, 1948

⁴ [4] Maculan-Frey, Die Normgemäße Baupreiskalkulation, Österr.Gewerbeverlag, 1950

der Baustelle. Es werden daher eigene Positionen für einmalige und zeitgebundene Kosten der Baustelle vorgesehen.

Die Selbstkosten des Bauwerks, versehen mit einem weiteren Zuschlag für Wagnis und Gewinn und der Umsatzsteuer, ergeben den Gesamtbaupreis bzw. die Angebotssumme.

Man spricht von einem Zuschlagsverfahren, wobei die Problematik eines variablen Verhältnisses zwischen Zuschlagträger und Zuschlag durch einen entsprechenden Kalkulationsaufbau bewältigt werden muss.

Zur Unterstützung des Kalkulierenden und zur Einhaltung der bereits bestehenden ÖNORM B 2061, aber erst später in den 1980er Jahren, wurde eine Reihe von Kalkulationsformblättern (K1-K9) entwickelt.

Die Aufgliederung des Anbotspreises wurde von der Größe des Bauvorhabens bestimmt. Die damals gültige Norm unterscheidet nach Groß-, Mittel- und Kleinbauvorhaben, wie sie auch noch in Lugner⁵ vorkommt. Die Einstufung wurde vom Arbeitsaufwand bestimmt und regelte die Aufgliederung des Gesamtpreises. Nur bei Großbauvorhaben wurde die zeitgebundene Baustellenregie gesondert angeführt.

Der in der nachfolgenden Abbildung dargestellte Aufbau des Einheitspreises berücksichtigte diese Unterscheidung nicht, beinhaltete aber mit der Zuschlagskomponente anteilige Betriebskosten der Baustelle (-aBB-). In dieser Zuschlagskomponente waren nicht nur die Lohnkosten des produktiven Personals enthalten, sondern auch unproduktive Aufsichtskosten.

⁵ [2] I. R. Lugner, Kalkulation im Hochbau, Ing. Richard Lugner, 1983

\overline{Gbp} = Gesamtbaupreis, \overline{Pp} = Positionspreis, \overline{Pm} = Positionsmenge, \overline{Ep} = Einheitspreis

\overline{A} = Preisanteil Arbeit, \overline{S} = Preisanteil Sonstiges

\overline{Za} = Zeitaufwand, \overline{La} = Lohn-Preisant., \overline{Ma} = Mengenaufwand, \overline{Sa} = Sachlicher Preisant.

\overline{Lk} = Lohnkosten, \overline{Sal} = Soz. Aufwendungen für Löhne, \overline{Gk} = Gehaltskosten,

\overline{Sag} = Soz. Aufwendungen für Gehälter, \overline{Lgnk} = Lohn- u. Gehaltsnebenkosten

\overline{Bk} = Baustoffkosten, \overline{Tk} = Transportkosten, \overline{Sl} = Subunternehmerleistungen, \overline{Gbk} = Gerätebeistellungskosten, \overline{Sk} = Sonstige Kosten, \overline{Ust} = Umsatzsteuer

\overline{aBB} = anteilige Betriebskosten der Baustelle, \overline{Zr} = Zentralregie, \overline{WG} = Wagnis und Gewinn

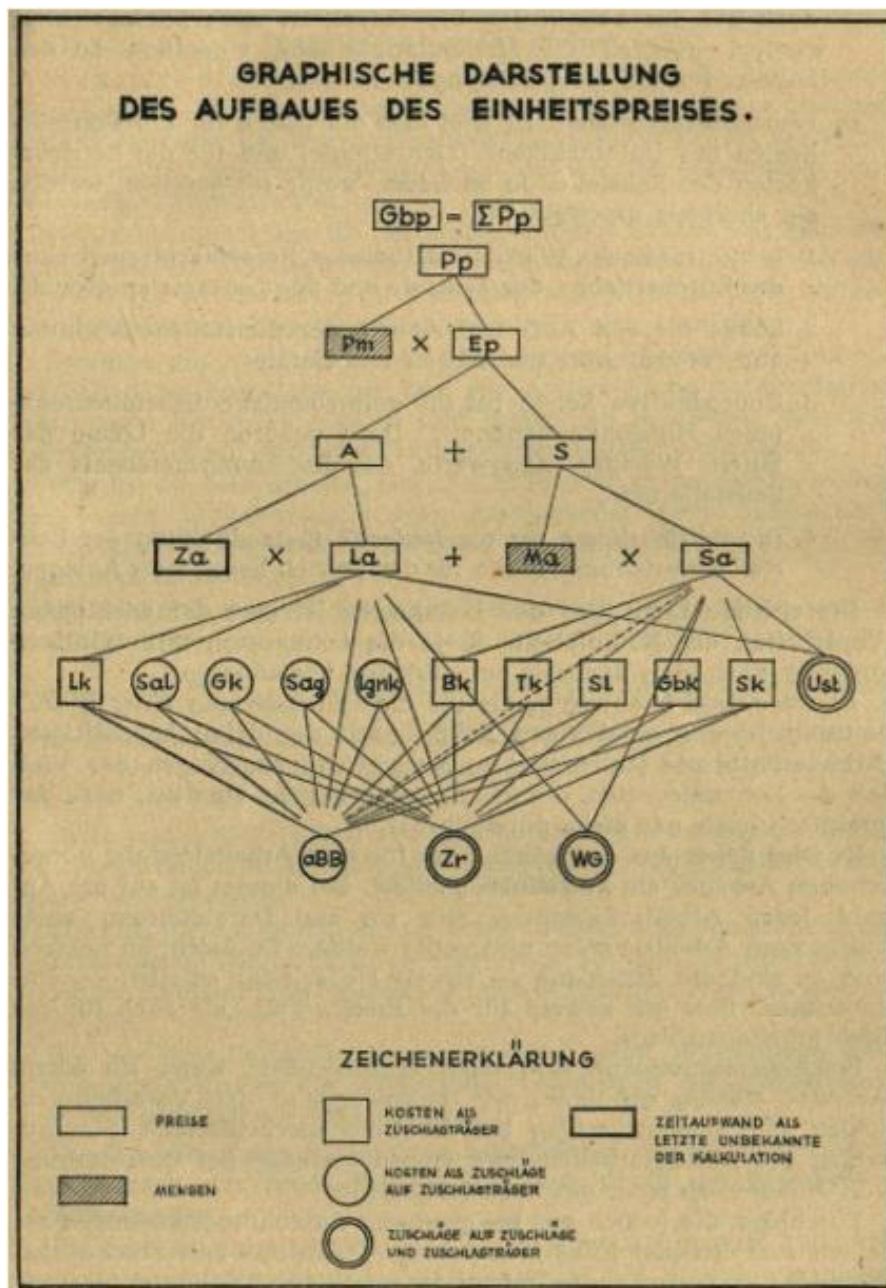


Abb. 1 Die Darstellung zeigt die Komponenten des Einheitspreises nach Maculan/Frey⁶

⁶ [4] Maculan-Frey, Die Normgemäße Baupreiskalkulation, Österr. Gewerbeverlag, 1950

Die Abb. 1 zeigt den Zusammenhang zwischen den verschiedenen Kostenkomponenten und Umlagen bzw. Zuschlägen zur Bildung des Gesamtbaupreises.

Die Beschäftigung von Arbeitnehmern verschiedener Lohnstufen führte letztlich zur Bildung eines Mittellohnes (WE/h) der für alle Bauarbeiten einer Baustelle Gültigkeit haben sollte. Festgestellt wurde von den Autoren, dass bei Großbauvorhaben die Berechnung mehrerer Mittellöhne, zur Vermeidung von zu großen Abweichungen, entsprechend der Zusammensetzung der Arbeitspartien für einzelne Leistungen erforderlich ist.

Den Leistungspositionen nicht direkt zuordenbare Kosten, wie z.B. anteilige Betriebskosten der Baustelle (aBB), Zentralregie (Zr) werden durch Zuschlagssätze berücksichtigt.

Die Berechnung des Bruttomittellohnpreises erfolgte auf dem K3-Blatt, unter Verwendung der auf dem K2-Blatt ermittelten Zuschlagssätze.

Bauvorhaben: *Mittelbauvorhaben: „M“* Formblatt K3
 Anbot Nr.: _____ Seite: _____

Ermittlung des Bruttomittellohnpreises

Bezeichnung der Arbeitskräfte	Stundenlohn				Mittellohn für							
	Tarif*)	Zuschläge		insgesamt	a) Erdarb.		b) Maurerarb.		c) Betonarb.		d)	
		I	II		Anzahl	Lohnkosten	Anzahl	Lohnkosten	Anzahl	Lohnkosten	Anzahl	Lohnkosten
Maurer-vorarb.	3'85	10% 1)	5%	4'45	-	-	1	4'45	-	-	-	-
Maurer	3'85	15% 3)	-	4'45	-	-	2	8'90	-	-	-	-
Maurer	3'85	-	-	3'85	-	-	5	19'25	3	11'55	-	-
Zimmerer	4'00	-	-	4'00	-	-	-	-	2	8'00	-	-
Eisen-Sieger	3'70	-	-	3'70	-	-	-	-	2	7'40	-	-
Servierer	3'65	-	-	3'65	2	7'30	2	7'30	-	-	-	-
Maschinist	3'85	-	5%	4'05	-	-	1	4'05	1	4'05	-	-
Hilfsarb.	3'35	15% 3)	-	3'85	-	-	3	11'55	-	-	-	-
Hilfsarb.	3'35	10% 4)	-	3'70	-	-	-	-	3	11'10	-	-
Hilfsarb.	3'35	-	-	3'35	13	43'55	6	20'10	9	30'15	-	-
Servierer etc.	3'65	10% 2)	-	4'00	5	20'00	-	-	-	-	-	-
Produktive Arbeitsstunden	A =			20			20	20				
Produktive Lohnkosten	B =				70'85			75'60		72'25		
Produktiver Mittellohn	C = $\frac{B}{A}$				3'54			3'80		3'61		
nicht miteinbez. Aufsichtspersonal	Tarif	I	II	insgesamt	Anzahl	Lohnkosten	Anzahl	Lohnkosten	Anzahl	Lohnkosten	Anzahl	Lohnkosten
Polier	5'40	-	-	5'40	1	5'40	1	5'40	1	5'40		
Arbeitsstunden des Aufsichtspersonals	D =			1	1		1					
Lohnkosten des Aufsichtspersonals	E =				5'40			5'40		5'40		
Auf produktive Arbeitsstunden umgelegte Lohnkosten II	F = $\frac{E}{A}$				0'27			0'27		0'27		
Mittellohn	G = C + F				3'81			4'07		3'88		
Bruttolohnzuschlag (Summe K aus K2)	H = 57,7%				2'18			2'32		2'22		
Bruttomittellohn	J = G + H				5'99			6'39		6'10		
Gesamtzuschlag (Summe D aus K2)	K = 17,7%				1'06			1'14		1'09		
Bruttomittellohnpreis	L = J + K				7'05			7'53		7'19		

Anmerkung über die Berechnung der Zuschlagssätze: 1) Vorarbeiterzuschlag 10% 2) Bei Erdarbeiten I. Erschwerung und Vorkletterzuschlag 5% Servierer mit Wassereulage 10% 3) B. Maurerarbeiten 2 Maurer u. 3 Hilfsarb. m. Staubszulage f. Abbrucharbeiten 15% 4) B. Betonarb. 3 Hilfsarb. m. Zementstaubszulage 10%

II. Mehrarbeitszuschläge auf Tariflohn in Prozent $\frac{1 \times 30}{9 \times 2} = 5\%$

1. Normalstunden = m Maurer- und Maschinenist machen kögl. Überstl.
 2. Mehrarbeitsstunden = n
 3. Tariflicher Mehrarbeitszuschlag = o

*) Angaben über Ortstarifklassen

Abb. 2 Beispiel K3-Blatt Ermittlung des Bruttomittellohnpreises Maculan/Frey ⁷

⁷ [4] Maculan-Frey, Die Normgemäße Baupreiskalkulation, Österr.Gewerbeverlag, 1950

Auf dem in Abb. 2 abgebildeten Formblatt K3 ist die Ermittlung des Bruttomittellohnpreises für ein in Zeile 1 Bauvorhaben als Mittelbauvorhaben mit „M“ bezeichnetes Objekt ersichtlich. Dabei beträgt der Gesamtzuschlag (Summe D aus K2) im Beispiel Zeile K = 17,9%.

Am K4-Blatt wurden die Baustoffpreise unter Berücksichtigung der Logistikkosten berechnet. Am K5-Blatt erfolgte eine gesonderte Ermittlung der Beton- u. Mörtelpreise. Das K6-Blatt wurde zur Ermittlung der Betriebskosten der Baustelle und Sonderkosten eingesetzt, das K7-Blatt zur Ermittlung der Geräteentgelte.

Mittelbauvorhaben : „M“
Mengen- und Preisermittlung
der Teilleistungen

Bauvorhaben: Formblatt K8
Anfrage Nr.: Seite: 1

Lfd. Nr. des Anlasses	Mengenentwicklung und Preisinweis	Je Einheit		
		Leistungsstunden	Arbeit	Sonstiges
1a	Schutt vom Erdgeschoß fördern, ca. 50 m mit Karre verfahren u. planieren: 1 m ³ laden, verfahren u. planieren à S 7'05 / 7 ^h	370	2186	
1b	Schutt aus den Geschossen auf die Straße fördern (m. Rutsche) sonst wie vor: 1 m ³ laden, verfahren u. planieren vom Geschoss herabschaffen	370 760 370	2609	
2	Ziegelmauerwerk in K.Z.M. abbauen: 1 m ³ Arbeit	475	3349	
3	Ziegelsteine ö.F. reinigen: je 1000 Stück	18 -	12690	
4	Massivdeckensteine abbauen: je m ² à S 7'53 / 7 ^h	070	527	
5	Schutt abführen. 1 m ³ laden à S 7'05 / 7 ^h 1 m ³ verfahren = 3/4 Std. L.K.W. nach K6 Pos. 1c S 27'34 / Std. 1 m ³ Planiergebühr S 1'50 12% Zuschlag S 0'18	150	1058	2051 168
		150	1058	2279
				3277
6	Ziegelmauerwerk aus alten vorhandenen Ziegeln: Mauern à S 7'53 / 7 ^h 0,3 m ³ Kalkmörtel à S 81'01 / m ³ Arbeit je m ³ 6'48 7 ^h	73 174 1474	11250	2430
				13680

Abb. 3 Beispiel K8 Mengen- und Preisermittlung der Teilleistungen Maculan/Frey⁸

⁸ [4] Maculan-Frey, Die Normgemäße Baupreiskalkulation, Österr. Gewerbeverlag, 1950

Das in der Abb. 3 gezeigte K8-Blatt beinhaltet die Mengen- und Preisermittlung von Teilleistungen.

Das K9-Blatt diente zur Gesamtmengenermittlung für Klein- und Mittelbauvorhaben, das K10-Blatt für Großbauvorhaben.

Die Struktur des Leistungsverzeichnisses wurde durch diese Einstufung der Bauvorhaben bestimmt. Dieses Leistungsverzeichnis bildete die Grundlage für die Kalkulation und Baupreisermittlung.

Die Ausführungspositionen wurden nach Positionsgruppen unterteilt. Für Baumeisterleistungen wurden sechs Positionsgruppen angegeben, die gemeinsam mit sechs weiteren Leistungsgruppen, die üblicherweise nicht von Baufirmen erbracht werden, unter dem Begriff Rohbauarbeiten zusammengefasst wurden.

ROHBAUARBEITEN

Baumeisterleistungen

- | | |
|---------------------------------|---|
| I. Betriebskosten der Baustelle | 1. Stahlbauleistungen |
| II. Erd- und Abtragsarbeiten | 2. Bildhauerarbeiten (Natur-Kunststein) |
| III. Maurerarbeiten | 3. Zimmermannsarbeiten |
| IV. Verputzarbeiten | 4. Dachdeckerarbeiten |
| V. Stahlbetonarbeiten | 5. Spenglerarbeiten |
| VI. Verschiedene Leistungen | 6. Kanalbauarbeiten |

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass es nur zwei Preisanteile für Arbeit (A) und Sonstiges (S) gegeben hat und die zeitgebundenen Kosten des Betriebes (Zr, Zentralregie) und des Betriebes der Baustelle (aBB) durch Zuschläge auf den Bruttomittelohn berücksichtigt wurden. Der Bruttomittelohn wurde arbeitsabhängig den Positionsgruppen für Baumeisterleistungen entsprechend kalkuliert. Im sachlichen Preisanteil (Sa) waren verschiedene Kostenarten (Bk, Tk, Sl, Gbk, Sk) enthalten, deren Summe auf die Leistungsmenge (Pm) umgelegt wurde.

3. Derzeitige Verfahren der Baupreisermittlung im deutsch-sprachigen Raum

3.1. Baupreisermittlung in Österreich nach ÖNORM B 2061

Die derzeitige Kosten- und Preisermittlung von Bauleistungen erfolgt nach ÖNORM B 2061 Ausgabe 1999-09-01⁹. Nach den darin enthaltenen Festlegungen kann die Baupreisermittlung wie folgt dargestellt werden:

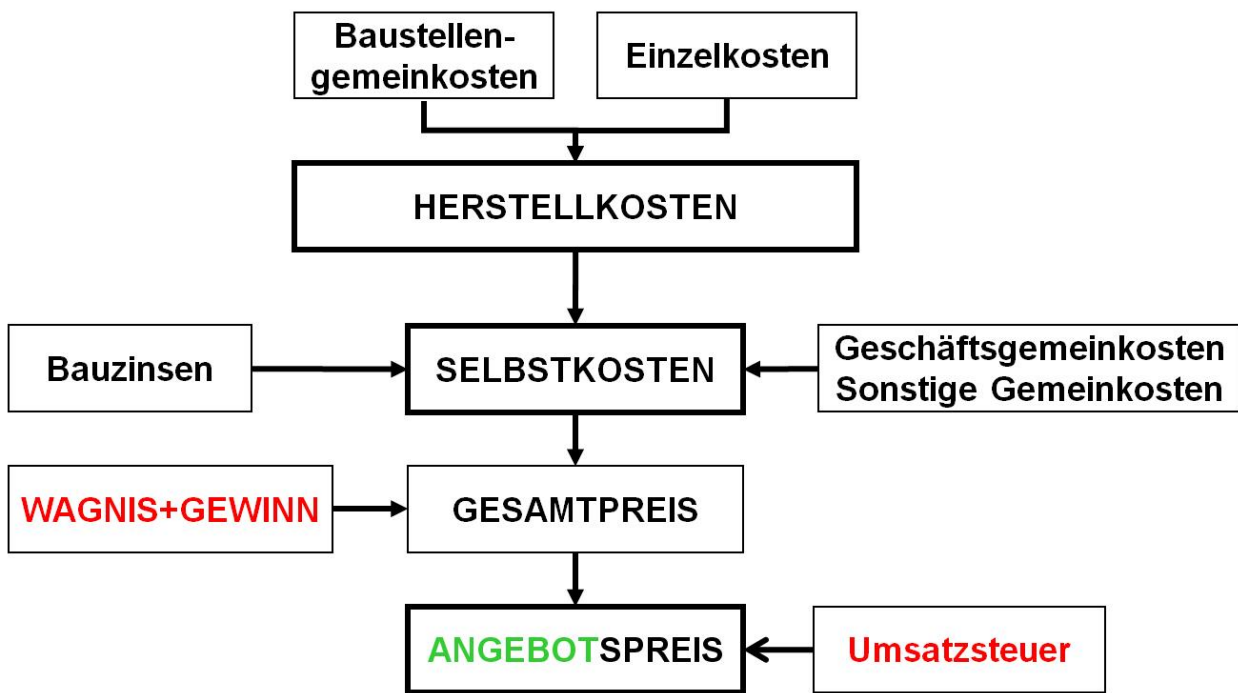


Abb. 4 Aufbau der Kosten- und Baupreisermittlung nach ÖNORM B2061⁹

In Abb. 4 sind die einzelnen Kostenkomponenten der Baupreisermittlung und deren Zusammenfassung sowie die Zusammensetzung des Angebotspreises dargestellt. Aus unternehmerischer Sicht ist die Kostenkalkulation von primärem Interesse, da sie die Grundlage für die Beurteilung des Auftrags- und in weiterer Folge des Unternehmenserfolges bildet.

Die Hinzurechnung der Geschäftsgemeinkosten erfolgt mit Hilfe eines prozentuellen Zuschlagsatzes auf die Herstellkosten. Bei der Preiskalkulation wird dieser Zuschlagsatz bereits bei der Kalkulation einzelner Leistungspositionen angewandt.

Die unterschiedliche Zusammensetzung des Angebotspreises und die Abrechnungssumme aus verschiedenen Sichtweisen sind in der nachstehenden Abb. 5 dargestellt.

⁹ [6] „ÖNORM B 2061,“ Österreichisches Normungsinstitut (ON), 1999

B2061		
Auftraggebers	Bau-Unternehmers	Bau-Kaufmannes
LV-Positionen	Einzelkosten d. Leistungen	Personelle Kosten
Regieleistungen	Baustellengemeinkosten	Stoffkosten
		Gerätekosten
		Fremdleistungen
		Kapitalkosten
		Sonstige Kosten
HERSTELLKOSTEN		
	Geschäftsgemeinkosten	Deckungsbeitrag
	Bauzinsen	
	sonstige Gemeinkosten	
	SELBSTKOSTEN	
	Wagnis und Gewinn	
ANGEBOTSUMME/GESAMTPREIS		
Nachlaß	Nachlaß	
AUFTRAGSSUMME		
Preisänderung	Preiserhöhungen	
Zusätze	Zusatzleistungen	
Nachträge	Nachträge	
Pönale/Prämie	Pönale/Prämie	
ABRECHNUNGSSUMME		

Abb. 5 Die Zusammensetzung der Angebots- u. Abrechnungssumme aus verschiedenen Sichtweisen

Aus der Sicht des Auftraggebers ist die Preiskalkulation der LV-Positionen, die den Gesamtzuschlag beinhaltet und nach der die Abrechnung stattfindet, von primärem Interesse.

Zur Durchführung einer normgemäßen Preisermittlung stehen im Anhang A der Norm sechs Kalkulationsformblätter zur Verfügung:

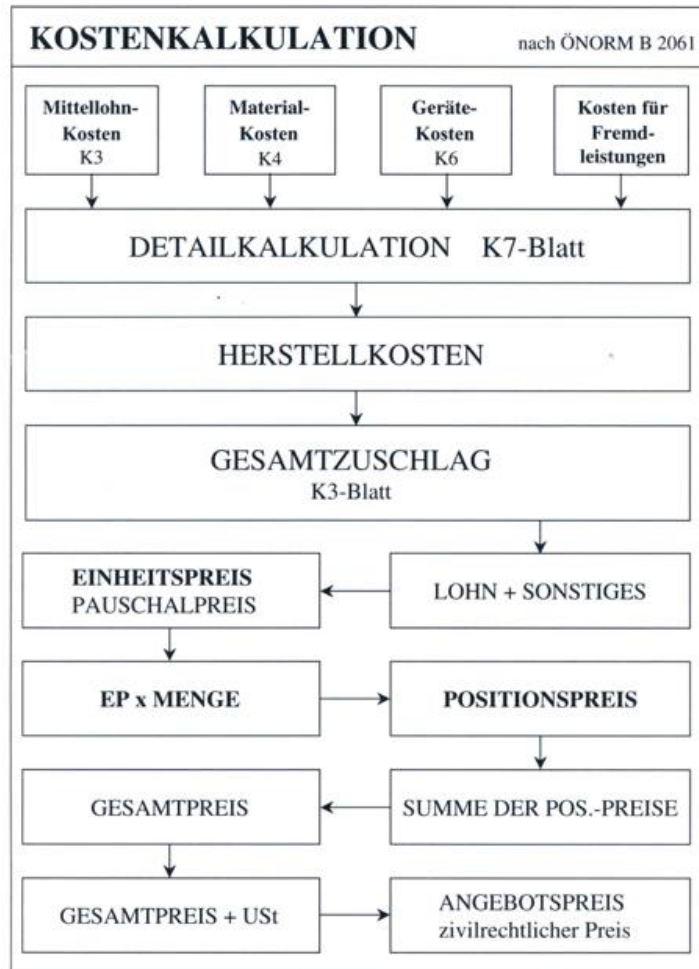
- K3-Mittellohnpreis, Regielohnpreis, Gehaltspreis
- K4-Materialpreise
- K5-Preise für Produkte, Leistungen
- K6-Gerätepreise,
- K6A Gerätepreise (Ergänzung)
- K7-Preisermittlung

Die Ermittlung der Einzelkosten der Leistungen erfolgt auf dem K7-Blatt entsprechend den Kostenarten der Baukalkulation nach Einzellohnkosten, Einzelmaterialkosten und Einzelgerätekosten. Kosten für Fremdleistungen werden in der Regel aus Angeboten Dritter übernommen¹⁰.

Außer den Lohnkosten für die zu erbringende Leistung werden jedoch alle anderen Kostenarten unter einem Preisanteil Sonstiges zusammengefasst.

Die Komponenten des Einheitspreises bestehen aus einem Anteil LOHN und einem Anteil SONSTIGES. Der Anteil LOHN enthält dabei nicht nur die Kosten für den Arbeitsaufwand der zu erbringenden Leistung, sondern auch Lohnkosten aus dem Material- und Geräteinsatz.

¹⁰ [8] Ing. Mag. Herbert Wolkerstorfer, Ing. Christian Lang, Praktische Baukalkulation, Linde, 2008

Abb. 6 Kostenkalkulation nach ÖNORM B 2061 ¹¹

In der Abb. 6 ist ausgehend von den Kostenarten, wie sie bei der Kalkulation einzelner LV-Positionen mit den zugehörigen Formblättern erforderlich sind, die Ermittlung des Angebotspreises nach ÖNORM B 2061 dargestellt.

Einheitspreis mal Menge ergibt den Positionspreis. Diese Berechnungsmethode wird als Einheitspreisverfahren bezeichnet.

Grundsätzlich kann die Kostenermittlung am K7-Blatt wie folgt dargestellt werden.

¹¹ [8] Ing. Mag. Herbert Wolkerstorfer, Ing. Christian Lang, Praktische Baukalkulation, Linde, 2008

ERMITTLUNG DER EINHEITSPREISE DER LV-POSITIONEN

Mengen			Kosten				
L ARBEITSAUFWAND	h	x	LOHNKOST.	€/h	ML	L	K3
G GERÄTEAUFWAND	h	x	GERÄTEKOST.	€/h		L	+ S K6
M MATERIALBEDARF	E	x	MAT.KOSTEN	€/E		L	+ S K4
F ev.FREMDLEISTUNG			P	€		L	+ S lt.Ang.
EINZELKOSTEN DER LEISTUNGEN SUMME				€		L	S K7
SUMME (€) / LEISTUNGSMENGE (E)				€/E		L	S K7
+ % GESAMTZUSCHLAG						L	S K7
						Anteil	L
						Anteil	S
SUMME LOHN + SONSTIGES = EINHEITSPREIS						EP:	€/E

ERMITTLUNG DES POSITIONSPREISES

MENGE (€) x EINHEITSPREIS (EP) = POSITIONSPREIS	PP:	€
--	-----	---

ERMITTLUNG DES ANGEBOTSPREISES

SUMME D.POSITIONSPREISE(PP) = ANGEBOTSSUMME	€
ZUZÜGLICH 20 % MWSt	€
ANGEBOTSPREIS	€

Abb. 7 Preiskalkulation für Positionspreis ¹²

In Abb. 7 ist die Kalkulation einer Einzelposition mit den erforderlichen Kalkulationsformblättern in der eingerahmten Zusammenfassung des Preisanteils Sonstiges dargestellt.

Die Zusammenfassung verschiedener Kostenarten in einem Preisanteil Sonstiges erfordert zunächst die getrennte Berechnung der gesamten Einzelkosten. Da die Kosten nach Kostenarten auf Basis unterschiedlicher Einheiten ermittelt werden, ist ein Bezug auf die ausgeschriebene Mengeneinheit erst nach Kenntnis der gesamten sonstigen Kosten für die Gesamtmenge möglich.

Die Ermittlung des gesamten Arbeitsaufwandes des produktiven Personals (P) für die jeweilige Leistungsposition erfolgt durch Multiplikation der Leistungsmenge mit einem Leistungsansatz in h/E oder E/h.

Bei den anderen Kostenarten Material/Gerät/Fremdleistung ist, aufgrund beider Preisanteile (L/S), eine detaillierte Kalkulation erforderlich.

¹² [9] D. I. M. Duschel, „Ausgewählte Kapitel aus Bauwirtschaft, Baubetrieb und Planungsmanagement,“ BOKU 875.309VU, 2008

Leistungsmenge [ME]			
x/ Materialanteil [ME/ME]			
Materialmenge			ME
x Preis ab Lieferer (incl.Rabatt, excl.USt) [€/ME]			
Materialkosten ab Werk		S	€
+ Antransport zur Baustelle [€]			
= Materialkosten frei Bau		S	€
+ Ladearbeiten und Manipulation [h/ME] x Leistungsmenge[ME] x MLK [€/h]=[€]			
oder [€/ME] x Leistungsmenge [ME]=[€]	L		
+ Verlust (% von Materialkosten frei Bau) [€]		S	
= Materialkosten gesamt	L	S	€

Abb. 8 Detaillierte Kostenkalkulation für die Kostenart Material ¹³

In der Abb. 8 ist die detaillierte Ermittlung der Preisanteile Lohn + Sonstiges der Kostenart Material (M) dargestellt.

Gerätekosten werden nur dann im K7-Blatt ermittelt, wenn das Gerät nur zur Erbringung dieser Leistung (Leistungsgerät) eingesetzt wird. Geräte, die keiner Leistungsposition direkt zuordenbar sind, werden als Vorhaltegeräte bezeichnet und in den Baustellen-Gemeinkosten erfasst.

Leistungsmenge [ME] x Leistung [h/ME]				
= Arbeitszeit				h
Arbeitszeit [h] /170 [h/Mo] x RE-Betrag [€/Mo] 50/50	L	S	€	
+ Arbeitszeit [h] /170 [h/Mo] x AV-Betrag [€/Mo]			S	€
= Gerätekosten	L	S	€	
+ Bedienungskosten (Arbeitszeit [h] x MLK[€/h] +10%)= [€]	L			
+ Betriebsstoffkosten (Arbeitszeit [h] x 0,10-0,15[l/KWh] x P[KW] x Preis[€/l] +10%)= [€]			S	
+ sonstige Gerätekosten (Verschleißteile,Versicherung) [€]			S	
= Gerätekosten gesamt (Anteil L+S)	L	S	€	

Abb. 9 Detaillierte Kostenkalkulation für die Kostenart Gerät ¹³

In Abb. 9 ist die detaillierte Ermittlung der Preisanteile Lohn + Sonstiges der Kostenart Gerät (G) dargestellt.

Preis ab Subunternehmer (incl.Rabatt, excl.USt) [€]			
+ Beistellungen des Unternehmers (Hilfsleistungen,Nebstoffe) [€]		L	S
= Fremdleistungskosten gesamt			€

¹³ [9] D. I. M. Duschel, „Ausgewählte Kapitel aus Bauwirtschaft, Baubetrieb und Planungsmanagement,“ BOKU 875.309VU, 2008

Abb. 10 Detaillierte Kostenkalkulation für die Kostenart Fremdleistungen¹⁴

In Abb. 10 ist die detaillierte Ermittlung der Preisanteile Lohn + Sonstiges der Kostenart Fremdleistung dargestellt. Die Aufteilung der Fremdleistungskosten in einen Anteil Lohn und Sonstiges sollte nach Angaben des Subunternehmers erfolgen.

3.2. Vergleich mit deutschen und schweizer Verfahren der Baupreisermittlung

Das Verfahren in Deutschland ¹⁵ ist ebenfalls eine Zuschlagskalkulation. Bezüglich der Gestaltung der Leistungsbeschreibung gelten die Bestimmungen des § 7 der VOB/A 2016. Der Aufbau der Kalkulation entspricht weitgehend der ÖNORM B 2061. Unterschiede ergeben sich nur bei den Bezeichnungen. Es werden zwei Verfahren unterschieden: Kalkulation über die Angebotssumme und Kalkulation mit vorberechneten Umlagen.

Unterstützt wird die Berechnung bei den Verfahren durch den Einsatz von Formblättern, wobei die Formblätter des Instituts für Baubetriebslehre der Universität Stuttgart verwendet werden¹⁵. Das Formblatt 1 zur Ermittlung der Einzelkosten und zur Berechnung der Einheitspreise entspricht als Kalkulationsgrundlage dem K7-Blatt nach ÖNORM B 2061. Dieses Formblatt ist jedoch in vier Teile aufgeteilt und enthält in Teil 1 Pos. Nr./Kurztext/Mengenangaben und in Teil 2 zwei Kostenblöcke mit Kostenarten je Einheit und insgesamt aber ohne Umlagen. Der Teil 3 enthält die Kostenarten mit Umlagen und im Teil 4 werden die Preise je Einheit bzw. je Teilleistung ermittelt.

Die Kostenblöcke 1-3 enthalten jeweils vier Spalten je Kostenblock nach den Kostenarten Lohn, Soko und zusätzlich Gerät und Fremdleistung. Ein weiteres Formblatt 2 dient zur Berechnung der Einzelkosten je Einheit.

Die Ermittlung der Angebotssumme und der Umlagesätze erfolgt auf dem Formblatt 3. Das Formblatt 4 kommt nur bei der Kalkulation mit vorberechneten Umlagen zur Anwendung.

Zum Nachweis des verwendeten Kalkulationsverfahrens dienen die Formblätter 222 und 221, nach dem Vergabe- u. Vertragshandbuch für die Baumaßnahmen des Bundes (VHB) Ausgabe 2008-Stand Mai 2010 ¹⁶, die mit dem Angebot abzugeben sind (siehe Absatz 1).

Auch in der Schweiz ¹⁷ erfolgt die Ermittlung des Angebotspreises über ein Leistungsverzeichnis bei dessen Erstellung auch Normpositionen-Kataloge verwendet werden können. Um eine Aussage über die Angemessenheit von Angebotspreisen (Preisbestandteilen) treffen zu können, sind bei öffentlichen Aufträgen einheitliche Formblätter (EFB) zu verwenden.

EFB-Preis 1a: Angaben zur Preisermittlung bei Zuschlagskalkulation

EFB-Preis 1b: Angaben zur Preisermittlung bei Kalkulation über die Endsumme

EFB-Preis 1c: Angaben zur Preisermittlung bei Leistungen des Ausbaugewerbes

¹⁴ [9] D. I. M. Duschel, „Ausgewählte Kapitel aus Bauwirtschaft, Baubetrieb und Planungsmanagement,“ BOKU 875.309VU, 2008

¹⁵ [10] Gerhard Drees und Wolfgang Paul, Kalkulation von Baupreisen, Beuth Verlag, 2011

¹⁶ [11] „Vergabe u. Vertragshandbuch für die Baumaßnahmen des Bundes (VHB),“ Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, Ausgabe 2008 - Stand Mai 2010

¹⁷ [12] Gerhard Girmscheid und Christoph Motzko, „Kalkulation, Preisbildung und Controlling in der Bauwirtschaft,“ Springer Vieweg, 2013

EFB-Preis 1d: Angaben zur Preisermittlung bei Leistungen des Maschinenbaus und der Elektrotechnik

EFB-Preis 2 Aufgliederung wichtiger Einheitspreise

Bei Ermittlung der Einzelkosten der Teilleistungen sind vier Kostenarten (Lohnkosten, Sonstige Kosten, Gerätekosten und Fremdleistungskosten) anzugeben. Die Verwendung der EFB-Blätter soll das Erkennen von spekulativ hohen oder niedrigen Preisen ermöglichen.

3.3. Vergleich der eingesetzten Verfahren auf Basis der Formblätter

Der Vergleich der Formblätter zeigt, dass die Verfahren nicht im gleichen Ausmaß formalisiert sind und die Berechnung teilweise unterschiedlich abläuft.

	Österreich ÖN B2061	Deutschland	Schweiz
Mittelohnkosten, APSL	K3		
Zuschlag- Umlagesätze	Hilfsblätter	Formblatt 4	EFB-Preis 1a
Mittelohnpreis	K3		
Materialkosten,-preise	K4	Formblatt 1	
Preise für Produkte und (Fremd-) Leistungen	K5		
Gerätekosten,-preise	K6, K6A	Formblatt 1	
Baustellengemeinkosten	K7	Formblatt 3	EFB-Preis 1b
Baustelle einrichten/räumen	K7	Formblatt 3	
Einzelkosten der Leistungen	K7	Formblatt 1, T2	
Preisermittlung der Leistungen, EP	K7	Formblatt 1, T4	EFB-Preis 2
Angebotssumme		Formblatt 3	

Abb. 11 Vergleich des Inhalts der Kalkulations-Formblätter in Österreich, Deutschland, Schweiz

Die Abb. 11 enthält eine Zuordnung der in Deutschland und der Schweiz verwendeten Formblätter zu den K-Blättern nach ÖNORM B 2061. Grau hinterlegt ist der Bereich des K7-Blattes zur Preisermittlung der Einheitspreise.

Bei allen drei Verfahren werden die Lohnkosten (P) auf Basis eines Mittellohns berechnet. Die Kostenarten (M) Material- oder Stoffkosten, (G) Gerätekosten, (F) Fremdleistung werden in Österreich gesondert kalkuliert. In Deutschland und in der Schweiz erfolgt die Kalkulation direkt zugeordnet bei der Ermittlung der Einzelkosten der Teilleistungen.

Die schweizerische Kalkulation mit vier Kostenarten gleicht dem deutschen Verfahren.

Bei den Gerätekosten (G) wird in allen Verfahren zwischen Vorhaltegeräten, die der Baustelleneinrichtung zugeordnet sind, und Leistungsgeräten, die einzelnen Leistungspositionen zugeordnet sind, unterschieden. Damit ergibt sich in allen drei Verfahren eine Aufteilung der Kosten in zwei Positionen für die Kosten der Baustelleneinrichtung: Einrichten/Räumen der Baustelle und Gemeinkosten der Baustelle.

Die Umlage der Baustellengemeinkosten, wie sie auch im K3-Blatt der ÖNORM B 2061 möglich ist, scheint jedoch ebenfalls ein Ausnahmefall zu sein.

Abschließend kann zur Analyse der eingesetzten Verfahren festgestellt werden, dass die Zusammenfassung verschiedener Kostenarten in einem Preisanteil Sonstiges, wie es nach der ÖNORM B 2061 erfolgt, die Berechnung des Einheitspreises etwas vereinfacht.

Der Auftragnehmer muss bei einer Nachkalkulation der Kostenarten eine neuerliche Aufgliederung vornehmen. Es werden für den Auftraggeber die Möglichkeiten zum Vergleich von Angeboten dadurch eingeschränkt. Ein Vergleich z.B. der reinen Materialkosten für das angebotene Objekt ist nicht möglich.

Die Zeitabhängigkeit von Kosten findet durch die reine Mengenbasis keine Berücksichtigung.

4. Weitere Kostenkalkulationen für Bauobjekte

Für die Kostenermittlung in der Planungsphase werden je nach Planungsfortschritt verschiedene Methoden eingesetzt. Die Richtwertmethode basiert im Hochbau auf den Daten des Raum- und Funktionsprogrammes, die Elementmethode verwendet Anzahl und Größe gleichartiger Elemente, die LV-Methode beinhaltet die Leistungsgruppen und Leistungspositionen mit Mengen.

4.1. Kostenplanung nach ÖNORM B 1801- Teil 1

Aufgrund der Entwicklungen und den Anforderungen aus dem Fachgebiet Projektmanagement entstand die ÖNORM B 1801 Bauprojekt- und Objektmanagement. In fünf Teilen wurden Grundlagen für alle Bereiche des Bauprojektmanagements über den gesamten Lebenszyklus eines Bauwerks geschaffen.

Im Hinblick auf die Kosten – Kalkulation für die Ausführungsphase - ist festzustellen, dass das Ergebnis der Kostenberechnung als Kostenanschlag bezeichnet wird.

Die Stufen der Kostenplanung werden in der ÖNORM B 1801-1 Ausgabe 2015-12-01 beschrieben. Im Bild 1 Planungssystem der ÖNORM B 1801-1 ist einerseits der Zusammenhang mit den Projektphasen und andererseits die gegenseitige Abhängigkeit mit der Qualitäts- und Terminplanung erkennbar.

Das aus der ÖNORM B 1801-1 übernommene Bild 1, mit den eingefügten Rahmen, zeigt im Überschneidungsbereich zwischen dem Handlungsbereich Kosten und der Entwurfsphase, dass der Kostenberechnung im Handlungsbereich Termine ein genereller Ablaufplan und bei der Baugliederung die 3. Ebene zugeordnet ist.

		Projektphase					
		Entwicklungsphase	Vorbereitungsphase	Vorentwurfsphase	Entwurfsphase	Ausführungsphase	Abschlussphase
Handlungsbereich							
Qualität	Qualität	Qualitätsziel	Qualitätsrahmen	Vorentwurfsbeschreibung	Entwurfsbeschreibung	Ausführungsbeschreibung	Qualitätsdokumentation
	Quantität	Quantitätsziel	Raumprogramm	Vorentwurfsplanung	Entwurfsplanung	Ausführungsplanung	Planungsdokumentation
Kosten	Kosten	Kostenziel	Kostenrahmen	Kostenschätzung	Kostenberechnung	Kostenanschlag	Kostenfeststellung
	Finanzierung	Finanzierungsziel	Finanzierungsrahmen	Finanzierungsplan			
Termine	Termine	Terminziel	Terminrahmen	Grobterminplan	Genereller Ablaufplan	Ausführungsterminplan	Terminfeststellung
	Ressourcen	Ressourcenziel	Ressourcenrahmen	Ressourcenplan			
Gliederung							
Baugliederung		1. Ebene					
		2. Ebene					
		3. Ebene					
		Elementtyp					
Leistungsgliederung		Leistungsposition					

Abb. 12 Bild 1 Planungssystem aus der ÖNORM B 1801-1- ergänzt durch zwei Rahmen

Die Abb. 12 zeigt den Zusammenhang von Projektphasen und Handlungsbereichen mit den Gliederungsstufen. Mit den eingefügten Markierungen ergibt sich ein Überschneidungsbereich bei der Kostenberechnung, die mit der 3. Ebene der Baugliederung zusammenhängt.

Während die Kostenschätzung mit Elementen auf Basis von Richtwerten vorgenommen wird, beruht die Kostenberechnung in der Planungsphase bereits auf Mengenangaben unter Verwendung ortsüblicher Preise. In der Ausführungsphase auf Basis des Leistungsverzeichnisses spricht man vom Kostenanschlag der den Angebotspreis gemäß ÖNORM B 2061 enthält.

Die Kostenschätzung mittels Richtwert ist mit der Kostenberechnung und dem Kostenanschlag daher nur über die Angebotssumme vergleichbar.

Zur systematischen Bearbeitung von Informationen und Daten können zwei Gliederungssysteme zur Anwendung kommen, die Baugliederung und die Leistungsgliederung. Die Baugliederung entspricht nur in der 1. Ebene der Leistungsgliederung.

Beim Kostenanschlag kann die Leistungsgliederung auf Basis der Leistungspositionen oder die Baugliederung mit Elementen zur Anwendung kommen. Dem Kostenanschlag ist auch der Ausführungsterminplan zugeordnet, womit ein Zeitbezug zu den Kosten hergestellt werden kann. Dieser wird vom ausführenden Unternehmen erstellt und ist oft Bestandteil des Bauvertrages¹⁸.

In allen vorhergehenden Phasen werden Kostendaten nach der Baugliederung aggregiert.

Baugliederung	Abk.	Bauwerkskosten BWK	Baukosten BAK	Errichtungskosten ERK	Gesamtkosten GEK
0 Grund	GRD				
1 Aufschließung	AUF				
2 Bauwerk-Rohbau	BWR	100 %			
3 Bauwerk-Technik	BWT				
4 Bauwerk-Ausbau	BWA				
5 Einrichtung	EIR				
6 Außenanlagen	AAN				
7 Planungsleistungen	PLL				
8 Nebenleistungen	NBL				
9 Reserven	RES				

Abb. 13 aus der ÖNORM B 1801-1- Bild 4 Kostengruppierung

In Abb. 13 ist das Bild 4 der ÖNORM B 1801-1 mit der Zusammenfassung von Kosten nach der Baugliederung dargestellt.

Die Kostengruppe Baukosten (BAK) enthält mit der Baugliederung 1-6 jene Kosten, die mit der Leistungsgliederung 3. Ebene, in der die Leistungsgruppen (LGR) und Unterleistungsgruppen (ULG) enthalten sind, den Angebotspreis darstellen.

Erst ab der Ausführungsphase existieren beide Gliederungssysteme (Baugliederung und Leistungsgliederung) parallel.

¹⁸ [7] Wolfgang Oberndorfer, Hans Georg Jodl, Handwörterbuch der Bauwirtschaft: Interdisziplinäre Begriffswelt des Bauens, Austrian Standards Plus Publishing, 2010

Dazu befindet sich im Anhang A der Norm ein Beispiel für eine Leistungsgliederung Hochbau nach 1. Ebene der Baugliederung. Im Anhang B befindet sich ein Beispiel für die Verbindung von Leistungsgliederung über Leistungspositionen zu Elementtyp und Baugliederung.

Eine Verbindung zwischen Baugliederung und Leistungsgliederung wird im Bild 6 der ÖNORM B 1801-1 dargestellt.

In dieser ist durch die Verbindung zwischen Elementtyp und Leistungsposition ein erster Ansatz für eine Verknüpfung von Elementen mit objektspezifischen Daten und einem Leistungsverzeichnis dargestellt.

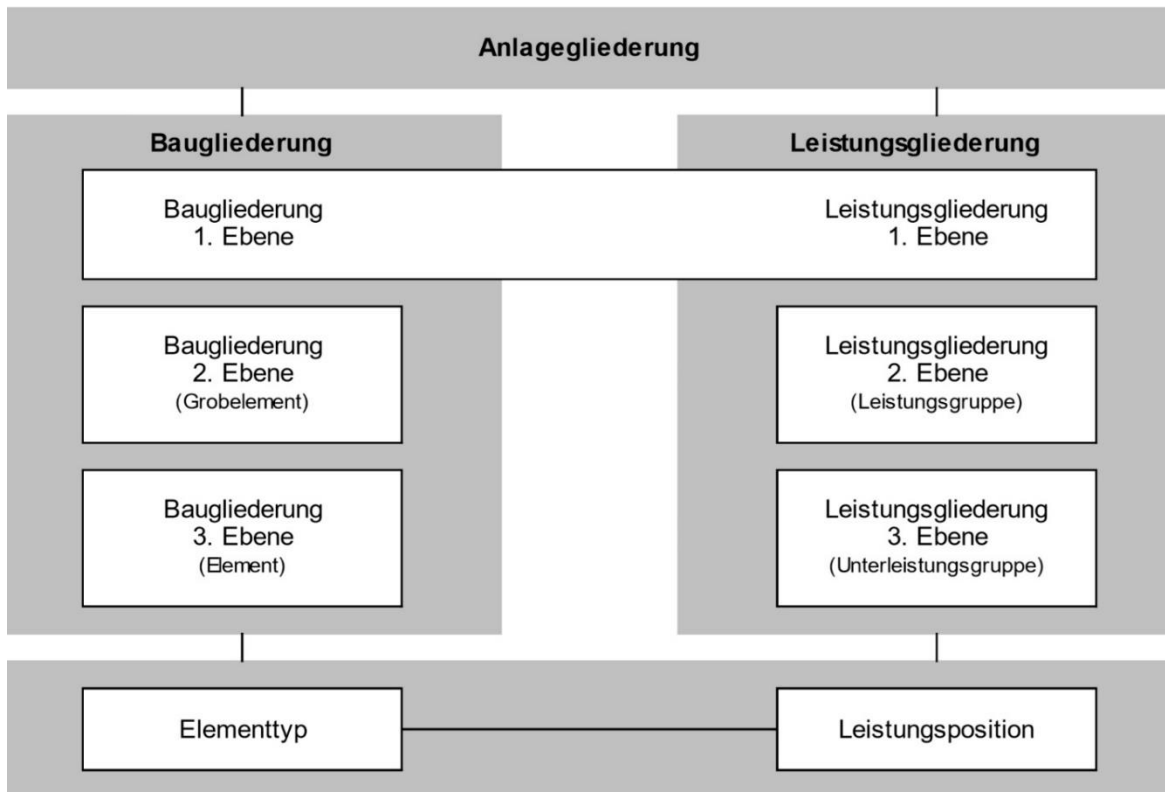


Abb. 14 ÖNORM B 1801-1- Bild 6 Gliederungssystem ¹⁹

¹⁹ [5] „ÖNORM B 1801-1,“ Österreichisches Normungsinstitut (ON), 2009

Auf der untersten Ebene kann der Elementtyp mit den Leistungspositionen verknüpft werden. Das Beispiel Elementtyp Decke in Anhang B der ÖNORM B 1801-1 zeigt eine mögliche Verknüpfung zwischen den beiden Gliederungssystemen.

Leistungsgliederung		Baugliederung	
1. Ebene	2 Bauwerk-Rohbau	1. Ebene	2 Bauwerk-Rohbau
2. Ebene	2.H07 LG Beton- und Stahlbetonarbeiten	2. Ebene	2D Horizontale Baukonstruktionen
3. Ebene	2.H07... ULG Beton für Decken ULG Schalung für Decken ULG Bewehrung	3. Ebene	2D.01 Deckenkonstruktionen






Leistungsposition	Anteil pro m ² Decke:	Elementtyp
	Beton für Decke 0,30 m ³ € 100,-/m ³ = € 30,-	=  Betondecke 30 cm, 120 kg/m ³ Kosten pro m ² Decke € 100,-
	Deckenschalung 1,0 m ² € 26,-/m ² = € 26,-	
	Bewehrung (120 kg/m ³) 120 x 0,3 = 36,0 kg € 1,-/kg = € 36,-	
	Nebenpositionen ca. 6% € 92,- = € 8,-	
Kosten pro m² Decke € 100,-		Kosten pro m² Decke € 100,-

Abb. 15 ÖNORM B 1801-1- Anhang B Bild B.1 Elementtyp ²⁰

In der aus dem Anhang der ÖNORM B 1801-1 entnommenen Abb. 15 werden beispielhaft dem Elementtyp Decke die zugehörigen Leistungspositionen zugeordnet.

Als Berechnungsparameter für die Kosten dienen aus der Baugliederung die Deckenstärke und deren Bewehrungswert. Daten die aus den Kostenberechnungsgrundlagen der Planung entnommen werden können.

Bei den angegebenen Beträgen für Bewehrung und Beton (Materialkosten) handelt es sich um Kosten, die die Anteile Lohn und Sonstiges beinhalten.

Über die Leistungsgliederung werden weitere Kosten aus Unterleistungsgruppen ULG (Deckenschalung, Nebenpositionen), die der Produktion zuordenbar sind, dazugerechnet.

Die Verknüpfung soll die Bildung von Kostenkennwerten z.B. €/m² oder €/Stk. ermöglichen, die in frühen Projektphasen in der Kostenplanung Verwendung finden sollen.

²⁰ [5] „ÖNORM B 1801-1,“ Österreichisches Normungsinstitut (ON), 2009

5. Problemanalyse zu den derzeitigen Kalkulationsverfahren

5.1. Analyse der Ausgangssituation

Für die Entwicklung eines normativen Verfahrens zur Baupreisbildung waren in den Jahren nach dem 2. Weltkrieg im Wesentlichen zwei Faktoren maßgebend. Einerseits der Bedarf auf einem Nachfragemarkt die Preise durch eine staatliche Regelung zu begrenzen und andererseits die Preise verschiedener Anbieter auf Basis eines geregelten Kalkulationsverfahrens vergleichbar zu machen.

Die „Bereinigung“ der Preise von den besonderen Bedingungen einzelner Baustellen sollte durch gesonderte Positionen und eine Trennung in Positionen für einmalige und zeitgebundene Kosten der Baustelle erreicht werden.

Weitere gewünschte Effekte waren eine Vereinheitlichung der verwendeten Begriffe, sowie eine Vereinfachung und Nachvollziehbarkeit der Berechnung.

Mit der Veröffentlichung der ÖNORM B 2061 als Richtliniennorm und deren Erwähnung in der Österreichischen Baupreisordnung vom 3. Juli 1948 ²¹ wurde ein im Wesentlichen bis heute gültiges Verfahren begründet.

Das Einheitspreisverfahren auf Basis einer Zuschlagskalkulation stellt den Stand der Technik dar.

Das Verfahren der Zuschlagskalkulation unterstellt jedoch einen proportionalen Zusammenhang von den beanspruchten Ressourcen und den angefallenen Gemeinkosten über alle Aufträge.

5.2. Analyse der Preisermittlung und Bauabrechnung

Die Bauaufgaben der Nachkriegszeit waren mehrheitlich vom Bedarf des Wiederaufbaues und beim Neubau kriegszerstörter Objekte durch begrenzte Finanzmittel bestimmt.

Die Möglichkeit staatlich vorgegebene Preisobergrenzen für Einheitspreise, wie sie aufgrund der Vergleichbarkeit von der mit der ÖNORM B 2061 vorgegebenen Kalkulationsmethode angestrebt wurde, festzusetzen, war nur eingeschränkt vorhanden.

Zur Zeit der Aufbaujahre sollte mit wirtschaftlichen, möglichst effizienten Baumethoden ein maximaler Effekt erzielt werden. Diese Anforderung wurde in den Aufbaujahren nach dem 2. Weltkrieg durch entsprechende Planung der Objekte berücksichtigt, womit der gewünschte Effekt, die Vergleichbarkeit von Preisen für gleiche Leistungen bei verschiedenen Bauvorhaben, eher erzielt werden konnte.

Die schon damals mit dem K9-Blatt vorgenommene Differenzierung in Groß-, Mittel-(M) und Kleinbauvorhaben und die damit verbundene unterschiedliche Preisbildung zeigt, dass der angestrebte Preisvergleich auf Einheitspreisen (EHP) - Ebene von gleichen Leistungen - über alle Projektgrößen nicht durchzuhalten war.

Schon bei Mittelbauvorhaben (M) kam es zu einer Umlage der zeitgebundenen Kosten der Baustelle (BGK) auf die Einheitspreise, womit eine Vergleichbarkeit mit anderen Bauvorhaben wohl nicht mehr gegeben war. Die Struktur des Leistungsverzeichnisses orientierte sich ebenfalls an dieser Einteilung

²¹ [3] D. Stimpfl, „Österreichische Baupreisordnung,“ *Wiener Zeitung*, 1948

der Bauvorhaben. Die Anwendbarkeit eines Preisvergleichs auf EHP-Ebene wurde daher auf Großbauvorhaben eingeschränkt.

Die Zusammenfassung verschiedener Kostenarten in nur zwei Preiskomponenten (Lohn / Sonstiges) am K7-Blatt der ÖNORM B 2061 stellt die minimalste Stufe einer Kostenartengliederung dar. Der Anteil Sonstiges enthält die Kosten für Material, Geräte, Hilfsstoffe und sonstige Kosten, die beim Herstellungsprozess benötigt werden. Eine Beurteilung der Effizienz der Bauproduktion verschiedener Anbieter ist damit nicht möglich.

Da die Beschaffung der Hauptbaustoffe zur Herstellung von Bauteilen in situ meistens am inländischen Markt oder zumindest in einem geografisch eingeschränkten Bereich erfolgt sind, sind die dafür anfallenden Kosten für alle Marktteilnehmer mehr oder weniger gleich. Die Kostenbeeinflussbarkeit in der Ausführungsphase liegt daher in der Abwicklung der Prozesse. Bessere Prozessleistung reduziert Kosten, macht wettbewerbsfähiger und ergibt auch niedrigere Preise für den Auftraggeber. Die Lohnkosten pro Stunde werden in der Regel als Mittellohnkosten/h für die gesamte Baustelle kalkuliert. Auf eine den Anforderungen der Bauproduktion entsprechende und damit qualifikationsabhängige Differenzierung wird verzichtet.

Der Leistungsumfang z.B. für den Rohbau wird nach Leistungsgruppen und LV-Positionen aufgegliedert. Für die Abrechnung der erbrachten Leistung ist eine dem Baufortschritt entsprechende elementbezogene Erfassung der Mengen erforderlich. Diese müssen zum Nachweis der Kosten gegenüber dem Auftraggeber wieder in entsprechenden LV-Positionen zusammengefasst werden. Damit entstehen ein zusätzlicher Aufwand sowie potenzielle Fehlerquellen. Diese Art des Abrechnungsprozesses enthält entsprechendes Konfliktpotenzial bei der Beurteilung des Leistungsfortschrittes.

Bei der Berechnung und der Aufschlagung des Gesamtzuschlages gleichmäßig auf alle Positionen folgt die ÖNORM B 2061 dem Durchschnittsverfahren²². Die Ermittlung des Gesamtzuschlages als Prozentsatz auf die Herstellkosten erfolgt auf zeitlicher Basis (GJ), die Abrechnung mit den LV-Positionen erfolgt jedoch mengenbezogen. Bei Mengenänderungen ergibt sich daher immer die Frage in welchem Ausmaß zeitgebundene Kosten davon beeinflusst werden.

5.3. Analyse der Kostenplanung und Kostenfeststellung

Im Jahre 2002 wurde eine Überarbeitung der ÖNORM B 1801-1 von 1995²³ vorgenommen, um die Kostenplanung für den gesamten Lebenszyklus eines Bauwerkes zu vereinheitlichen. Die in der aktuellen Fassung (Ausgabe 2015-12-01) enthaltene planungsorientierte Kostengliederung sieht vier Ebenen vor.

- Kostenbereich (z.B. Bauwerk-Rohbau)
- Grobelement (z.B. Horizontale Baukonstruktionen)
- Element (z.B. Deckenkonstruktionen)
- Elementtyp (z.B. Betondecke)

Auf der untersten Ebene, dem Elementtyp, erfolgt die Verknüpfung mit dem Leistungsverzeichnis. Die Analyse der Kostenplanungsmethoden nach ÖNORM B 1801-1 zeigt, dass genau beim Übergang von

²² [14] A. Kropik, Baukalkulation und Kostenrechnung, Eigenverlag, 2016

²³ [37] „ÖNORM B 1801-1,“ Österreichisches Normungsinstitut, 2015

der Planungs- in die Ausführungsphase ein Bruch in der Systematik erfolgt und die Kosten aus dem Kostenanschlag (Angebot) nur mehr auf Objektebene mit den vorangegangenen Planungsphasen verglichen werden können. In der Baukalkulation werden die Kosten plötzlich nicht mehr bauteil- oder elementbezogen ermittelt, sondern gleichartige Leistungen oder Materialien in Leistungspositionen zusammengefasst.

Betrachtet man für den Rohbau eines Bauwerkes den Bereich Hochbau und vergleicht die organisch gewachsenen Strukturen der Norm mit der standardisierten Leistungsbeschreibung Hochbau (STD-LBH), so fällt auf, dass die Leistungsabgrenzungen für Baugliederung, Leistungsgliederung und Leistungsverzeichnis differiert.

Während in der Baugliederung mehr objektorientiert ist, ist die Leistungsgliederung und das Leistungsverzeichnis gewerkorientiert und in den Positionen materialorientiert.

Die Vorgangsweise in der Kostenplanung erfolgt entsprechend dem Planungsfortschritt „Top-Down“. Dieser Ausdruck bedeutet, dass mit zunehmendem Detaillierungsgrad der Fachplanung auch die Kostenplanung detaillierter vorgenommen wird.

INHALTSVERGLEICH für BAUWERK ROHBAU (Baugliederung 2 BWR)

ÖNORM B 1801-1 Baugliederung 2 Bauwerk-Rohbau	ÖNORM B 1801-1 Beispiel für die Leistungsgliederung Hochbau 2 Bauwerk-Rohbau	LGR STD-LBH Leistungsverzeichnis LG 01-20
2A Allgemein	2.H01 Baustellengemeinkosten	01. Baustellengemeinkosten
2B Erdarbeiten, Baugrube	2.H02 Abbruch	02. Abbruch
2B.01 Baugrubenherstellung	2.H03 Roden, Baugrube, Sicherungen und Tiefgründungen	03. Roden, Baugrube, Sicherungen u. Tiefgründungen
2B.02 Baugrubenumschließung	2.H06 Aufschließung, Infrastruktur	06. Aufschließung, Infrastruktur
2B.03 Wasserhaltung	2.H07 Beton- u. Stahlbetonarbeiten	07. Beton- und Stahlbetonarbeiten
2B.01 Baugrubenherstellung	2.H08 Maurerarbeiten	08. Mauerarbeiten
2C Gründungen, Bodenkonstruktionen	2.H09 Versetzarbeiten	09. Versetzarbeiten
2C.01 Baugrundverbesserungen		10. Putz
2C.02 Tiefengründungen		11. Estricharbeiten
2C.03 Flachgründungen	2.H12 Abdichtungen bei Betonflächen und Wänden	12. Abdichtungen bei Betonflächen und Wänden
2C.04 Bodenkonstruktionen		13. Außenanlagen
2C.05 Bauwerksabdichtungen	2.H14 Besondere Instandsetzungsarbeiten	14. Besondere Instandsetzungsarbeiten
2D Horizontale Baukonstruktionen	2.H15 Schlitze, Durchbrüche, Sägen und Bohren	15. Schlitze, Durchbrüche, Sägen u. Bohren
2D.01 Deckenkonstruktionen	2.H16 Fertigteile	16. Fertigteile
2D.02 Treppenkonstruktionen	2.H18 Winterbauarbeiten	18. Winterbauarbeiten
2D.03 Dachkonstruktionen	2.H19 Baureinigung	19. Baureinigung
2D.04 Spezielle Konstruktionen	2.H20 Regieleistungen	20. Regieleistungen
2E Vertikale Baukonstruktionen	2.H28 Natursteinarbeiten	28. Natursteinarbeiten
2E.01 Außenwandkonstruktionen	2.H32 Konstruktiver Stahlbau	32. Konstruktiver Stahlbau
2E.02 Innenwandkonstruktionen	2.H35 System-Abgasanlagen	35. Systemabgasanlagen
2E.03 Stützenkonstruktionen	2.H36 Zimmermeisterarbeiten	36. Zimmermeisterarbeiten
2E.04 Spezielle Konstruktionen	2.H39 Trockenbauarbeiten	39. Trockenbauarbeiten
2F Spezielle Baukonstruktionen	2.H90 Schutzraumeinbauten und Einrichtungen	90. Schutzraumeinbauten und Einrichtungen
2G Rohbau zu Bauwerk-Technik		
2.G01 Entsorgungsleitungen		
2.G02 Versorgungsleitungen		
2.G03 Rauch- und Abgasfänge		

Abb. 16 Vergleich der Baugliederung Bauwerk-Rohbau mit Leistungsgliederung und Leistungsverzeichnis

Der in Abb. 16 vorgenommene Vergleich für den Bereich Bauwerk-Rohbau zeigt, dass keine der drei Gliederungen erkennbaren Gliederungskriterien folgt und dazu in der Norm auch keine nachvollziehbaren Gliederungsregeln definiert sind.

Die Kostenfeststellung während der Ausführungsphase erfolgt durch Erfassung und Abrechnung der Leistungsmengen entsprechend den LV-Positionen.

Für die Kostenfeststellung auf Seite des Bau-Unternehmens erfolgt die Erfassung des IST-Aufwandes und Zuordnung der IST-Kosten der Baustelle auf Basis eines Bauarbeitsschlüssels (BAS).

BAS NR	Bauarbeitsschlüssel
100	BAUSTELLE
120	GERÄTE BE AUFBAU
130	GERÄTEBEDIENUNG
140	STOFFE
150	WITTERUNGSBED.MASSNAHMEN
160	HILFSBETRIEBE
170	HILFSSTUNDEN
180	REGIE
190	SOZIALSTUNDEN
200	ERDBAU+ABBRUCH
220	AUSHUB
230	HINTERFÜLLEN,ANSCHÜTTEN
240	ENTWÄSSERUNG
250	ABBRUCH
260	STEMM.+BOHRARBEITEN
270	UNTERFANGUNGEN
280	SCHUTZARBEITEN
290	TRANSPORT
300	GRUNDBAU SICHERUNG
310	PÖLZUNGEN
320	SPUNDWÄNDE+DIELEN
330	BÖSCHUNGSSICHERUNG
350	SCHLITZWAND
360	BEAUFGRÜNDUNG

Abb. 17 Auszug aus dem von der VIBÖ für Argon empfohlenen Bauarbeitsschlüssel (BAS)

Ein beispielhafter Auszug aus dem von der VIBÖ empfohlenen Bauarbeitsschlüssel zeigt in Abb. 17 die Gruppen und deren Unterteilung zur Erfassung des Aufwandes an der Baustelle.

Die vorgeschlagene Gliederung ist eine Mischung aus Bauelementen und LV-Positionen, sodass ein Bezug zur Kostenplanung nur dann herstellbar ist, wenn die Leistungen elementbezogen kalkuliert wurden und auch so erfasst werden. Auch diese Gliederung hat, so wie die Baugliederung und Leistungsgliederung, keine erkennbaren Gliederungskriterien oder folgt bestimmten Regeln.

Derzeit erfolgt daher, im günstigsten Fall, eine zweimalige Umwandlung (Element – LV-Position – Element) nach verschiedenen Gliederungen von bereits aus der Planung vorhandenen Daten und Kosten. Die Durchgängigkeit und Vergleichbarkeit mit den kalkulierten Kosten ist damit nicht gegeben.

Problematisch wird damit auch eine Kostenverfolgung, da die aggregierten Zahlen nicht die gleiche Basis haben. Eine zeitnahe Bottom - Up²⁴ Analyse von Kostenabweichungen ist damit nicht möglich.

In den vorliegenden Gliederungen ist derzeit nur bei Tiefengründungen eine direkte Verknüpfung zwischen Objektteilen (Elementen), Ausführungstätigkeiten und Leistungspositionen gegeben.

Die in der ÖNORM B 1801-1 in Anhang B in Bild B.1 vorgenommene Zuordnung von LV-Positionen zum Elementtyp Decke stellt einen ersten Versuch zur Herstellung einer Durchgängigkeit von der Planung zur Ausführung dar.

²⁴ Ausdruck aus der Systemtechnik zur Vorgangsweise vgl. auch https://de.wikipedia.org/wiki/Top-down_und_Bottom-up

5.4. Zusammenfassung der Kritikpunkte und Identifikation der Forschungslücke

Die Geschäftsgemeinkosten (GGK) werden zeitabhängig (periodenbezogen auf das Geschäftsjahr) kalkuliert, aber mengenbasiert über die Positionen des Leistungsverzeichnisses abgerechnet.

Im Bauwesen existiert derzeit kein systematisiertes Verfahren zur Berücksichtigung des variablen Verhältnisses zwischen Zuschlagsträger und Zuschlag.

Die Kalkulation erfolgt unter der Annahme, dass die Geschäftsgemeinkosten immer den gleichen prozentualen Anteil an den Einzelkosten haben. Die Zeitabhängigkeit auf Basis einer unterschiedlichen Bau-Dauer findet keine Berücksichtigung.

Bei der Zuschlagskalkulation wird der Komplexitätseffekt, wonach komplexere Bauvorhaben höhere Kosten verursachen, außer Acht gelassen. Komplexere Bauwerke verursachen eine höhere Anzahl an Prozessvorgängen und haben damit einen höheren Verbrauch an Geschäftsgemeinkosten.

Bei der Zuschlagskalkulation ergibt sich aus einer hohen/niedrigen Zuschlagsbasis (Herstellkosten) der dazu proportionale Gemeinkostenanteil. Dies führt zu einem Allokationseffekt. Dies bedeutet, dass Projekte mit hohen Herstellkosten überproportional mit Gemeinkosten belastet werden, während Projekte mit niedrigeren Herstellkosten zu gering belastet sind. Der Allokationseffekt macht die Verzerrung der Gemeinkosten bei prozentueller Zurechnung auf den Kostenträger gegenüber einer Prozesskostenrechnung deutlich.

Bei der Kalkulation der Gemeinkosten der Baustelle wird eine lineare Leistungsverteilung über die gesamte Ausführungsdauer unterstellt. Es wird ein gleichbleibender Satz für zeitgebundene Kosten der Baustelle über die gesamte Bau-Dauer angenommen. Bei der Verrechnung der Kosten bleibt das Beanspruchungsprinzip der Baustelleneinrichtung unberücksichtigt.

Im Falle einer Umlage von BGK ist der Kostenträger meist ausschließlich mengenorientiert.

Für die Berechnung der Lohnkosten wird ein Mittellohn, der für die gesamte Baustelle gleich bleibt, herangezogen. In der Regel erfolgt keine Differenzierung nach Anforderungen an die Qualifikation des einzusetzenden Personals für einzelne Leistungen.

Die Zusammenfassung von Leistungen ist primär material- und leistungsorientiert. Bauelementbasierte Daten werden als Kostenberechnungsgrundlagen nicht genutzt.

Die Kostenkalkulationsmethode geht nicht konform mit der Kostenerfassung an der Baustelle. Die Beurteilung einer besseren Prozessleistung eines anbietenden Unternehmens auf Basis einer elementorientierten Kalkulation gegenüber anderen Anbietern ist nicht möglich.

Eine Prozessorientierung in der Kalkulation könnte diese Lücke schließen, da ausgehend von einer Objektstruktur mit den erforderlichen Herstellungsprozessen sowohl mit dem Terminplan, als auch mit den geplanten Ressourcen (Personal, Material, Gerät, Fremdleistung) eine Verknüpfung zum Leistungsverzeichnis hergestellt werden kann.

			Entwicklungsphase	Vorbereitungsphase	Vorentwurfsphase	Entwurfsphase	Ausführungsphase	Abschlussphase
Qualität	Qualität	Einbeziehung	Qualitätsziel	Qualitätsrahmen	Vorentwurfsbeschreibung	Entwurfsbeschreibung	Ausführungsbeschreibung	Qualitätsdokumentation
	Quantität		Quantitätsziel	Raumprogramm	Vorentwurfsplanung	Entwurfsplanung	Ausführungsplanung	Planungsdokumentation
Termine	Termine	Einbeziehung	Terminziel	Terminrahmen	Grobschätzterminplan	Genereller Ablaufplan	Ausführungsplan	Terminfeststellung
	Ressourcen		Ressourcenziel	Ressourcenrahmen		Ressourcenplan		
Kosten	Kosten	Vorgabe	Kostenziel	Kostenrahmen	Kostenschätzung	Kostenberechnung	Kostenanschlag	Kostenfeststellung
	Finanzierung		Finanzierungsziel	Finanzierungsrahmen		Finanzierungsplan		
Baugliederung			1. Ebene					
			2. Ebene					
			3. Ebene					
			Elementtyp					
Leistungsgliederung			Leistungsposition					

Abb. 18 aus der ÖNORM B 1801-1- Bild 1 Planungssystem²⁵ ergänzt durch zwei Rahmen und den Prozessablauf für die Kosten

Die Abb. 18 zeigt durch die Darstellung der Teilprozesse die erforderliche Durchgängigkeit von der Planung bis zur Abrechnung und andererseits den Übergang von der Elementgliederung zu den Leistungspositionen sowie deren Verbindung mit den Prozessschritten der Kostenberechnung.

Jedem Teilschritt der Kostenplanung liegt derzeit eine unterschiedliche Berechnungsmethode zu Grunde. Es existiert kein Verfahren der Überleitung von einem Teilprozess zum Nächsten (Input-Output Relation).

Bei der Zuschlagskalkulation bleibt der Degressionseffekt bei wiederholter Ausführung gleicher Arbeitsabschnitte, wie er z.B. im mehrgeschossigen Hochbau vorkommt, innerhalb eines Bauvorhabens unberücksichtigt. Der Zuschlagssatz in Prozent und der Aufwandswert bleiben konstant. Einarbeitungseffekte, wie sie schon bei drei Wiederholungen²⁶ nachweisbar sind, bleiben unberücksichtigt.

Bei Leistungsänderungen oder Störungen im Bauablauf ist der Nachweis bauwirtschaftlich begründeter Mehrkosten im Hinblick auf die Gemeinkosten und Produktionskosten meist nur durch umständliche Berechnungen möglich.

Mit den in der ÖNORM B 2061 vorhandenen Kalkulationsformblättern lässt sich eine Prozesskostenrechnung nicht abbilden.

²⁵ [37] „ÖNORM B 1801-1,“ Österreichisches Normungsinstitut, 2015

²⁶ [41] C. Hofstadler, Produktivität im Baubetrieb, Berlin: Springer Vieweg, 2014

6. Forschungsziel und Forschungsfrage

In den vorangegangenen Kapiteln wurde die Grundlage für die Forschungsleistung dieser Arbeit geschaffen. Es wurde die Methode der Baukalkulation dargestellt und analysiert und warum eine einheitliche Vorgangsweise von der Kostenplanung bis zur Kostenfeststellung sowohl für Auftragnehmer als auch Auftraggeber wichtig wäre.

Der fehlende integrative Zusammenhang zwischen Objektplanung, Leistungsplanung, Terminplanung, Kostenplanung und Ausführung wurde auf Basis der bisherigen Literatur dargestellt. Daraus ergeben sich Lücken die bisher noch nicht behandelt wurden.

Diese Lücken, die sich aus dem Einfluss der aktuellen Entwicklung der IT-gestützten Planung und Ausführung auf den Planungsprozess ergeben, sollen mit der vorliegenden Dissertation geschlossen werden.

Daraus ergibt sich folgende Forschungsfrage:

Können Planungsmethoden und Berechnungsmodelle aus verschiedenen Fachbereichen in einem neuen IT-gestützten Berechnungsmodell zur prozessorientierten Baukalkulation kombiniert werden?

Das bedeutet, dass herausgefunden werden soll, ob und wie zeitabhängige Kostenkomponenten in einer Baukalkulation berücksichtigt werden können.

6.1. Forschungsdesign

Auslöser für ein neues Modell der Baukostenkalkulation sind die Entwicklungen in den Fachgebieten Prozessmanagement, Projektmanagement, in der Betriebswirtschaft und bei der IT-gestützten Planung und Ausführung von Bauwerken (BIM – Building Information Management).

Damit eröffnen sich neue Möglichkeiten der Kostenkalkulation für den Unternehmer und für die Beurteilung von Angeboten für den Auftraggeber.

Das Potenzial einer interdisziplinären Bearbeitung wird derzeit noch nicht genutzt. Mit dem Einsatz von BIM²⁷ wird diese interdisziplinäre Bearbeitung von Leistungen, Terminen und Kosten, deren Verknüpfung auf einer gemeinsamen Informationsbasis aufbaut, möglich.

Zunächst werden die relevanten Grundlagen aus den Fachgebieten Prozessmanagement, Projektmanagement und der Prozesskostenrechnung dargestellt. Daraus werden drei Hypothesen zu den Anwendungsmöglichkeiten in der Bauindustrie aufgestellt.

Im Folgenden werden die Prozesse im Bauunternehmen und an der Baustelle identifiziert und analysiert. Mit Kenntnis der Prozessparameter und den möglichen Berechnungsmethoden aus der Prozesskostenrechnung wird das Modell der prozessorientierten Baukalkulation entwickelt.

Die Prozessorientierung soll dabei so umfassend verstanden werden, dass nicht nur Geschäftsprozesse, sondern auch die Produktionsprozesse an der Baustelle miteinfasst werden. Damit soll auch eine von der Kostenplanung bis zur Abrechnung durchgängige Systematik erzielt werden.

²⁷ [15] Kerstin Hausknecht und Thomas Liebich, BIM Kompendium, Fraunhofer IRB Verlag, 2016

Die zeitdynamische, integrative Verknüpfung der Bauproduktion für ein 4D-Modell mit den Kosten bildet dabei die wesentliche Grundlage für alle Überlegungen. Damit soll auch die zeitdynamische Kalkulation eines 5D-Modells zur Bestimmung des Kostenminimums bei optimaler Bauzeit möglich werden.

Danach erfolgt die Beschreibung des Modells einer prozessorientierten Baukalkulation. Es werden die Vor- u. Nachteile des Modells und Auswirkungen auf bestehende Regelungen untersucht.

Mit einer Sensitivitätsanalyse des Modells, die eine modellhafte Berechnung beinhaltet, wird die Richtigkeit der aufgestellten Hypothesen bewiesen.

Eine Simulationsrechnung mit einem konkreten Bauwerk zur Bestimmung des Kostenminimums bei optimaler Bauzeit bildet den Abschluss der Arbeit.

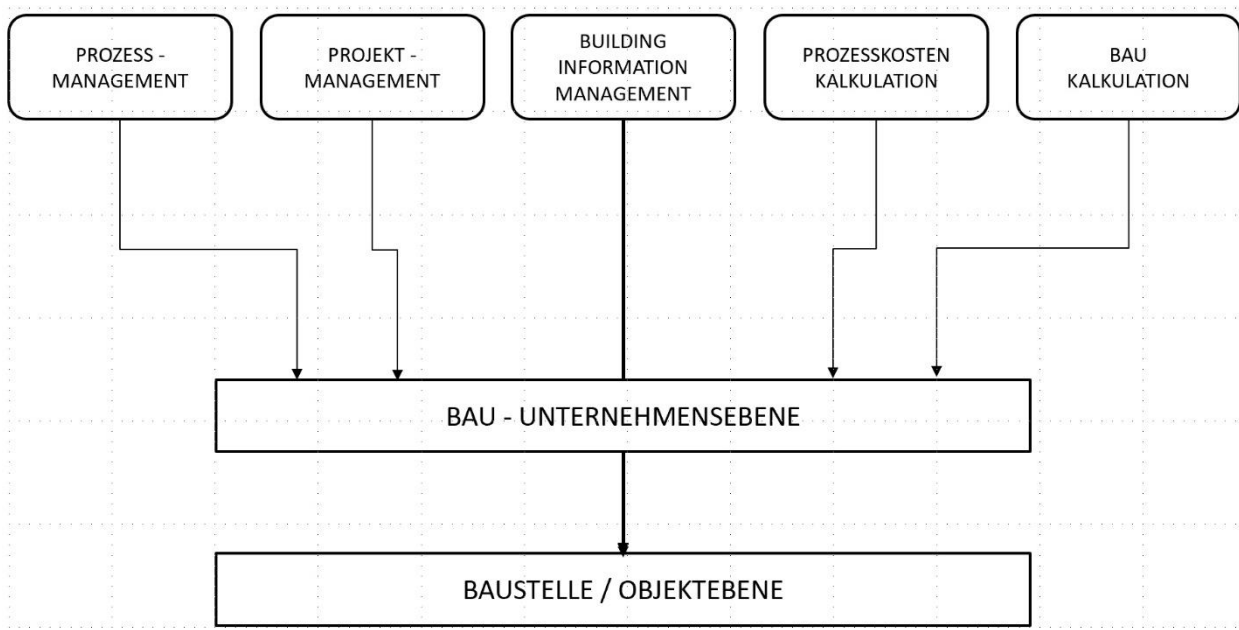


Abb. 19 Fachbereiche und Anwendungsbereiche

Die Abb. 19 zeigt die für die Arbeit relevanten Fachbereiche und die Anwendungsebenen für die Erstellung des Berechnungsmodells der prozessorientierten Baukalkulation.

7. Prozessmanagement im Unternehmen

Als Grundlage für die Entwicklung und Anwendung eines prozessorientierten Modells der Baukalkulation ist zunächst eine Analyse der Basis der Prozesskostenrechnung erforderlich.

7.1. Historische Entwicklung im Prozessmanagement

Der Ursprung des Prozessmanagement geht auf die funktionale Gliederung des Unternehmens nach Fayol (1916) zurück. Im funktionalen Sinn der Unternehmensführung wird die Tätigkeit des Managements als Prozess der Willensbildung und Willensdurchsetzung verstanden.

Der zweite Ansatz hat seinen Ursprung in einer empirischen Studie von Carlson (1951)²⁸. Beim prozessorientierten Ansatz werden nicht nur die funktionalen Aufgaben des Managements betrachtet, sondern diese auch mit einem zeitlichen Ablauf verknüpft. Planung, Organisation, Durchsetzung und Kontrolle sind die wesentlichen zeitlichen Phasen. Mit dem Einsatz von Prozessmanagement- und neuerdings auch Projektmanagementtechniken können strategischen Ziele eines Unternehmens besser in operative Tätigkeiten und Abläufe umgesetzt werden.

7.2. Die Norm für Prozesse in Managementsystemen

Mit der ISO 9000:2015 wird die Prozessorientierung im Unternehmen etabliert. Die Prozessorientierung geht davon aus, dass mit Prozessmanagement eine Leistungssteigerung und Verbesserung der Zielerreichung verbunden ist. Tätigkeiten und dazugehörige Ressourcen werden als Prozess geleitet und gelenkt.

Prozesse im Unternehmen sind abteilungsübergreifende Vorgänge, die Schnittstellen abdecken und deren Ergebnis sich an den Kundenanforderungen orientiert.

Der Unternehmenserfolg ergibt sich aus besserer Prozessleistung durch überlegenes Prozessdesign und Prozessmanagement, die richtigen Prozessbeteiligten und einem institutionalisierten, professionell gemanagten Veränderungsprozess.

PROZESSDEFINITION:

„Satz von in Wechselbeziehung oder Wechselwirkung stehenden Tätigkeiten, der Inputs in Ergebnisse umwandelt.“²⁹

Ein Prozess beinhaltet eine Abfolge von Tätigkeiten mit zeitlichem Beginn und Ende. Es werden Informationen und / oder Materialien in konkrete Ergebnisse umgesetzt. Mit dem Prozess werden Zuständigkeiten, Kompetenzen sowie der Informationsfluss geregelt.

Eine weitere Aufgliederung der Prozesse erfolgt lt. ISO 9000:2015 Pkt.2 in Managementprozesse, Kernprozesse und unterstützende (Support-) Prozesse.

Managementprozesse haben planende, lenkende und steuernde Wirkung und beinhalten Strategie, Planung von Investitionen und Controlling des Unternehmens.

Kernprozesse haben einen unmittelbaren Kundenbezug. Sie orientieren sich am Kundenwunsch und wandeln diesen in Ergebnisse um.

²⁸ [16] Karl Werner Wagner und Gerold Patzak, Performance Excellence, Carl Hanser Verlag München, 2007

²⁹ [17] „ÖNORM A 9009 - Prozesse in Managementsystemen,“ *Österreichisches Normungsinstitut*, 2013-0101

Unterstützende Prozesse können sowohl für Kern- als auch Managementprozesse definiert werden.

Nach ihrer Kundennähe können auch verschiedene Prozessarten definiert werden. Primäre Prozesse (Hauptprozesse) sind für den Bestand des Unternehmens notwendig. Sekundäre Prozesse sollen das Ergebnis der primären Prozesse verbessern. Tertiäre (unterstützende) Prozesse dienen der operativen Abwicklung aller Prozesse.

Die Identifikation und Abgrenzung der Prozesse eines Unternehmens kann mit Hilfe einer Checkliste erfolgen.

PROZESSIDENTIFIKATION UND ABGRENZUNG

Prozessname:	Aussagekräftiger Prozessname der Art und Inhalt des Prozesses selbsterklärend darstellt, Namenskonvention: Substantiv + Verb
Zweck:	Was soll mit diesem Prozess erreicht werden? Warum ist dieser Prozess für die Organisation wichtig, bzw. welchen Einfluss hat der Prozess?
Kunden des Prozesses:	Für wen? Wer sind die Hauptkunden des Prozesses?
Erwartungen der Kunden:	Was sind die speziellen Erwartungen der Kunden des Prozesses?
Ergebnis / Outcome:	Was ist (sind) der (die) charakteristische Ergebniszustand (-Zustände) dieses Prozesses, der bei jedem Prozessdurchlauf entsteht?
Auslöser / Trigger:	Welches Starterereignis löst diesen Prozess charakteristischerweise bei jedem Durchlauf aus?
Erster Prozessschritt:	Was ist der erste Ablaufschritt / Tätigkeit in diesem Prozess?
Letzter Prozessschritt:	Was ist der letzte Ablaufschritt / Tätigkeit in diesem Prozess?
Schnittstellen – inputsseitig:	Prozesse oder Stellen (Kunden, Lieferanten, Abteilungen, Mitarbeiter,...) die im Ablauf vor dem abzugrenzenden Prozess liegen und mit ihrem Output den abzugrenzenden Prozess anstossen oder ihren Output dem initial angrenzenden Prozess anliefern.
Schnittstellen – outputseitig:	Prozesse oder Stellen (Kunden, Lieferanten, Abteilungen, Mitarbeiter...) die im Ablauf nach dem abzugrenzenden Prozess liegen und durch den Outcome dieses Prozesses angestossen werden oder an die der Output (Produkte, Informationen, Dienstleistungen,...) dieses Prozesses als Input übergeben wird.
Erforderliche Ressourcen:	
Personal	- Jene Mitarbeiter die im Prozess tätig sind, jene qualifizierten Personen die für die Prozessdurchführung unbedingt erforderlich sind.
Material	Jenes Material das zur Herstellung eines physisch greifbaren Ergebnisses erforderlich ist.
Gerät	- Jene Geräte und Maschinen welche standardmässig für die Durchführung des Prozesses benötigt werden.
Information,Unterlagen,Know-How	- Jene Information,Unterlagen welche standardmässig für die Durchführung des Prozesses benötigt werden.
Arbeitsumgebung, Infrastruktur	In welcher Arbeitsumgebung findet der Prozess statt und welche Betriebsmittel, Infrastruktur etc. Werden benötigt oder beeinflussen den Prozessablauf (Wetterbedingungen)
Erfolgsfaktoren:	Aspekt 1: Was sind die wichtigsten Voraussetzungen damit der Prozess zufriedenstellend abläuft ? Aspekt 2: Woran kann in Zukunft gemessen werden, dass der Prozess erfolgreich ist ?

Abb. 20 Modifiziertes Beispiel einer Checkliste für eine Prozessidentifikation ³⁰

Die Abb. 20 zeigt eine Liste mit Fragen und Beschreibungen nach der die Prozessidentifikation durchgeführt werden kann.

Daran anschließend erfolgt die Prozessanalyse, aus der schließlich eine genaue Prozessbeschreibung erstellt werden kann.

Als Analysemethoden stehen die Stimme des Kunden, Schnittstellenanalyse, 7M-Methode oder 6W-Fragetechnik zur Verfügung.

Für die Anwendung in der Bauwirtschaft ist wohl die auf Basis des ISHIKAWA Diagramms entwickelte 7M-Analysemethode am effektivsten. Mit den Ursachenklassen 1 Mensch (Personal), 2 Maschine (im Bauwesen Gerät), 3 Mitwelt (Umwelt), 4 Material, 5 Methode, 6 Messung, 7 Management werden alle für die Anwendung in der Bauwirtschaft erforderlichen, relevanten Aspekte des Zusammenhangs von Ursache und Wirkung abgedeckt. Dabei werden zu jeder Ursachenklasse Argumente, die Auswirkungen auf Prozesse haben, gesammelt.

Die 6W Fragetechnik mit den Grundsätzlichen Frageworten WER?, WAS?, WO?, WANN?, WARUM? und WIE/WIEVIEL? soll dazu dienen die Ursachen und nicht nur die Auswirkungen von Problemen aufzuzeigen. Sie dient primär dazu Verbesserungspotentiale aufzuspüren.

Die Ergebnisse eines Prozesses (OUTPUT) können die Eingabe (INPUT) des nächsten Prozesses sein. Als Output eines Prozesses entstehen virtuelle oder physische Ergebnisse. Als Summe mehrerer Prozesse / Ergebnisse entstehen in produktiven Bereichen der Wirtschaft die verschiedensten Produkte.

Nach ISO 9000:2015 ist ein Produkt das Ergebnis von allen definierten Prozessen einer Organisation³¹ z.B. ein Bauwerk, aber auch Hardware, Software, Dienstleistung, Materialien, etc.

7.3. Prozessbeschreibung und Darstellung allgemein

Prozesse können in Teilprozesse und Tätigkeiten aufgegliedert werden. Die Visualisierung des Ablaufs und Informationsflusses innerhalb von Prozessen ³⁰ kann durch verschiedene grafische Darstellungen erfolgen. Grundsätzlich kann zwischen sequentiellen und zyklischen Abläufen in Prozessen unterschieden werden.

7.3.1. Pfeilformdarstellung

Die Pfeilformdarstellung ist eine stark vereinfachte Darstellung. Sie wird auch als Value Chain Mapping Notation (VCN) bezeichnet und beschreibt den Ablauf entlang einer Wertschöpfungskette.

In einer Wertschöpfungskette werden die Prozesse in werterhöhende und nicht-werterhöhende Prozesse eingeteilt. Diese Einteilung spielt bei der späteren Anwendung der Prozesskostenrechnung eine wesentliche Rolle. Erst mit Kenntnis der den Prozessen zugeordneten Kosten und ihrer Entstehung lassen sich Kostensenkungspotenziale identifizieren.

³⁰ [16] Karl Werner Wagner und Gerold Patzak, Performance Excellence, Carl Hanser Verlag München, 2007

³¹ [18] „ÖNORM ISO 9000 - Qualitätsmanagementsysteme - Grundlagen und Begriffe,“ Österreichisches Normungsinstitut, 2015-11-15

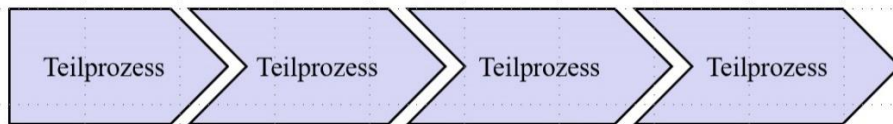


Abb. 21 Pfeildarstellung für sequentielle Prozessabläufe

Die Abb. 21 zeigt beispielhaft ein horizontale Ablaufdarstellung von Teilprozessen in Form einer Pfeildarstellung.

7.3.2. Prozessablaufdarstellung

Die vertikale Ablaufdarstellung bietet die Möglichkeit zusätzliche Informationen anzugeben.

Zusätzlich zu den bereits mit der Prozessidentifikation erarbeiteten Informationen werden Ereignisse definiert, die den Beginn und das Ende des Prozesses angeben. Neben der detaillierten Beschreibung der Tätigkeiten, die im Prozess zu erledigen sind, sind noch die dem Prozess zugeordneten Beteiligten, gültige Dokumente, zu verwendende Hilfsmittel und Werkzeuge angegeben.

Prozessdefinition:	Beschreibung	D Durchführung
Version :	Entwurf	E Entscheidung
Datum:	TT.MM.JJJJ	I Information
		M Mitarbeit

ZIELSETZUNG	Erreichung quantifizierbar/meßbar					
Prozessverantwortl.:	Name (Leiter AV, Abt.,Bereich)					
ABGRENZUNG	inhaltlich					
Auslöser	Ergebnis eines anderen Prozesses, extern					
Beginn	Ereignis					
Ende	Ereignis					
INPUT	Voraussetzungen, dem Prozess vorgelagert Prozesse und Tätigkeiten					
Prozessschritt	Tätigkeiten	Beteiligte				Dokumente Werkzeug Hilfsmittel
		GF/ABT.	Kalkulant	Bauleiter	Arbeitsvorb.	
Start						
Teilschritt 1						
Teilschritt 2	Output					
Teilschritt 3	Output					
Ende	Output					
OUTPUT	Ergebnisse					
	physisch greifbare und virtuelle Ergebnisse					
direkt nachgel.Prozess	Beschreibung					
Folgeprozesse	Aufzählung					

Abb. 22 Beispiel für eine vertikale detaillierte Prozessablaufdarstellung

Die zeigt ein Schema zur detaillierten Darstellung eines Prozessablaufes. Im Ablauf können auch weitere Ereignisse zur Steuerung des Prozesses enthalten sein. Die Verbindung mit den Beteiligten und deren Aufgaben wird durch Angabe des entsprechenden Buchstabens festgelegt. Zusätzlich können noch Hinweise auf Dokumente, Werkzeuge (zu verwendende IT-Unterstützung) oder sonstige Hilfsmittel enthalten sein.

7.3.3. Swimlanedarstellung

Zur Berücksichtigung der zeitlichen Komponente in Prozessen und zur Darstellung des abteilungsübergreifenden Informationsflusses in Prozessen erfolgt in der Darstellung die Aufgliederung in sogenannten Swimlanes.

Die grafische Auflösung der Darstellung erfolgt entsprechend der Business Process Modelling Notation nach ISO/IEC 19510:2013 BPMN 2.0. Es stehen verschiedene Symbole, deren Bedeutung vordefiniert ist, zur Darstellung zur Verfügung. Diese können IT-gestützt mit Hilfe verschiedener Software (Visio³², LucidChart³³) zur Darstellung der Abläufe verwendet werden.

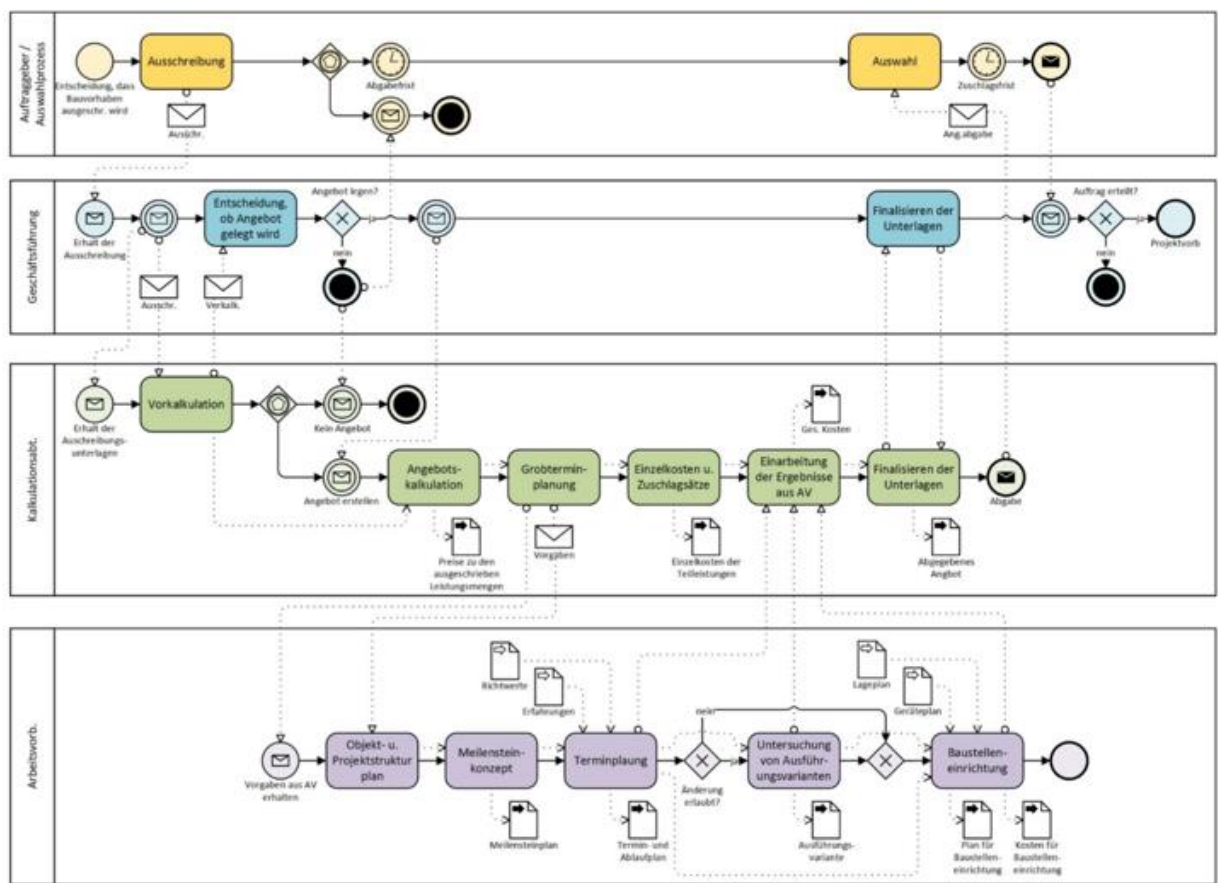


Abb. 23 Beispiel für eine detaillierte Prozessbeschreibung mittels BPMN ³⁴

³² Microsoft Visio ist ein Visualisierungsprogramm von Microsoft für Windows

³³ Online-Anwendung zur Erstellung von Diagrammen von Lucidchart

³⁴ [16] Karl Werner Wagner und Gerold Patzak, Performance Excellence, Carl Hanser Verlag München, 2007

Die Abb. 23 enthält als Anwendungsbeispiel den Angebotsprozess für ein Bauprojekt mit seinen Teilprozessen, wie er in den verschiedenen Organisationseinheiten des Bauunternehmens bearbeitet wird. Die Aufgliederung erfolgt entsprechend den beteiligten Organisationseinheiten in sogenannten Swim-Lanes.

Die Prozessarten und ihr Zusammenwirken kann in einer Prozesslandkarte dargestellt werden. Die Prozesslandkarte ist eine grafische Darstellung aller in der Organisation definierten Prozesse.

7.4. Prozesslandkarte

Das grundlegende Prozessmodell eines Unternehmens wird in einer Prozesslandkarte dargestellt. Sie beinhaltet die wesentlichen Prozessebenen und wird aus den ausschließlich kundenorientierten Kernprozessen abgeleitet. Zielsetzung ist die Darstellung aller Prozesse, die für die Erfüllung der Anforderungen des Kunden erforderlich sind.

Veränderungen in der Strategie des Unternehmens oder am Markt erzwingen eine Adaptierung der Prozesse und der Prozesslandkarte. Die Darstellung beruht auf den drei wesentlichen Prozessebenen (Haupt- Kern- und Unterstützungsprozesse).

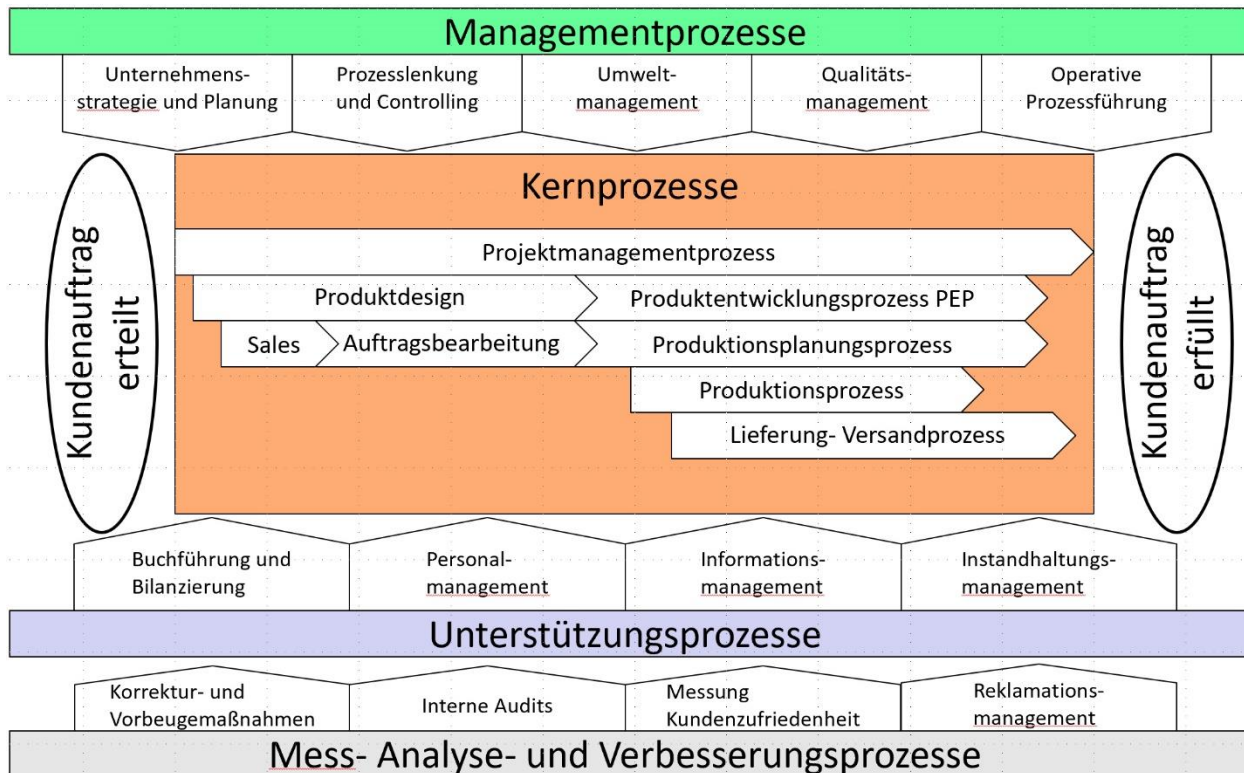


Abb. 24 Beispiel für eine Prozesslandkarte ³⁵

Die Abb. 24 zeigt beispielhaft eine Prozesslandkarte für ein auftragsorientiertes produzierendes Unternehmen.

³⁵ [19] Ian Campbell und Alexander Scheibeler, Prozessorientiertes Qualitätsmanagement nach ISO 9000:200, Weka Verlag, 2005

7.5. Projekte und Prozesse

Projekte haben im Rahmen eines Unternehmens eine Sonderstellung. Jedes Projekt ist ein einmaliger Prozess im Rahmen des prozessorientierten Unternehmens. Projekte segmentieren die Prozesse des Unternehmens. Das heißt, dass z.B. der Beschaffungsprozess in verschiedenen Projekten auftreten kann, grundsätzlich aber gleich abläuft.

Die vom jeweiligen Projekt beanspruchten Prozesse des Unternehmens können in ihrer Anzahl und Art jedoch unterschiedlich sein. Die Anforderungen des Projekts an das Unternehmen können mit einer Prozessanalyse für das Projekts festgestellt werden.

Es kann sogar sein, dass die für die Projektrealisierung geforderten Prozesse im Unternehmen noch gar nicht existieren. Die Entwicklung des projektorientierten Unternehmens wird somit von der Dynamik der Projekte bestimmt.

Für die Entwicklung eines IT-gestützten Berechnungsmodells ist daher nicht nur die Berücksichtigung der Aspekte der Unternehmensebene, sondern auch die der Projektebene erforderlich.

7.5.1. Projekte

Projekte werden zur Unterscheidung von Routineaufgaben und Prozessen durch bestimmte Merkmale identifiziert. Die klassischen Projektmerkmale³⁶ sind: Eine Zieldefinition ist vorhanden, Neuartigkeit, Einmaligkeit, abgegrenzte Dauer, Komplexität, Dynamik, Besonderheit für das Unternehmen, Risiko, Interdisziplinär, und Einsatz begrenzte Ressourcen.

Projektmanagement beinhaltet daher das Initiieren, Planen, Steuern, Kontrollieren und Abschließen von Projekten.

7.5.2. Prozesse in Projekten

Nach dem Project Management Institute (PMI®)³⁷ gibt es im Projektmanagement neun Wissensbereiche (Knowledge Areas), die fünf Prozess-Gruppen beinhalten.

Wissensbereiche (Knowledge Areas) im Projektmanagement nach PMI®

Project Integration Management	Project Scope Management	Project Time Management
Project Cost Management	Project Quality Management	Project Human Resource Management
Project Communications Management	Project Risk Management	Project Procurement Management

³⁶ [20] Univ. Prof. DI Dr. Gerold Patzak und Dr. Günter Rattay, Projektmanagement, Linde, 2004

³⁷ Vgl. PMI Project Management Institute, USA/ www.pmi.org

Über die Wissensbereiche wird jener Zusammenhang zwischen Leistung – Terminen – Kosten hergestellt, der als TRIPLE – CONSTRAINT oder magisches Dreieck bezeichnet wird. Die Herstellung dieses Zusammenhanges erfordert eine interdisziplinäre Zusammenarbeit zwischen verschiedenen Fachbereichen.

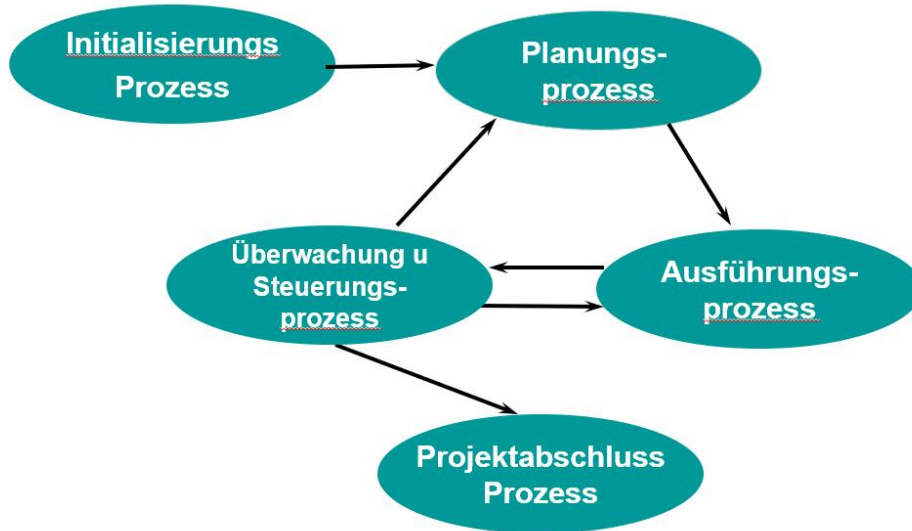


Abb. 25 Prozessgruppen nach PMI®

Die Abb. 25 ist eine eigene Darstellung des Zusammenhangs der nach PMI® definierten Prozessgruppen.

In der Prozessgruppe Planungsprozess und Ausführungsprozess sind jene Prozesse enthalten, die für die Entwicklung des Berechnungsmodells relevant sind. Die Prozessgruppe Planungsprozess beinhaltet die Teilprozesse Leistungsplanung, Terminplanung, Einsatzmittelplanung, Kostenplanung, Risikomanagement und Kommunikationsplanung.

7.5.2.1. Prozess der Leistungsplanung

Die Leistungsplanung erfolgt mit Hilfe der Projektstrukturierung. Die Darstellung der Projektstruktur kann tabellarisch oder grafisch mit einem Projektstrukturplan (PSP) erfolgen.

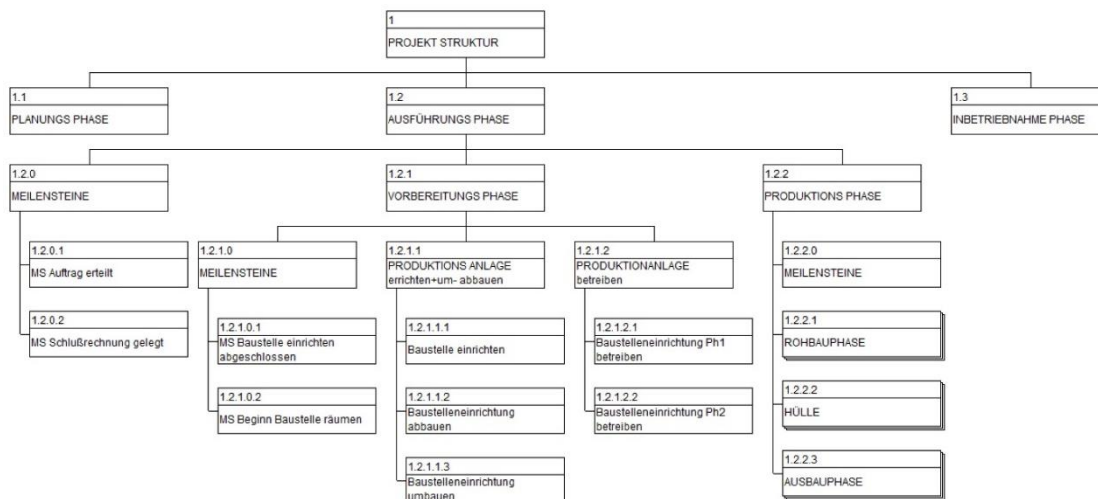


Abb. 26 Beispiel für die grafische Darstellung einer Projektstruktur

In der Darstellung der Abb. 26 werden die hierarchisch angeordneten Kästchen als Knoten bezeichnet, jene mit doppeltem Rand sind weiter aufgegliedert, aber in der Darstellung kollabiert. Die Stellenzahl des im oberen Feld angezeigten Strukturcodes zeigt die Anzahl der Ebenen. Die letzte Stelle des Strukturcodes gibt die Anzahl der Elemente innerhalb einer Ebene an. Das untere Feld enthält die Beschreibung des Knotens

Die Projektstruktur ist die hierarchische Aufgliederung des Projektes in planbare, delegierbare und kontrollierbare Arbeitspakete. Er muss nicht symmetrisch aufgegliedert sein und kann je nach Bedarf unterschiedlich weit detailliert werden.

Ab der zweiten Ebene des Strukturplanes wird zunächst grundsätzlich nach dem Kriterium zeitliche Phase aufgegliedert. Nur so ist eine Verbindung zwischen Leistungsplanung und Terminplanung herstellbar. Weitere Kriterien wie beispielsweise topografische Gliederung, funktionale Gliederung, Gliederung nach Fachbereichen müssen projektspezifisch festgelegt werden.

Die Strukturierung erfolgt nach festzulegenden Kriterien und nach zwei Regeln³⁸.

Die Vollständigkeitsregel

Wird ein Knoten in weitere Elemente zerlegt, so muss dies vollständig geschehen. Die Summe der Teile muss der Ausgangsmenge entsprechen (z.B. alle Projektphasen innerhalb der zeitlichen Projektbegrenzung). Damit soll eine vollständige, der zeitlichen und inhaltlichen Projektbegrenzung entsprechende, Darstellung erzielt werden.

Die Disjunktionsregel

Die Elemente einer Ebene (Kriteriums) müssen sich inhaltlich voneinander unterscheiden (z.B. Kriterium der ersten Gliederungsebene sind zeitliche Phasen – Planungsphase, Ausführungsphase, Inbetriebnahmephase). Damit werden Redundanzen in der Planung vermieden.

Die Anwendung der gleichen Kriterien und Regeln auf alle Projekte ist Voraussetzung für die Vergleichbarkeit von Berechnungsergebnisse des zeitdynamischen IT-gestützten Berechnungsmodells.

Die Entwicklung des Projektstrukturplanes baut auf der Objektstruktur, den physisch greifbaren Ergebnissen von Herstellungsprozessen auf. Diese Ergebnisse basieren auf technischen Fachplanungen und deren Darstellung in zunehmend Maße in 3D-Darstellung (dreidimensional) erfolgt.

7.5.2.2. Prozess der Terminplanung

Auf Grundlage des Projektstrukturplanes kann ein Meilensteinplan³⁹ erstellt werden. Den Meilensteinen werden Termine zugeordnet, die als Vorgabe für die weitere Terminplanung dienen.

Meilensteine sind Ereignisse mit der Dauer Null, die den Beginn oder das Ende einer Projektphase definieren. Ein als Meilenstein definiertes Anfangs- und Endereignis bildet den zeitlichen Rahmen für das Projekt.

³⁸ [20] Univ. Prof. DI Dr. Gerold Patzak und Dr. Günter Rattay, Projektmanagement, Linde, 2004

³⁹ [21] Duschel /W.Plettenbacher, Handbuch Arbeitsvorbereitung im Baubetrieb, Linde, 2012

Die Knoten der jeweils letzten Gliederungsebene des PSP-Strukturbaumes bilden die Detailvorgänge des Terminplanes. Detailvorgänge können Prozesse oder einzelne Tätigkeiten beschreiben. In jedem Fall ist ein Detailvorgang mit einem Adjektiv zu versehen. Für jeden Vorgang ist eine Dauer zu definieren und sein Vorlieger (Voraussetzung) zu bestimmen. Termine, Dauern und logische Abhängigkeiten können IT-gestützt mit Hilfe einer Projektmanagementsoftware verarbeitet werden. Berechnungsgrundlage ist die Methode der Netzplantechnik, die auf Basis der logischen Verknüpfungen die Projektdauer errechnet. Die Planungseinheit kann vom Benutzer definiert werden und wird in der Regel in Arbeitstagen (AT) festgelegt. Das Ergebnis der Berechnung wird durch Zuordnung eines Arbeitskalenders in ein Datum umgewandelt. Der kritische Weg (GP=0) zeigt jene Vorgänge, die für die gesamte Projektdauer bestimmend sind.

Alle anderen Gliederungsebenen des PSP bilden Summenvorgänge der Dauer durch den Ablauf der Detailvorgänge bestimmt wird.

Mittels einer Simulationsrechnung, die zunächst nur mit den technologischen Abhängigkeiten durchgeführt wird, kann die kürzest mögliche Projektdauer berechnet werden. Die Berücksichtigung weiterer ablauftechnischer Überlegungen wie zum Beispiel Arbeitsabschnitte, Reihenfolge und Baurichtung führt zu einer Änderung der Projektdauer.

7.5.2.3. Prozess der Einsatzmittelplanung

In der Einsatzmittelplanung werden jene Ressourcen berücksichtigt die zur Erreichung der Projektziele erforderlich sind. In erster Linie ist dies Personal, Material, Maschinen (Gerät) und Fremdleistung, aber auch Finanzmittel oder Energie können als Einsatzmittel definiert werden. Zielsetzung ist die zeitabhängige Ermittlung des Grundbedarfs zur Bestimmung der Auslastung vorhandener Kapazitäten und die Identifikation von Kapazitätsspitzen.

Die Zuordnung einer Ressource zu einem Vorgang kann als Menge/Zeiteinheit oder Gesamtmenge erfolgen. Grundlegende Annahme ist dabei die lineare Leistungsverteilung über die Vorgangsdauer. Bei Veränderung der Vorgangsdauer ergibt die erste Zuordnungsart (Menge/Zeiteinheit) eine Erhöhung der Gesamtmenge, bei der zweiten eine Reduktion der Menge / Zeiteinheit. Nicht lineare Leistungsverteilung kann durch Angabe von Zeitpunkt und Menge oder einer Definition einer Leistungskurve berücksichtigt werden.

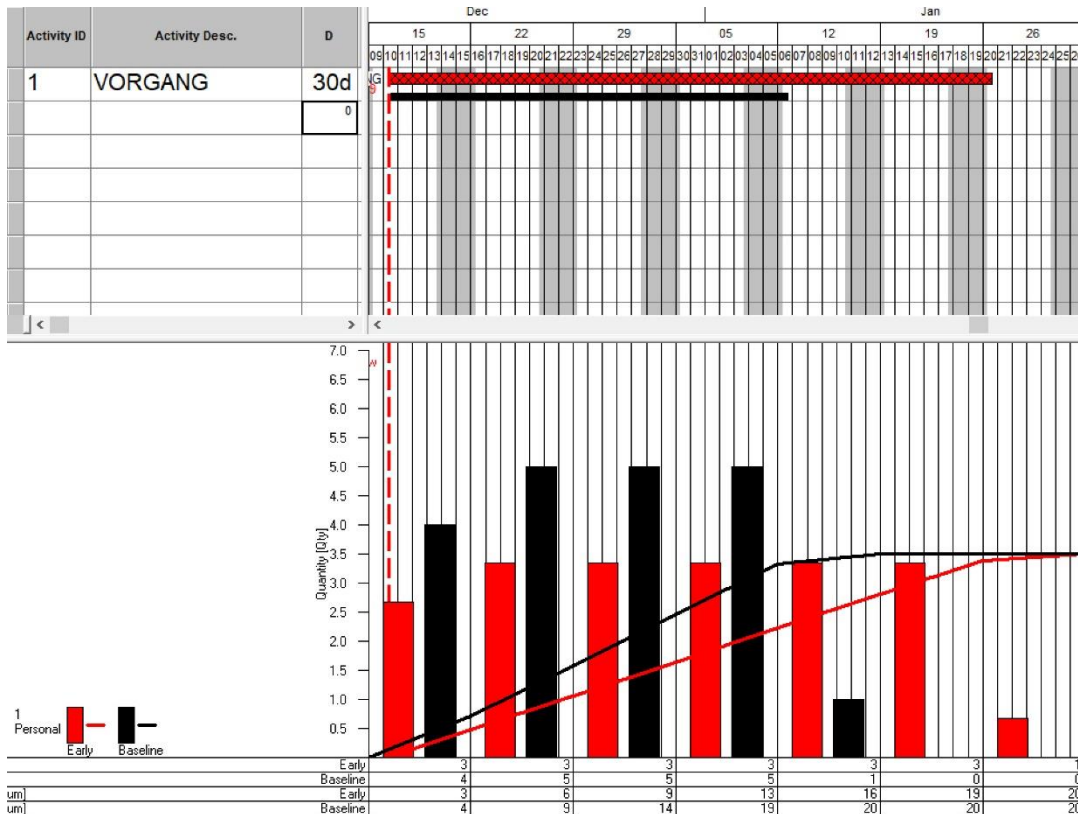


Abb. 27 Beispiel für die Reduktion des Aufwandes / Zeiteinheit bei Veränderung der Vorgangsdauer

Die Abb. 27 zeigt mittels IT-gestützter Berechnung die Auswirkung der Änderung der Vorgangsdauer bei zugeordnetem fixen Personal - Aufwand von 20 AT. Bei Verlängerung der Vorgangsdauer von 20 AT auf 30 AT reduziert sich der Aufwand von 5 AT/Woche auf 3 AT/Woche.

Über die Zuordnung von Mengen zu den Vorgängen kann eine Verknüpfung zu den herzustellenden Produkten erfolgen.

7.5.2.4. Prozess der Kostenplanung

Die IT-gestützte Kostenplanung mit Projektmanagementsoftware kann auf zwei Arten erfolgen. Die den Vorgängen als Aufwand und/oder Menge zugeordneten Einsatzmittel werden mit Kosten/Einheit bewertet (Personal, Material, Maschinen (Gerät)) oder Kosten werden in Form von Beträgen (z.B. Fremdleistungen) einzelnen Vorgängen zugeordnet. Die Zuordnung muss sowohl auf Detailebenen als auch auf Summenvorgänge möglich sein. Die mit den Vorgängen und Einsatzmitteln verknüpfte Kostenplanung bildet die Grundlage für die Earned-Value Methode (Fertigstellungswertanalyse)⁴⁰.

Die Zuordnung eines Kostensatz/Zeiteinheit ermöglicht die Berücksichtigung zeitabhängiger Kosten bei Detailvorgängen und bei Summenvorgängen. Bei Änderung der Dauer erfolgt eine zeitdynamische Anpassung.

⁴⁰ [20] Univ. Prof. DI Dr. Gerold Patzak und Dr. Günter Rattay, Projektmanagement, Linde, 2004

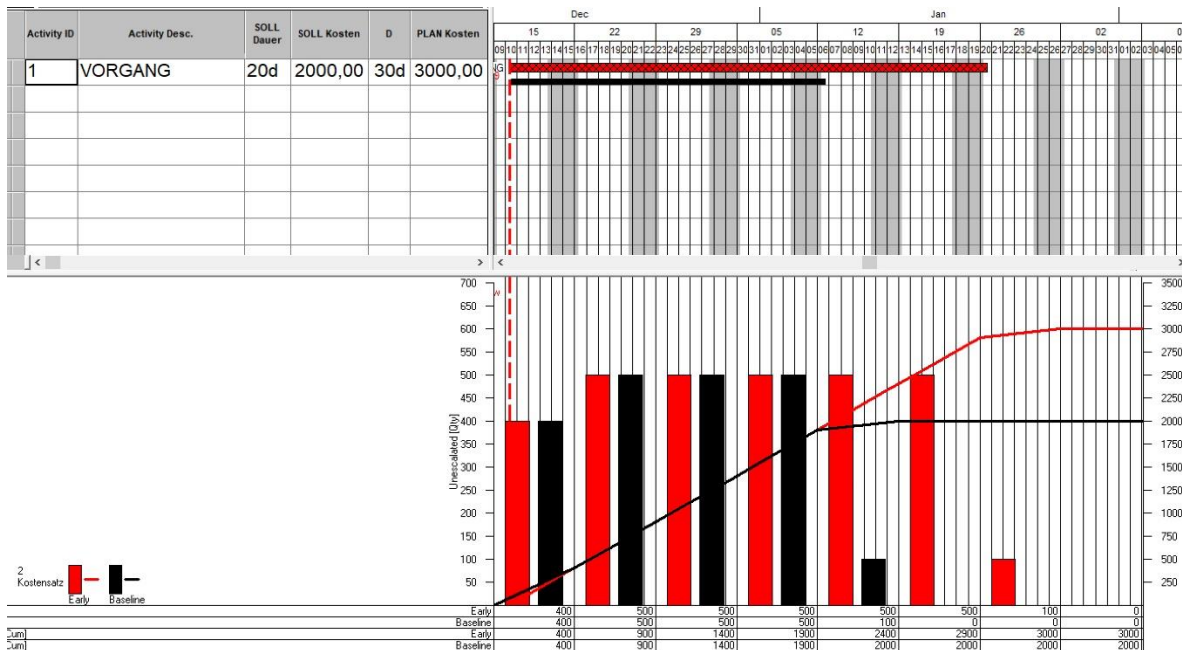


Abb. 28 Beispiel für die Zuordnung eines Kostensatzes zu einem Vorgang

Die Abb. 28 zeigt das Ergebnis der IT-gestützten Berechnung bei Änderung der Vorgangsdauer mit zugeordnetem Kostensatz von 100 WE/Tag. Bei Verlängerung der Vorgangsdauer von 20 auf 30 Tage kommt es zeitabhängig zu einer Erhöhung der Kosten von 2000 WE auf 3000 WE.

Mit der Kombination aus Einsatzmittelplanung und Kostenplanung entsteht ein zeitdynamisches Modell für die Gesamtkosten eines Projekts.

7.6. Produkte und Prozesse

7.6.1. Produkte

Ein Produkt ist das Ergebnis mehrerer sequentiell oder parallel ablaufender Prozesse innerhalb des Unternehmens. Für das produzierende Unternehmen ist die Absatzleistung gegenüber dem Kunden der Kostenträger. Somit ist das Produkt der Kostenträger für alle indirekten Kostenbereiche. Produkte sind in der Regel physisch greifbar und können auch aus mehreren Einzelteilen bestehen. Alle Einzelteile beinhalten Elemente, die trotz der Verschiedenartigkeit von Produkten, die gleiche Funktion ausüben (z.B. Schraube in Maschinen, Fundament und Säule in Bauwerken).

7.6.2. Bauobjekte und Produktionsprozesse

Die gesamte Bauproduktion beinhaltet verschiedene Prozesse, die zu Prozessgruppen zusammengefasst werden können, wie z.B. Montage-, Fertigungs- Herstellungsprozesse. Fertigungsprozesse können in einer Werkstätte oder an der Baustelle stattfinden. Jedenfalls beinhaltet die Fertigung die Bearbeitung, Umwandlung einzelner oder Zusammenfügung verschiedener Materialien zu einem Element (z.B. im Bauwesen Vereinigung von Bewehrungsstahl mit Beton zu einer Geschoßdecke).

7.7. Managementsysteme und Prozesse

Die Anwendung des prozessorientierten Ansatzes beschränkt sich nicht auf einzelne Bereiche des Unternehmens, sondern sollte zur Verbesserung der Wirksamkeit und Wirtschaftlichkeit auf die gesamte Organisation ausgedehnt werden. Laut ÖNORM A 9009⁴¹ sind Prozesse Bestandteile des Managementsystems das drei Entwicklungsstufen durchläuft.

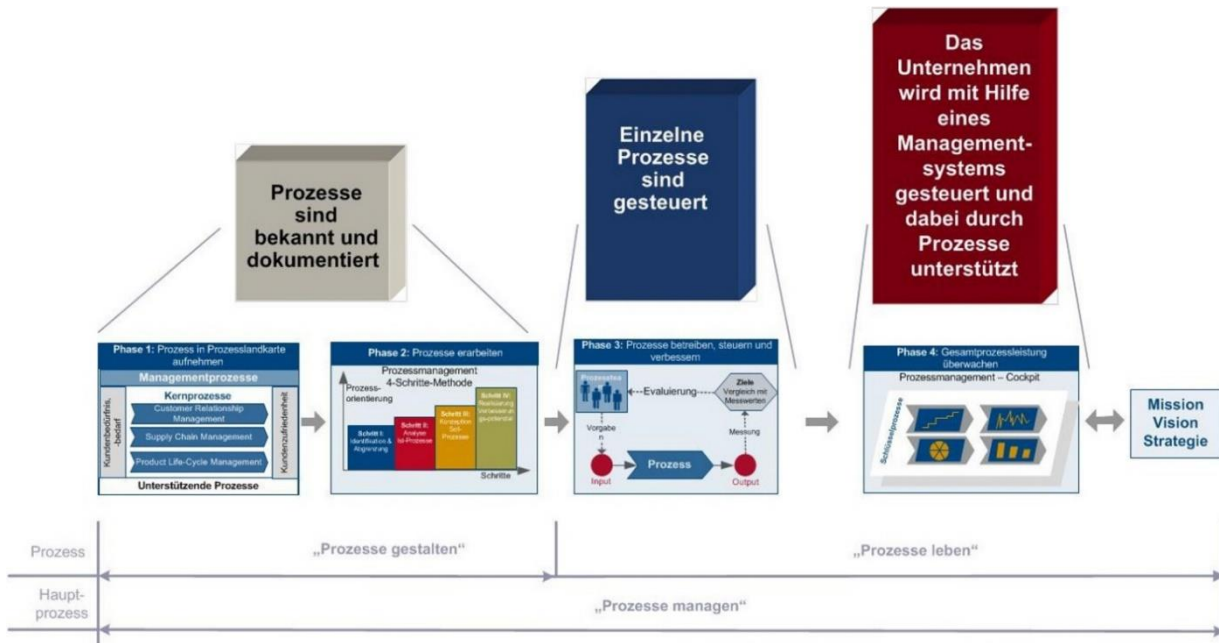


Abb. 29 Bild 4 der ÖNORM A 9009:2013 Seite 14 – Entwicklungsstufen eines prozessbasierten Managementsystems

Ausgehend von der Prozesslandkarte (links) zeigt die Grafik in Abb. 29 Bild 4 der ÖNORM A 9009:2013 Seite 14 – Entwicklungsstufen eines prozessbasierten Managementsystems die weiteren Stufen der Entwicklung eines prozessbasierten Managementsystems. Wechselnde oder neue Kundenanforderungen führen zu einer Veränderung der Prozesse. Mit Vollendung der Stufe 1 - Prozesse sind bekannt und dokumentiert - kann mit der Implementierung einer Prozesskostenrechnung begonnen werden.

Bei projektorientierten Unternehmen besteht das Kundengeschäft vorwiegend in der Abwicklung von Projekten. In einem projektorientierten Unternehmen ist das Projektmanagement ein Hauptprozess des Unternehmens. Die Projektmerkmale aus Kap. 7.5.1 – Zielsetzung, Komplexität, Einmaligkeit, begrenzte Dauer, begrenzte Kosten, abteilungsübergreifend - sind jedoch in unterschiedlicher Ausprägung immer die Gleichen. Aus der Ausprägung der Merkmale und der Projektart lassen sich die Anforderungen an die Unternehmensorganisation und daraus die erforderlichen Prozesse ableiten.

Aus geänderten Anforderungen der Kunden oder Projekte entsteht der Bedarf nach neuen Prozessen oder müssen bestehende Prozesse angepasst werden.

⁴¹ [17] „ÖNORM A 9009 - Prozesse in Managementsystemen,“ *Österreichisches Normungsinstitut*, 2013-0101

Für Bauunternehmen bedeutet das, dass ein Großteil der administrativen Tätigkeiten im Gemeinkostenbereich repetitive Prozesse mit projektspezifischen Merkmalen sind, deren Ausprägung von der Unternehmereinsatzform abhängig sind.

Die vom Auftraggeber gewählte Unternehmereinsatzform bestimmt die Anzahl, Intensität und Dauer der für die Auftragsabwicklung erforderlichen Prozesse. Als Unternehmereinsatzform bezeichnet man die Art und Weise, wie ausführende Unternehmen für einen Auftraggeber tätig werden⁴².

Die Herstellung des Produktes Bauobjekt ist durch die räumliche Trennung ein eigener Leistungsbereich. Dieser Leistungsbereich beinhaltet auch die Produktionslage Baustelleneinrichtung.

7.8. Schlussfolgerungen

Für die Erstellung eines prozessorientierten Modells für die Baukalkulation ist nicht nur die Identifikation und Beschreibung der für das Modell relevanten Prozesse im Gemeinkostenbereich, sondern auch im Leistungsbereich (Baustelle) erforderlich. Ein zeitdynamisches Modell das IT-gestützt berechnet werden kann, bildet im Leistungsbereich Baustelle die Grundlage für eine integrierte Planung von Leistungen, Terminen und Kosten.

⁴² [7] Wolfgang Oberndorfer, Hans Georg Jodl, Handwörterbuch der Bauwirtschaft: Interdisziplinäre Begriffswelt des Bauens, Austrian Standards Plus Publishing, 2010

8. Prozesskostenrechnung im Unternehmen

8.1. Historische Entwicklung der Prozesskostenrechnung

Erste Ansätze für eine Prozesskostenrechnung entstanden in den USA im Jahr 1985 mit dem „Activity Based Costing“ bei dem aus den weitgehend als fix betrachteten Gemeinkosten transaktionsabhängige proportionale Kosten gemacht wurden. Die Reduktion nicht notwendiger Transaktionen sowie die Steigerung der Effizienz der für die Leistungserstellung erforderlichen Transaktionen waren die grundlegenden Zielsetzungen. Im deutschsprachigen Raum wurde im Jahre 1989 durch Modifikation des amerikanischen Konzepts von Horváth und Mayer daraus die Prozesskostenrechnung.

Auslöser für die neue Betrachtungsweise in der stationären Industrie war die stetige Zunahme der Gemeinkosten bei gleichzeitiger Abnahme der Fertigungslöhne. Dies führte zu immer höheren Gemeinkostenzuschlägen, was die Richtigkeit der für die einzelnen Produkte festgestellten Kosten in Frage stellte.

Bei der Zuschlagskalkulation bleibt der Gemeinkostensatz pro Stück konstant. Dies bedeutet, dass kleinere Aufträge und damit geringere Stückzahl mit zu geringen, und große Aufträge mit hoher Stückzahl mit zu hohen Gemeinkosten belastet werden. Ausgehend von der Überlegung, dass größere Aufträge bestimmte Prozesse unterproportional beanspruchen, entsteht damit ein sogenannter Degressionseffekt⁴³.

Unter Degression versteht man, bei weitgehend gleichbleibenden Gemeinkosten, die Reduktion der Kosten pro Stück bei steigender Produktionsmenge.

In der Zuschlagskalkulation bleibt auch die Tatsache unberücksichtigt, dass komplexere Produkte die indirekten Leistungsbereiche stärker beanspruchen. Die Anwendung eines Prozesskostensatzes auf die Prozessdurchführung berücksichtigt diesen Komplexitätseffekt.

In der Zuschlagskalkulation sind die kalkulierten Gemeinkosten von der Höhe der Einzelkosten des Produktes abhängig. Nicht alle Prozesse sind jedoch von der Höhe der Einzelkosten abhängig. Die Anwendung eines gleichen Prozesskostensatzes für verschiedene Produkte unabhängig von den Einzelkosten zeigt außerdem auch den Allokationseffekt. Unter Allokation versteht man die Zuordnung der Gemeinkosten (Allokation) auf die Produkte unabhängig von der Höhe der Einzelkosten. Somit ergibt sich eine Differenz zwischen den verrechneten Kosten nach Zuschlagskalkulation und prozessorientierter Kalkulation.

Darauf aufbauende Entscheidungen würden die falschen Produkte bevorzugen und erfolgreiche eliminieren⁴³. Dem Nachteil der pauschalen Verrechnung von Gemeinkosten sollte damit begegnet werden.

Mit Kenntnis der drei negativen Effekte aus der Zuschlagkalkulation lässt sich ableiten, dass abteilungsübergreifende Abläufe und Leistungen in den indirekten Leistungsbereichen analysiert und bewertet werden müssen.

⁴³ [24] vgl. „Informationsmanagement und Controlling,“ Online-Lehrbuch, [Online]. Available: <http://www.online-lehrbuch-bwl.de/lehrbuch/kap5/przkst/przkst.pdf>

Weitere Veränderungen im strategischen Umfeld der Unternehmen, wie die Neustrukturierung der Märkte durch zunehmende Globalisierung, steigende Produktdifferenzierung, neue Entwicklungen in der Unternehmensführung, die neuen Möglichkeiten der Informationstechnologie, neue Fertigungstechnologien und zunehmende Verschiebung der Kosten in den tertiären Sektor, waren die Ursachen für die Entstehung der Prozesskostenrechnung⁴⁴.

Die Prozesskostenrechnung ist ein Verfahren der Kostenrechnung, das eine beanspruchungsgerechte Verteilung der Gemeinkosten auf Produkte ermöglicht.

8.2. Ziele der Prozesskostenrechnung

Zielsetzung ist die möglichst verursachungsgerechte Zurechnung der Kosten in den Kostenstellen aller indirekten Leistungsbereiche („Gemeinkosten“) zu den Produkten / Leistungen.

Die bisherigen Kostenrechnungsformen gehen davon aus, dass Produkte Kosten verbrauchen. Etwas differenzierter ist die Betrachtungsweise der Prozesskostenrechnung. Hier „verbrauchen“ Produkte Prozesse und diese wiederum „verbrauchen“ Kosten. Überall, wo die Prozesse nur von Mengen abhängen, besteht Identität zwischen Prozess und Produkt. Dort „verbrauchen“ Produkte Kosten.

Daher werden in der Prozesskostenrechnung, neben der Beschäftigung, vor allem die Varianten- u. Teilevielfalt, die Produktions- und Prozesskomplexität sowie die Auftrags- bzw. Losgröße als weitere für die indirekten Bereiche relevante Einflussfaktoren für die Kostenentstehung gesehen.

Im Baubetrieb gibt es Projekte, wo der Verbrauch von Prozessen weniger von der Produktionsmenge (Größe bzw. Anzahl der Objekte) als von anderen Größen abhängig ist. Die Komplexität eines Bauvorhabens, die Baudauer oder die Wahl der Unternehmereinsatzform durch den AG, seien hier nur als Beispiele genannt.

Die Prozesskostenrechnung versucht diesen Umstand durch Unterteilung der Gemeinkosten⁴⁵ in Blöcke gemäß „Kostenveranlassung“ (Kostentreiber-Gruppen) zu unterteilen:

1. Kostenstellen des direkten Leistungsbereiches:
Kostenveranlasser sind hier nur das Produktions-bzw. Absatzvolumen
Beispiele: Kosten für Material, Arbeitsaufwand, Maschineneinsatz
2. Kostenstellen des indirekten Leistungsbereiches:
Losbezogene oder auftragsbezogene Prozesse
Beispiel: Anzahl der Beschaffungsvorgänge, Fremdleistung
3. Kostenstellen des indirekten Leistungsbereiches mit produktspezifischen Prozessen:
Kostenveranlasser ist die „Komplexität“ des Produktes.
Beispiel: Anzahl der verschiedenen Bauelemente, Fertigungsverfahren, Materialmix, Planungsqualität, Projektorganisation
4. Kostenstellen des Unternehmens zur Aufrechterhaltung der Betriebsbereitschaft:
Hier gibt es keinen Kostenveranlasser, die Kosten werden als fix angesehen.
Beispiele: Kosten der Firmenleitung, Kosten für Betriebszentrale

Mit Ausnahme von Pkt.4 hängen alle Kosten von Prozessen (bestimmten Aktivitäten) ab.

⁴⁴ [24] „Informationsmanagement und Controlling,“ Online-Lehrbuch, [Online]. Available: <http://www.online-lehrbuch-bwl.de/lehrbuch/kap5/przkst/przkst.pdf>.

⁴⁵ [42] D. Remer, Einführen der Prozesskostenrechnung, 3.Auflage, Stuttgart: Schäffer-Poeschel Verlag, 2017

Die in den Kostenstellen des Unternehmens abgewickelten Aufgaben werden in prozessbezogene Aktivitäten zerlegt. Diesen Aktivitäten werden Kosten in Abhängigkeit von sogenannten Kostentreibern (KTR) zugeordnet und daraus Prozesskostensätze ermittelt. Mit Hilfe der Prozesskostensätze werden die prozessbezogenen Gemeinkosten auf die Produkte bzw. Leistungen kalkuliert.

8.3. Probleme bei der Prozesskostenrechnung

Beim Standardmodell der Prozesskostenrechnung beginnt man mit der Identifikation des an den erforderlichen Tätigkeiten beteiligten Personals. Durch Befragung wird erhoben, wieviel Zeit für die einzelnen Tätigkeiten verbraucht wird. Die Gesamtkosten einer Periode werden mit diesen Prozentsätzen aufgeteilt und durch die Anzahl Wiederholungen der jeweiligen Tätigkeit dividiert. Der damit ermittelte Kostensatz wird für jeden Kunden individuell angewandt. Diese Methode funktioniert jedoch nur bezogen auf eine Abteilung eines Unternehmens. Will man diese Vorgangsweise auf ein gesamtes Unternehmen ausdehnen, so stößt man, aufgrund der Datenfülle und des damit notwendigen Wartungsaufwandes für das Modell, rasch an die Grenzen der Rentabilität.

Ein weiteres Problem ergibt sich bereits in der stationären Industrie, wenn es zu einer Änderung von Tätigkeiten im Umfang oder Ergänzung mit neuen Tätigkeiten kommt. Damit muss das gesamte Modell adaptiert werden. Standortübergreifende Kostensätze zu ermitteln ist praktisch unmöglich.

Des Weiteren wird bei allen Berechnungen eine hundertprozentige Auslastung der eingesetzten Ressourcen unterstellt. Die Praxis zeigt jedoch, dass nur selten eine volle Auslastung des Personals erzielt wird.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass die Kosten für Erfassung und Wartung der Daten relativ hoch sind und eine der Realität entsprechende Genauigkeit der damit ermittelten Kostensätze nicht erzielt werden kann. Für eine Anwendung im Bauunternehmen ist diese Methode ungeeignet.

8.4. Zeitgetriebene Prozesskostenrechnung

Um diese Schwachstellen der Prozesskostenrechnung zu umgehen wurde Mitte der 80er Jahre des vorigen Jahrhunderts von Robert S. Kaplan und Steven Anderson das Modell des „Time-Driven ABC“ entwickelt⁴⁶.

Es beruht auf nur zwei Parametern. Die Kosten pro Zeiteinheit der zugeteilten Kapazitäten und der für die Tätigkeit bzw. Durchführung erforderlichen Zeit. Damit ergeben sich folgende Vorteile:

- Kann rasch umgesetzt und installiert werden
- Kann leicht geänderten Prozesse, verschiedenen Aufträge und Ressource-Kosten angepasst werden
- Kann vorhandene Daten aus bestehenden ERP- oder CRM-Systemen nutzen
- Prüfung durch direkte Beobachtung der dem Modell zu Grunde gelegten Zeiteinheiten
- Leichte Anpassung an den Umfang der Tätigkeiten unter Beibehaltung schneller Auswertungen und stets aktueller Berichte
- Berücksichtigt die vorhandenen Kapazitäten und hebt ungenutzte Kapazitäten hervor

⁴⁶ vgl. https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=485443

- Gleicht Unterschiede zwischen verschiedenen Aufträgen und Kundenverhalten aus ohne die Komplexität der Berechnung zu steigern

8.5. Anwendungsbereich der Prozesskostenrechnung

Bei der Prozesskostenrechnung handelt es sich um eine Vollkostenrechnung. Sie setzt auf der klassischen Gliederung der Kostenrechnung in Kostenarten-, Kostenstellen-, Kostenträgerrechnung auf und erweitert die Kostenstellenrechnung in den indirekten Leistungsbereichen mit überwiegend repetitiven Tätigkeiten, um die Prozessrechnung zur Analyse und Bewertung der dort ablaufenden Prozesse.

Die Zurechnung der Einzelkosten auf den Kostenträger wird direkt vorgenommen. Somit verbleibt der indirekte Leistungsbereich als Anwendungsgebiet der Prozesskostenrechnung. Dieser lässt sich nochmals in zwei Teilbereiche aufgliedern.

Einem Bereich mit repetitivem (sich wiederholendem) Charakter und einem mit nicht repetitivem Charakter. Für die Anwendung der Prozesskostenrechnung ist nur der Leistungsbereich mit repetitivem Charakter relevant. Dieser wird nun untersucht, ob sich für die darin erbrachten Tätigkeiten ein Kostenveranlasser/-treiber finden lässt. Tätigkeiten, für die sich eine derartige Bezugsgröße definieren lässt, werden in einem leistungsmengeninduzierten (Imi) Bereich zusammengefasst. Solche, bei denen sich kein Kostentreiber feststellen lässt, werden dem leistungsmengenneutralen (Imn) Bereich zugeordnet.

Die Kalkulation mit Prozesskosten ersetzt nicht die Zuschlagskalkulation, sondern ergänzt diese, in dem die prozentualen Zuschlagssätze durch Prozesskosten ausgetauscht werden.

Die positiven Steuerungseffekte einer Prozesskostenrechnung sind nur dort, wo viele Ressourcen gebunden sind, erzielbar.

Der Einsatz einer Prozesskostenrechnung ist dann ratsam, wenn neben Produkt-, auch Programm- oder Auftragsmerkmale, wie im Bauwesen, als Kosteneinflussgrößen wirksam sind.

8.6. Kalkulationsverfahren innerhalb der Prozesskostenrechnung

In der Prozesskostenrechnung lassen sich verschiedene Kalkulationsverfahren unterscheiden, deren Anwendung von der Unterscheidung in produktnahe, produktferne oder produktunabhängige Hauptprozesse abhängt.

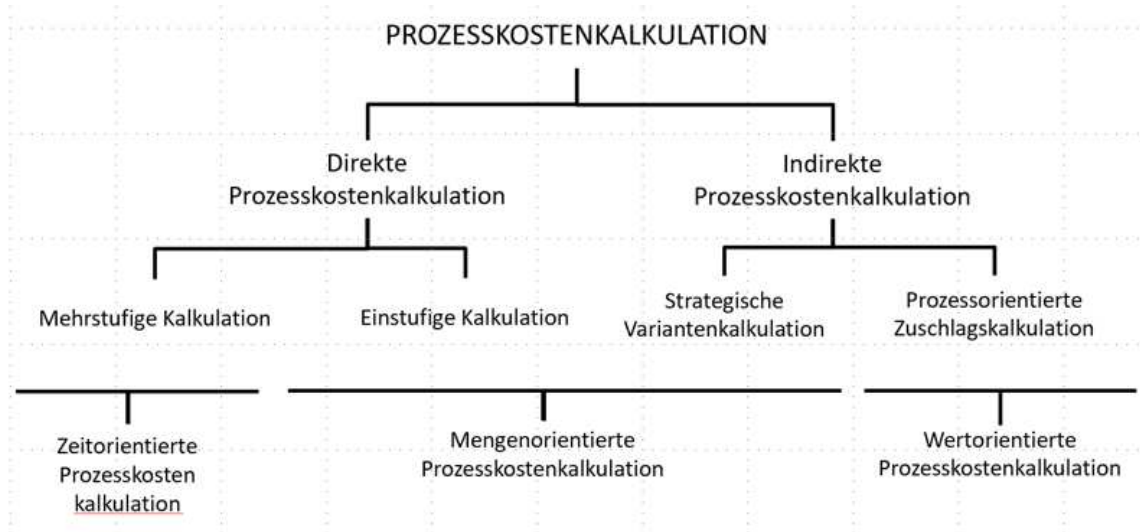


Abb. 30 Prozesskostenrechnung Kalkulationsverfahren

Die Abb. 30 zeigt den Zusammenhang der verschiedenen Kalkulationsverfahren in der Prozesskostenrechnung⁴⁷, ergänzt um die zeitorientierte Prozesskostenkalkulation.

Verfahren der direkten Prozesskostenkalkulation kommen (mit Ausnahme der strategischen Variantenrechnung) nur bei produktnahen Hauptprozessen in Betracht. Der Produkt-Prozess Zusammenhang wird durch einen Prozesskoeffizienten ausgedrückt. Er gibt die von einer Produkteinheit in Anspruch genommene Prozessmenge an. Der Zusammenhang kann entweder für alle Prozesse auf Endproduktebene oder nur auf Teile- bzw. Baugruppenebene oder Zwischenproduktebene hergestellt werden. Dies entspricht einer ein- oder mehrstufigen direkten Prozesskostenkalkulation.

Lässt sich dieser Zusammenhang nicht hinreichend herstellen, so kommt die indirekte Prozesskalkulation zur Anwendung. Dies bedeutet, dass die Kosten dieser produktfernen und produktunabhängigen Prozesse über wertbezogene Zuschlagssätze auf die Produkte verrechnet werden.

Meistens treten beide Prozesskostenkalkulationen gemischt auf.

⁴⁷ [39] R. Vahrenkamp, Logistik - Management und Strategien, 6.Aufl., München: Oldenburg Verlag, 2007

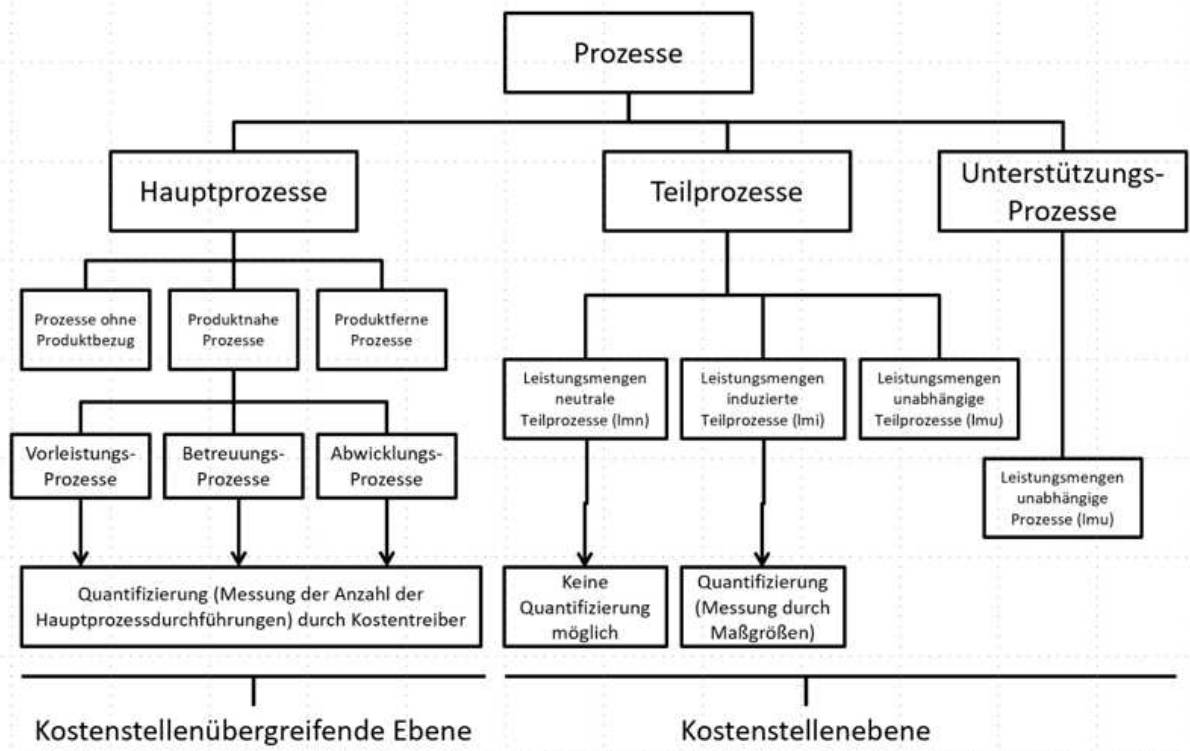


Abb. 31 Aufgliederung der Prozesse in der Prozesskostenrechnung

Die Abb. 31 zeigt die Aufgliederung der Prozesse und die quantitative Bewertungsmöglichkeit.⁴⁸

Hauptprozesse sind abteilungs- und somit kostenstellenübergreifende Prozesse mit einem einheitlichen Kostentreiber. Teilprozesse im Sinne der Prozesskostenrechnung beinhalten Tätigkeiten, die ausschließlich einer Kostenstelle zuordenbar sind und die zu Hauptprozessen aggregiert werden.

Teilprozesse können weiter klassifiziert werden in:

Imi – Leistungsmengeninduzierte Teilprozesse sind jene mengenmäßig erfassbaren Tätigkeiten, deren Aufwand sich proportional zu einer Bezugsgröße verhält. Die Kosten werden über einen Prozesskostensatz zugeordnet.

Imn - Leistungsmengenneutrale Teilprozesse sind jene mengen-unabhängige Tätigkeiten, die für die Koordinierung der Kostenstellentätigkeiten notwendig sind und die in Zusammenhang mit den erbrachten Leistungen (Prozesse) stehen. Die Kosten dieser Teilprozesse werden aliquot auf die Imi-Prozesse einer Kostenstelle verteilt.

Unterstützende Prozesse beinhalten Tätigkeiten die zur Verbesserung des Ergebnisses von Teilprozessen beitragen. Die Kosten der unterstützenden Prozesse werden ebenfalls aliquot auf die Imi - Prozesse der Kostenstelle verteilt.

Imu - Leistungsmengenunabhängige Teilprozesse sind jene Teilprozesse die keinen Bezug zur erbrachten Leistung der Kostenstelle haben und somit keinem der Hauptprozesse zuordenbar sind. Für diese Tätigkeiten kann auch keine Bezugsgröße gefunden werden.

⁴⁸ [38] M. D. S. L. Günther H.O., Supply Chain Management und Logistik., Heidelberg: Physica-Verlag, 2007

Die Kosten verbleiben im Gemeinkostentopf und werden nicht über Prozesse verrechnet.

Zur qualitativen Beurteilung von Prozessen können daher folgende Parameter herangezogen werden:

QUALITATIVE PARAMETER			
Feststellung der Prozessart			
Prozessart	Art		
repetitiver Prozess	R	Anzahl	
einmaliger Prozess	E		
Feststellung des Kostentreibers			
Kostentreiber		KTR	
Intensitätstreiber		ITR	Ress.Bedarf
Zeittreiber		ZTR	Durchlaufzeit
Transaktionstreiber		TTR	Anzahl
Feststellung Mengenabhängigkeit			
Leistungsmenge			Im_
induziert			Imi
neutral			Imn
unabhängig			Imu
Festlegung der kostenverursachenden Ressource			
Ressourcenart			RA
Personal			P
Material			M
Gerät			G
Fremdleistung			F

Abb. 32 Prozesskostenrechnung - Qualitative Parameter

Die Abb. 32 zeigt die zur qualitativen Einstufung von Prozesskosten erforderlichen Parameter. Mit ihrer Hilfe kann festgestellt werden, welches Kalkulationsverfahren der Prozesskostenrechnung für den jeweiligen Prozess anwendbar ist.

Der Kostentreiber (KTR) stellt die Messgröße für die Kostenverursachung dar.

Die Prozesskostentreiber können differenziert werden in:

- Transaktionstreiber (TTR): Messen die Durchlaufzahl eines Prozesses sind eher ungenau und haben geringe Kostenwirksamkeit
- Zeittreiber (ZTR): Messen die Durchlaufzeit eines Prozesses sind genauer und kostenrelevanter als Transaktionstreiber
- Intensitätstreiber (ITR): Bewerten die Inanspruchnahme von Ressourcen durch den Prozess sind die genauesten und kostenwirksamsten Kostentreiber

In jedem Fall sollte der Kostentreiber folgende Eigenschaften aufweisen:

- Definition leicht nachvollziehbar
- aus den vorhandenen Informationen berechenbar
- Proportionalität zum Output besitzen

Kostentreiber sollen den quantitativen wertmäßigen Verbrauch von Ressourcen in Form geleisteter Kostentreibereinheiten abbilden sowie die Verteilung der entsprechenden Kosten auf diese Kostentreiber ermöglichen.⁴⁹

8.7. Aufbau einer Prozesskostenrechnung

Zum Aufbau einer Prozesskostenrechnung sind grundsätzlich sechs Schritte erforderlich

1. Leistungs- u. Prozessanalyse in den indirekten Leistungsbereichen (Administration, Verwaltung)
2. Bestimmung der Kostentreiber der Imi - Prozesse (Maßgröße)
3. Prozessmengenermittlung für Maßgröße – z.B. Anzahl der Prozessdurchführungen
4. Kostenermittlung der Prozesse – Summe aller Kostenarten je Prozess
5. Berechnung der Prozesskostensätze
6. Zusammenfassung sachlich zusammenhängender Teilprozesse zu kostenstellenübergreifenden Hauptprozessen.

Zunächst ist die Bestimmung der Prozesse erforderlich. Nach der „Bottom-Up“ Vorgangsweise können logisch zusammengehörige Tätigkeiten einer Kostenstelle zu Teilprozessen zusammengefasst werden. Durch weitere Zusammenfassung von Teilprozessen, die den gleichen Kostentreiber haben, ergeben sich kostenstellenübergreifend die Hauptprozesse. Die Zuordnung von Kosten kann per Verrechnungssatzkalkulation oder durch externe Vorgaben erfolgen.

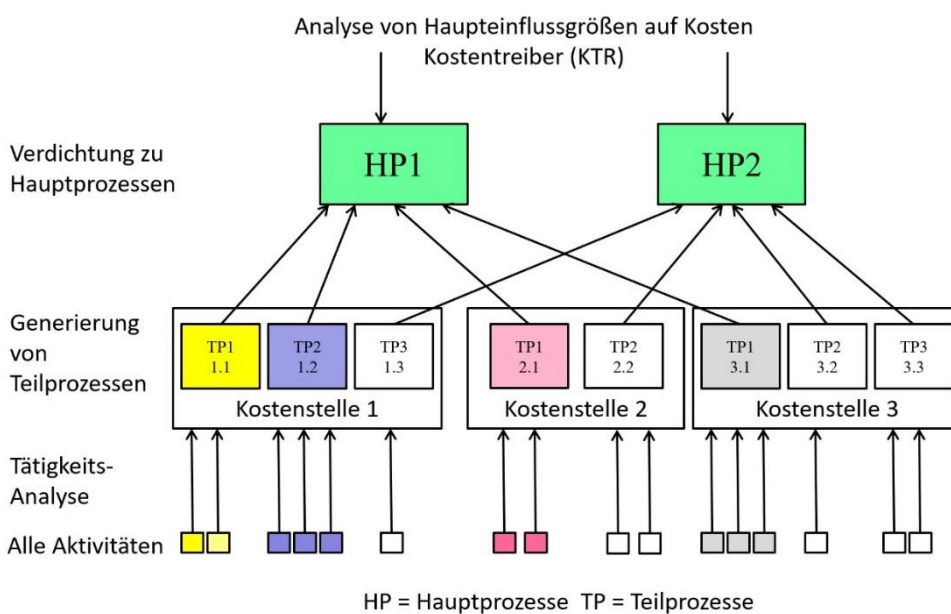


Abb. 33 Verdichtung von Aktivitäten zu Hauptprozessen (Bottom-Up)

Die Abb. 33 zeigt die Zuordnung von Aktivitäten zu Kostenstellen und Teilprozessen.

Innerhalb der Kostenstelle wird der Aufwand je Teilprozess erfasst. Die Aufteilung der Gesamtkosten einer Kostenstelle (KST) auf verschiedene Teilprozesse erfolgt Top-Down durch eine gewichtete Zuteilung der Kosten im Ausmaß der Beanspruchung der Kostenstelle durch die Teilprozesse.

⁴⁹ [42] D. Remer, Einführen der Prozesskostenrechnung, 3.Auflage, Stuttgart: Schäffer-Poeschel Verlag, 2017.

$$\text{Aufteilungs-Satz [\%]} = (\sum \text{TP-Aufwand [h]} / \sum \text{KST-Aufwand}) \times 100$$

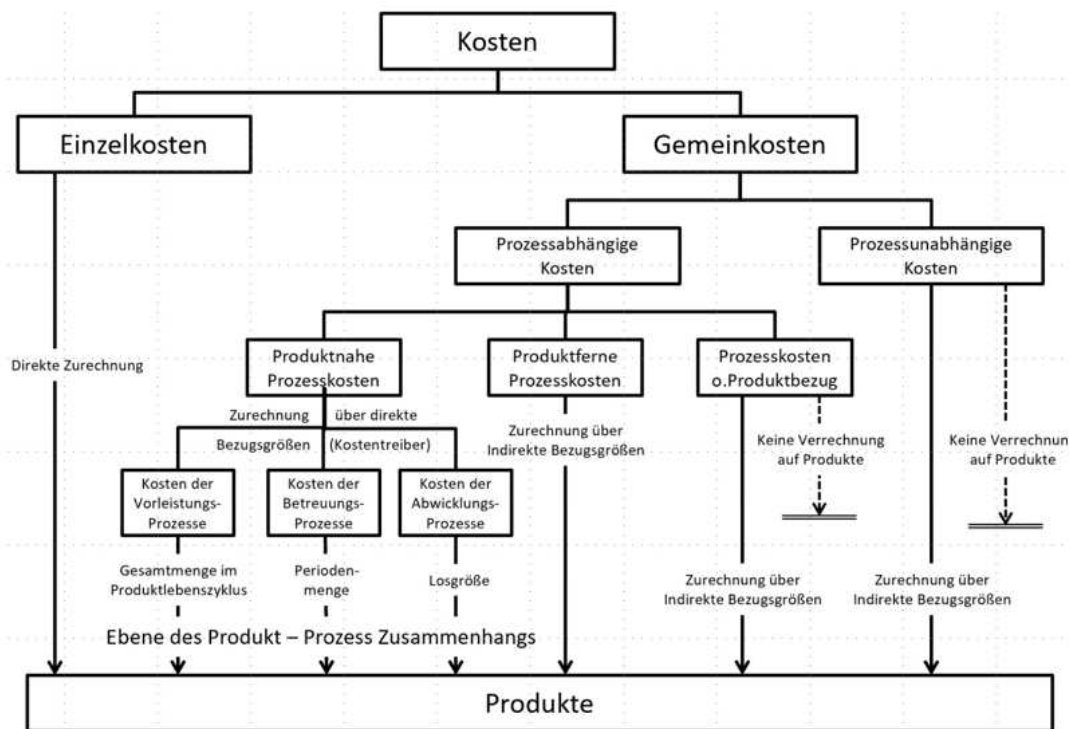


Abb. 34 Prozesskostenrechnung - Verrechnungsregeln (Top-Down)

Die Abb. 34 zeigt das Verfahren der Aufteilung von Gemeinkosten auf Produkte in der Prozesskostenrechnung⁵⁰. Produktnahe Prozesse haben zu den Prozesskosten direkte leistungsmengenabhängige Bezugsgrößen.

Als Prozessmenge wird die zu einer Prozessgröße gehörende messbare Leistung bezeichnet (z.B. Beschaffungsprozess – Anzahl der Bestellvorgänge). Die Prozessmenge muss jedenfalls nur für die leistungsmengeninduzierten (Imi) Prozesse ermittelt werden.

Die Mengen können einerseits über eine analytische Planung auf der Prozessebene bestimmt werden oder aus einer Kostenstellenrechnung abgeleitet werden. Nicht zu empfehlen ist die retrograde Ermittlung aus den Vorjahres- oder Budgetwerten, da hier die Gefahr der Fortschreibung von Ineffizienzen besteht.

Für die gesamten Prozesskosten (Pk) ist der Bedarf bzw. Aufwand an menschlicher Arbeitskraft der bestimmende Kostenfaktor. Dabei wird bei der Ermittlung der Prozesskosten für leistungsmengeninduzierte Teilprozesse (TP) mit einem internen Verrechnungssatz [WE/h] kalkuliert, während die Kosten von Hauptprozessen verschiedene Verrechnungssätze beinhalten können.

$$\text{Prozesskosten Pk [WE]} = \sum \text{TP-Aufwand [h]} \times \text{interner Verrechnungssatz [WE/h]}$$

Bei der Prozesskostenrechnung müssen zur Kalkulation sogenannte Prozesskostensätze (PkS) ermittelt werden.

$$\text{Prozesskostensatz PkS [WE/E]} = \text{Prozesskosten Pk [WE]} / \text{Prozessmenge Pm [E]}$$

⁵⁰ [38] M. D. S. L. Günther H.O., Supply Chain Management und Logistik., Heidelberg: Physica-Verlag, 2007

WE... Währungseinheiten, E... Mengeneinheit

Der Prozesskostensatz stellt die durchschnittlichen Kosten für die einmalige Durchführung eines Prozesses dar.

Für die Verrechnung der leistungsmengenneutralen (Imn) Prozesskosten wird ein Umlagesatz (UkS) gebildet

$$\text{UkS [WE/E]} = \left(\frac{\sum \text{Imn-Prozesskosten [WE]}}{\sum \text{Imi-Prozesskosten [WE]}} \right) \times \text{Prozesskostensatz PkS [WE/E]}$$

Damit ergibt sich folgender Gesamtprozesskostensatz (GkS):

$$\text{GkS [WE/E]} = \text{Prozesskostensatz PkS [WE/E]} + \text{Umlagesatz UkS [WE/E]}$$

Teilprozesse	Art	Maßgröße	Prozess Menge	E	Verteilung	Prozess Kosten (WE)	Prozess Kosten Satz (Imi)	Umlage (Imn) Prozess Kosten	Umlage Satz (Imn)	Gesamt Prozess Kosten satz	Zuordnung zu HP
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8) =(7)/(4)	(9)	(10) =(9)/(4)	(11)=(8)+(10)	(12)
GESAMT					5	15.000					
TP 1	Imi	Anzahl	100	Stk	2	6.000	60	1.500	15,00	75,00	
TP 2	Imi	Anzahl	200	Stk	1	3.000	15	750	3,75	18,75	
TP 3	Imi	Anzahl	300	Stk	1	3.000	10	750	2,50	12,50	
Summe TP1-3					4	12.000					
TP X	Imn	-	-	-	1	3.000					
Summe TP						15.000					

Abb. 35 Berechnungsschema für einen Gesamtprozesskostensatz

Die Abb. 35 zeigt ein Beispiel für ein allgemeines Berechnungsschema zur Ermittlung eines Gesamtprozesskostensatzes mit Umlagesatz aus einem Imn - Teilprozess. Über den Verteilungsschlüssel können die Anteile der umzulegenden Prozesskosten berechnet werden. Diese Imn-Prozesskosten dividiert durch die jeweilige Prozessmenge der Teilprozesse ergibt den Umlagesatz. Entsprechend der obigen Formel ergibt sich der Gesamtprozesskostensatz. Die letzte Spalte ermöglicht die Zuordnung zu Hauptprozessen.

8.8. Besondere Anwendungsfälle der Prozesskostenrechnung

8.8.1. Zielkostenkalkulation

Bei der Zielkostenkalkulation (Target Costing) bestimmt der Markt den Verkaufspreis des Produktes. Von diesem Kaufpreis wird die erzielbare Gewinnspanne abgezogen, womit sich die Zielkosten, zu denen das Produkt hergestellt werden muss, ergeben ⁵¹.

Erst wenn nicht nur die reinen Fertigungskosten im stationären Unternehmen betrachtet werden, sondern auch die Lieferanten von Material, Subunternehmer für Teilleistungen und der Auftraggeber

⁵¹ [25] Robert S. Kaplan, Robin Cooper und Friedrich Mader, Prozesskostenrechnung als Managementinstrument, Campus Verlag, 1999

mit einbezogen werden, ergibt sich die Möglichkeit der Integration von Prozesskostenrechnung und Zielkostenkalkulation.

Mit dieser Integration kann besser zwischen Einzelkosten und Gemeinkosten unterschieden und diese beeinflusst werden.

Im Bauwesen findet diese Methode allenfalls bei GU-Aufträgen im Wohnbau, bei denen auf Basis der Nutzfläche ein Preis in WE/m² vereinbart wird, Anwendung. Die Vorgabe einer Kostenobergrenze ist Ausgangspunkt für die Gestaltung des Objektes (Produktes). Das fachübergreifende Planungsteam muss ein Objekt mit der vom Auftraggeber gewünschten Funktionalität und Qualität entwickeln.

Die Aufmerksamkeit der Fachplaner ist dabei primär auf die Mengen und Materialkosten gerichtet, während der Ausführende zusätzlich die Lohnkosten und Geschäftsgemeinkosten und der Auftraggeber nur die Mengen im Blickfeld hat.

Einsparungspotenziale ergeben sich in Zukunft aus einer kollaborativen Planung unter Anwendung der BIM-Modelle. Durch Simulationsrechnung auf Basis von 3D-Modellen ergibt sich die Möglichkeit das Kostenminimum bei optimaler Bauzeit zu ermitteln.

8.8.2. Vergleich der Kosten von Eigenleistung oder Fremdleistung

Die Kosten von Teilleistungen in produzierenden Unternehmen sind oft über verschiedene Abteilungen verteilt und in ihrer Gesamtheit nicht erfasst. Der Vergleich mit externen Angeboten erfolgt daher in der Regel nicht auf vergleichbarer Basis. Die Kenntnis der eigenen Prozesskosten ermöglicht eine sicherere Entscheidung über Eigenfertigung oder Fremdfertigung (Make or Buy Decision).

Im Bauwesen ist es die Entscheidung zur Eigenleistung oder Fremdleistung bei der Herstellung des Objektes. Kosten der Subunternehmerleistungen werden in der Regel ebenfalls mit dem Zuschlagsatz für Geschäftsgemeinkosten beaufschlagt und dann in das Angebot aufgenommen.

Die Gemeinkosten des Bauunternehmens werden durch die Subunternehmerleistung nicht beeinflusst da die Kosten im Auftragsfalle der Kostenstelle Baustelle eindeutig zugeordnet werden können.

Als Entscheidungsgrundlage für Eigenleistung oder Fremdleistung kann ein kalkulatorischer Vergleich (z.B. Ortbetonherstellung versus Einsatz von Fertigteilen) durchgeführt werden.

8.8.3. Die Anwendung der Fertigstellungswertanalyse

Die IT-gestützte Integration von Leistung, Terminen und Kosten bildet die Basis für die Anwendung der Earned Value (EV) – Methode.

Mit der Angabe des physischen Leistungsfortschrittes in Prozent (PCC - Physical Percent Complete) lassen sich die SOLL-Kosten im Projektverlauf, dem Leistungsfortschritt entsprechend, unmittelbar errechnen. Im deutschen Sprachgebrauch spricht man daher von Fertigstellungswertanalyse⁵².

Sie ist ein Controlling Instrument, das auf dem PSP, in dem den Arbeitspaketen oder auch einzelnen Vorgängen Kosten zugeordnet werden, aufbaut.

Voraussetzung für den Einsatz der EV-Methode bei Bauprojekten ist die Zuordnung von Mengen und Kosten zu den im Terminplan enthaltenen Leistungen. Damit kann der Kostenverlauf für die SOLL-Kosten errechnet werden. Mit den aus den 3D-Modellen zur Verfügung stehenden Mengen bzw.

⁵² [20] Univ. Prof. DI Dr. Gerold Patzak und Dr. Günter Rattay, Projektmanagement, Linde, 2004

Materialangeben und den IST-Kosten ist wird die Berechnung der IST-Kosten je Bauelement möglich. Somit wäre ein zeitdynamischer Kosten SOLL-IST Vergleich möglich, der die Ausnutzung der dispositiven Kapazitäten wesentlich verbessert.

8.9. Prozesskostenkalkulation versus Zuschlagskalkulation

Der Zuschlagsatz für die Gemeinkosten ergibt sich aus der Kostenrechnung vergangener Perioden. Aus der Höhe der Gemeinkosten und dem erzielten Produktionswert lässt sich ein %-Anteil an diesem für die Gemeinkosten errechnen. Für die zukünftige Periode wird, unter der Annahme eines steigenden Umsatzes und steigender Gemeinkosten, wieder ein %-Satz errechnet. Dieser %-Satz wird nun auf die neue Bezugsbasis umgerechnet, woraus sich der Zuschlagsatz auf die Summe der zu erwartenden Einzel- und Sonderkosten ergibt.

Bei der Ermittlung des Gemeinkostenzuschlagsatzes wird der prozentuale Anteil der Geschäftsgemeinkosten an den gesamten Einzelkosten ermittelt

$$\Sigma \text{ Geschäftsgemeinkosten} \times 100 / \Sigma \text{ Produktionswert} = \text{\%-Anteil GGK}$$

$$\text{\%-Anteil} \times 100 / (100 - \text{\%-Anteil}) = \text{\%-GGK Zuschlagsatz}$$

Im Bauwesen erfolgt der Zuschlag auf die Herstellkosten (inkl. BGK) und beinhaltet auch einen Anteil für Bauzinsen, Risiko (Wagnis) und Gewinn⁵³.

8.9.1. Allokationseffekt

Bei der Prozesskostenkalkulation erfolgt die Zuordnung der Gemeinkosten nach Inanspruchnahme der Prozesse und ist von der Höhe der Einzelkosten unabhängig.

Der Allokationseffekt zeigt die Kostendifferenz bei den Produktkosten zwischen den zu verrechnenden Gemeinkosten bei der Zuschlagskalkulation und der Anwendung eines fixen Prozesskostensatzes bei der prozessorientierten Kalkulation.

8.9.2. Komplexitätseffekt

Die Prozesskalkulation berücksichtigt, dass komplexere Produktvarianten/Objekte die indirekten Leistungsbereiche stärker beanspruchen als einfache Produkte/Objekte. Komplexere Produkte/Objekte mit z.B. mehr Bauteilen/LV-Positionen verursachen ein höheres Maß an Prozessvorgängen und verbrauchen damit auch mehr Gemeinkosten.

Die Anzahl der erforderlichen Prozesse beeinflusst die Höhe der gesamten Prozesskosten. Die Berechnung der Gemeinkosten nimmt bei der Zuschlagskalkulation darauf keine Rücksicht.

8.9.3. Degressionseffekt

Bei der prozessorientierten Kalkulation verringern sich mit steigender Stückzahl die Stückkosten.

Die Prozesskalkulation berücksichtigt den Umstand, dass die Kosten für Prozesse, die von der Stückzahl unabhängig sind, konstant bleiben. Von einer Erhöhung der Leistungsmenge werden nicht alle Prozesskosten des Unternehmens beeinflusst.

⁵³ [14] A. Kropik, Baukalkulation und Kostenrechnung, Eigenverlag, 2016

Bei der Zuschlagskalkulation wird unabhängig von der Stückzahl (Menge) immer der gleiche Zuschlagsatz verrechnet.

Dieser Effekt kann auf Unternehmensebene nur dann auftreten, wenn mehrere gleiche Objekte beauftragt werden.

Bei einem einzelnen Auftrag ist dieser Effekt wohl nur nachweisbar, wenn eine entsprechend hohe Anzahl (mind. drei) von gleichen Objekten (Reihenhäuser) oder gleichartigen Arbeitsabschnitten vorhanden ist.

8.9.4. Schlussfolgerungen

Bei der prozessorientierten Baukalkulation profitiert das Unternehmen nicht mehr von Mengenänderungen an der Baustelle. Für das Bauunternehmen ist festzustellen, welche Prozesse, und damit Prozesskosten von der Höhe der Einzelkosten, unbeeinflusst bleiben.

Für die Berechnung eines Prozesskostensatzes, zur Anwendung im Angebotsstadium eines Bauvorhabens, ist festzustellen in wie weit sich komplexere Projekte auf die Entwicklung der Gemeinkosten auswirken.

Bei der Ausführung von Bauvorhaben ist aufgrund des vorgegebenen Leistungsumfanges festzustellen, ob es durch Erhöhung der Anzahl Produktionseinheiten überhaupt zu einem Degressionseffekt kommen kann.

8.10. Prozesskostenrechnung im projektorientierten Unternehmen

Erst die durchgängige Prozessorientierung ermöglicht den Einsatz einer Prozesskostenrechnung über alle Unternehmensbereiche.

Die Prozesskostenrechnung ist eine Vollkostenrechnung nach variablen (leistungsmengeninduzierte) und fixen Kosten (leistungsmengenneutrale) unterscheidet.

Die Prozesskostenrechnung umfasst die Ermittlung der Ablaufkosten in den indirekten Unternehmensbereichen und damit die verursachungsgerechte Verrechnung der indirekten Gemeinkosten auf Produkte, Projekte und Dienstleistungen eines Unternehmens.

Für den Anwendungsfall im Bauunternehmen bedeutet das, dass nicht nur die administrativen Bereiche, sondern auch die produktiven Bereiche (Baustellen) miteinbezogen werden müssen. Daraus ergeben sich zwei Betrachtungsebenen für den Einsatz der Prozesskostenrechnung.

Die baubetriebliche Ebene, auf der sowohl projektunabhängige, als auch projektspezifische Kosten anfallen, und die baustellenbezogene Ebene, auf der ausschließlich objektspezifische Kosten der Herstellung anfallen.

Da das Bauunternehmen als projektorientiertes Unternehmen einzustufen ist, ist für die Anwendung einer Prozesskostenrechnung eine Multiprojektkoordination erforderlich.

Nach ÖNORM B 1801-5 umfasst Multiprojektkoordination die Festlegung von Prozessen und Regeln zur Koordinierung von Projekten⁵⁴.

⁵⁴ [22] „ÖNORM B 1801-5,“ Österreichisches Normungsinstitut

Bei Bauunternehmen erzeugt vor allem der Bedarf an gleichen Ressourcen und die Priorisierung bestimmter Objektarten, wie z.B. Hochbauten, die Notwendigkeit der Multiprojektkoordination. Die Erfüllung dieser Notwendigkeit erzeugt gleichzeitig die Chance die Prozesskostenrechnung über alle Unternehmensbereiche/Ebenen anzuwenden.

Wenn man auf Unternehmensebene Auftrag gleich Projekt setzt und jedes Projekt als einmaligen Prozess betrachtet, so ist als Regel in der Multiprojektkoordination und für die weitere Anwendung der Prozesskostenrechnung die gleiche zeitliche Abgrenzung der Projektdauer sowie der Herstellungsdauer für alle Aufträge festzulegen.

8.11. Schlussfolgerung

Die durch die Anwendung der Prozesskostenrechnung bei der Kalkulation von Produktkosten gegenüber der Zuschlagskalkulation rechnerisch nachweisbaren Effekte sind bei Anwendung der Prozesskostenrechnung in der Baukalkulation ebenfalls zu erwarten.

Projektgröße, Komplexität, finden durch die Berechnungsbasis Herstellkosten keine Berücksichtigung. Damit kommt es bei kleineren Objekten zu einer geringeren Belastung mit Gemeinkosten und bei großen Objekten zu hohen Belastung, die Differenz zwischen Kalkulation der Gemeinkosten mittels Prozesskostensatz und zu verrechnenden Gemeinkosten mit Berechnung von gleichbleibenden prozentuellem Zuschlagssatz bei variablen Einzelkosten, sind auch bei der Kalkulation von Baukosten zu erwarten.

Die Prozesskostenrechnung dient der besseren Zuordnung der Gemeinkosten zu Prozessen und Produkten. Die Prozesskostenkalkulation soll mittels Prozesskostensätzen eine zeitdynamische Zuordnung der Gemeinkosten auf Projekte ermöglichen.

9. Hypothesen für ein Modell einer prozessorientierten Baukalkulation

9.1. Hypothese 1 zur Kalkulation Geschäftsgemeinkosten

In der Prozesskostenkalkulation errechnet sich der Prozesskostensatz, analog zur Berechnung eines Zuschlagsatzes, mit der Formel $PkS = GGK / \text{Anzahl der Prozesse}$

Nachdem die Anzahl der beanspruchten Prozesse je Auftrag aufgrund der Verschiedenartigkeit der Objekte und des Auftragsumfanges nicht gleich ist, muss bei dieser Formel für die Ermittlung Gesamtzahl der Prozesse innerhalb einer Periode von einem, für das Unternehmen charakteristischen, Referenzprojekt ausgegangen werden.

Bei Berechnung mehrerer Prozesskostensätze für gleichartige Prozesse kann bei verschiedenen Projekten der gleiche Prozesskostensatz angewandt werden.

In der Praxis ist dieser Ansatz völlig unrealistisch, da ja nicht vorhersehbar ist, bei welchen Projekten es zum Auftrag kommt. Damit wäre die Kostendeckung der Gemeinkosten ein nicht abzuschätzendes Risiko.

Die Anwendung der Prozesskostenkalkulation im Bauunternehmen soll eine realistischere Zuordnung der Gemeinkosten GGK zum Projekt / Auftrag ermöglichen, als dies durch die Zuschlagskalkulation abgebildet wird. Der umsatzabhängige Zuschlag soll durch eine zeitabhängige Kostenkomponente ersetzt werden.

Der Projekt-Prozesskostensatz errechnet sich, im Sinne der zeitgetriebenen Prozesskostenkalkulation, auf Basis der durch die Administration des Unternehmens geleisteten Projektstage. Als betrachteter Zeitraum (Periode) wird, wie bei der Ermittlung der Zuschlagssätze in der Zuschlagskalkulation, ein Geschäftsjahr herangezogen.

Die Idee für die Aufteilung der GGK ist, dass ein Bauunternehmen, neben der reinen Bauleistung, als Prozessmenge Projektstage verkauft. Zur Berücksichtigung der unterschiedlichen Anforderungen einzelner Projekte an die Unternehmensorganisation ist jedoch die genaue Kenntnis der Prozesse und damit der gesamten Prozesskosten erforderlich.

Die Methode des „Time-Driven ABC“⁵⁵ (Activity Based Costing) mit nur zwei Parametern (Kapazitäten und Zeit) kann in modifizierter Form auf die Kalkulation der Gemeinkosten angewandt werden. Ein zeitabhängiger Projekt-Prozesskostensatz kann die prozentuellen variablen Zuschläge auf Lohn/Material/Gerät/Fremdleistung ersetzen.

9.2. Hypothese 2 zur Kalkulation der Baustellengemeinkosten

Der Grundgedanke des Beanspruchungsprinzips, der der Prozesskostenkalkulation zu Grunde liegt, kann bei der elementbasierten Kostenkalkulation angewandt werden.

⁵⁵ [25] Robert S. Kaplan, Robin Cooper und Friedrich Mader, Prozesskostenrechnung als Managementinstrument, Campus Verlag, 1999

Die Baustelleneinrichtung ist die Produktionsanlage für die Herstellung des Bauwerks. Die Kosten der Baustelleneinrichtung werden üblicherweise in drei Positionen des LV abgebildet. Baustelle einrichten, Baustelleneinrichtung vorhalten, Baustelle räumen.

Die Angabe der Kosten der Position Baustelleneinrichtung vorhalten erfolgt im LV in der Regel mit monatlichen Pauschalbeträgen. Dies entspricht jedoch nicht dem Kostenanfall in der Realität, da die Produktionsanlage Baustelleneinrichtung von den Herstellungsprozessen unterschiedlich stark beansprucht wird.

Die Dimensionierung der Baustelleneinrichtung und damit die Kosten der Prozesse Baustelle einrichten und räumen ist von verschiedensten Faktoren abhängig. Die meist vorgegebene Herstellungsdauer und die damit verbundenen Ressourcen bestimmt diese wesentlich. Die zeitabhängigen Kosten sind ein Ergebnis aus der Herstellungsdauer und der Anzahl des erforderlichen Personals zur Erfüllung der Bauaufgabe. Aus diesem Grund ist es möglich den Arbeitsaufwand für die Herstellungsprozesse mit den zeitabhängigen Kosten der Baustelleneinrichtung zu verknüpfen.

Prozessmenge für den Produktions-Prozesskostensatz ist einerseits die Produktions- bzw. Baudauer und andererseits der gesamte Arbeitsaufwand für die Leistungserbringung an der Baustelle.

Da die Produktionsanlage Baustelleneinrichtung auch Kosten verursacht, wenn keine Leistung erbracht wird, ist eine Trennung der zeitabhängigen Kosten in einen fixen und einen ressourcenabhängigen Anteil erforderlich.

Mit dem ressourcenabhängigen Anteil könnten die Kosten von Beschleunigungsmaßnahmen durch Erhöhung der Parallelität von Vorgängen der Herstellung und/oder verstärkten Personaleinsatz sofort nachgewiesen werden.

Die Höhe der Baustellengemeinkosten ist sowohl zeitabhängig als auch ressourcenabhängig. Ein zeitabhängiger Produktions-Prozesskostensatz kann die monatliche Verrechnung von gleichbleibenden Pauschalbeträgen ersetzen.

9.3. Hypothese 3 zu den Einzelkosten

Der Inhalt der prozessorientierten Baukalkulation wird für die Kalkulation der Elementkosten insofern erweitert, als es nicht nur um die verursachungsgerechte Verteilung von Gemeinkosten zu den Projekten, sondern auch um die Ermittlung der Elementkosten entlang des gesamten Herstellungsprozesses geht.

Die Ressourcenabhängigkeit der Elementkosten soll bei der Kalkulation Berücksichtigung finden. Damit kann auch eine Durchgängigkeit von der Kostenkalkulation zur Kostenfeststellung erzielt werden.

Eine mengenbasierte Zuordnung der Kostenarten zu den Elementen in Kombination mit einem ressourcenabhängigen Produktions-Prozesskostensatz ermöglicht die prozessorientierte Kalkulation der Elementkosten.

9.4. Hypothese 4 zum Prozess der Kostenplanung und Kostenabrechnung der Selbstkosten

Die Abrechnung der erbrachten Leistung erfolgt durch Feststellung der Leistungsmengen. Diese werden auf Basis von Plänen und dem an der Baustelle festgestellten Leistungsfortschritt ermittelt.

Die 3D-Modelle liefern elementbasierte Mengen die mit den Kosten aus den Leistungspositionen der traditionellen Baukalkulation verknüpft werden können. Damit entsteht eine direkte Vergleichbarkeit mit der elementorientierten Kostenplanung.

Der Leistungsfortschritt für in Arbeit befindliche Elemente kann durch einen physischen Fertigstellungsgrad in Prozent beurteilt werden. Gemeinsam mit den bereits fertigen Elementen und den Elementen nicht direkt zuordenbaren Leistungspositionen wie z.B. Aufzahlungspositionen ergibt sich die Abrechnung der erbrachten Leistung.

Mit der elementbasierten Fachplanung auf 3D-Basis in Kombination mit der prozessorientierten Baukalkulation mittels 4D- und 5D-Modell kann die Durchgängigkeit von der Kostenplanung zur Kostenabrechnung hergestellt werden.

9.5. Hypothese 5 zum Kostenminimum und optimaler Bauzeit

Die Vorgabe der Bauzeit durch den AG verursacht oft Kosten die zwischen den Kosten der technologisch kürzest möglichen Bauzeit und dem erzielbaren Kostenminimum liegen.

Grundlage ist das 3D-Modell für das Objekt, das verknüpft mit zeitlichen Abläufen (4D-Modell) und unter Verwendung des Projekt-Prozesskostensatzes, Produktions-Prozesskostensatzes und der Elementkosten das 5D-Modell vervollständigt. Mittels Simulationsrechnung kann die optimale Bauzeit ermittelt werden.

Das Modell einer prozessorientierten Baukalkulation ermöglicht die zeitdynamische Kostenberechnung zur Ermittlung des Kostenminimums bei optimaler Bauzeit.

10. Prozessmanagement im Bauunternehmen

Mit den Grundlagen aus den Kapiteln 7 und 8 lässt sich für die Anwendung im Bauwesen nachstehende Prozesslandschaft entwickeln.

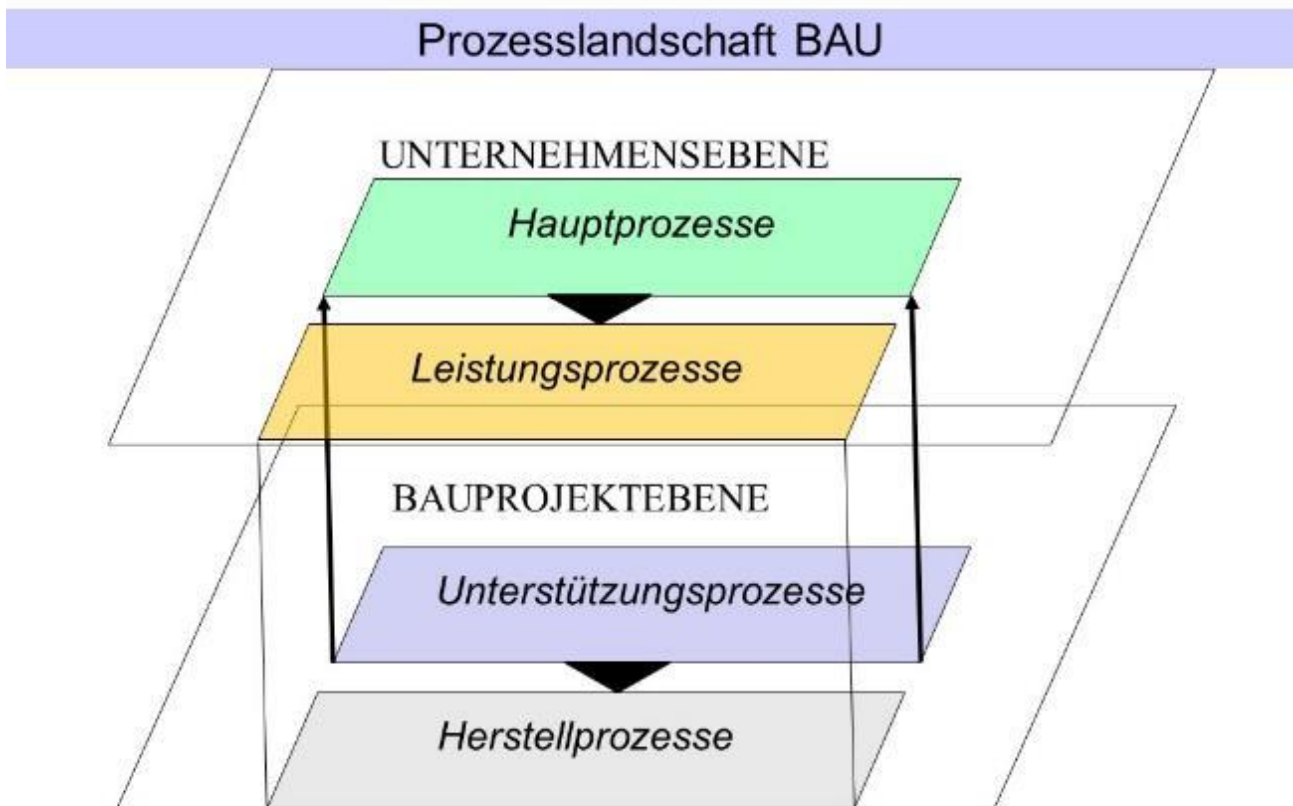


Abb. 36 Prozesslandschaft im Bauunternehmen

In der Abb. 36 sind die beiden Prozessebenen dargestellt, wie sie sich auf Grund der speziellen Situation, mit dezentraler Leistungserbringung, bei projektorientierten Bauunternehmen ergeben. Die Unternehmensebene beinhaltet Haupt- und Unterstützungsprozesse. Die Leistungsprozesse beinhalten alle Prozesse die im Auftragsfall ausgelöst werden. Die Bauprojektebene beinhaltet die reinen Herstellungsprozesse an der Baustelle und Unterstützungsprozesse.

10.1. Prozesslandkarte für ein Bauunternehmen

Im Bauunternehmen bilden vier Gruppen von Prozessen die Prozesslandkarte. Sie beinhaltet die (primären) Hauptprozesse bestehend aus Management- u. Kernprozessen⁵⁶, die (sekundären) Leistungsprozesse die nur im Auftragsfall auftreten, die unterstützenden (Support-) Prozesse im Bauunternehmen und die Herstell- und unterstützenden Prozesse an der Baustelle. Hauptprozesse und unterstützende Prozesse können sowohl objektunabhängig als auch objektabhängig sein.

Die Leistungsprozesse im Bauunternehmen werden erst ausgelöst, wenn ein Kundenauftrag vorliegt und ziehen die Herstellprozesse an der Baustelle als vierte Gruppe nach sich.

⁵⁶ [16] Karl Werner Wagner und Gerold Patzak, Performance Excellence, Carl Hanser Verlag München, 2007

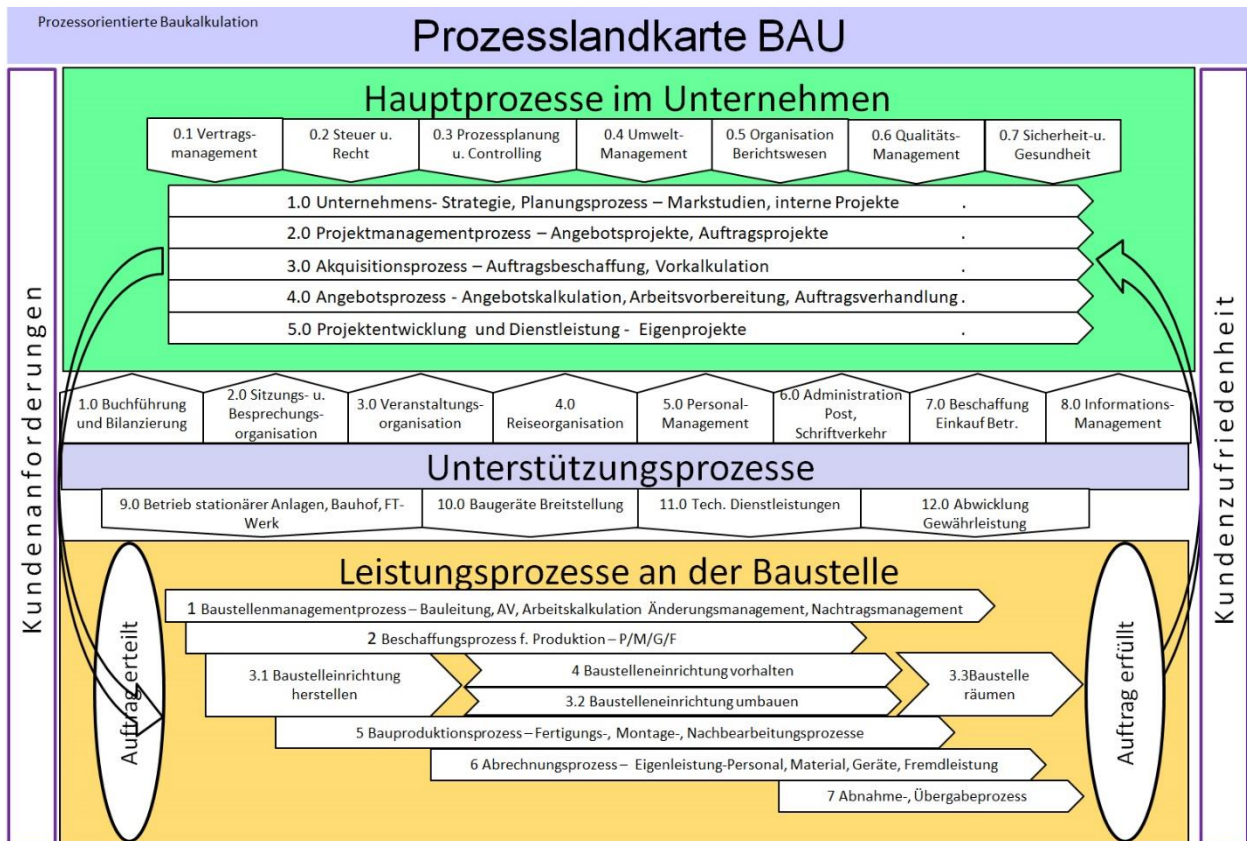


Abb. 37 Beispiel für eine Prozesslandkarte im Bauunternehmen

Die Abb. 37 zeigt abgeleitet aus dem Beispiel für eine Prozesslandkarte in Abb. 24 und auf Basis einer empirischen Erhebung bei einem österreichischen industriellen Bauunternehmen eine mögliche Gliederung der Prozesslandschaft eines Bauunternehmens sowie dessen Kundenorientierung (KVP) durch die Rückkoppelung über die Leistungsprozesse. .

Zu den Hauptprozessen im Bauunternehmen gehören die allgemeinen unternehmensbezogenen Managementprozesse 1.0 und die Kernprozesse 2.0 - 5.0 wie der Projektmanagementprozess, der Akquisitionsprozess, der Angebotsprozess und die Projektentwicklung von eigenen Projekten.

Der Projektmanagementprozess beinhaltet die Teilprozessgruppen gemäß Kapitel 7.5.2, Abb. 25, Seite 38.

Der Akquisitionsprozess beinhaltet die Teilprozesse der Auftragsbeschaffung und der Vorkalkulation.

Der Angebotsprozess beinhaltet die alle Teilprozesse bis zur Auftragsvergabe. In der Angebotsphase erfolgt die ausschreibungsabhängige, objektbezogenen Produktionsplanung der Baudurchführung mit der die Wirtschaftlichkeit der Ausführung bestimmt wird.

10.2. Hauptprozesse im Bauunternehmen

Eine weitere Detaillierung als dies in einer Prozesslandkarte möglich ist kann durch eine tabellarische Erfassung erfolgen. Die Hauptprozesse (HP) beinhalten weitere Teilprozesse (TP) die kostenorientiert zusammengefasst werden können.

BAUPROZESSGRUPPEN			
	TP	TEILPROZESSE	
HAUPTPROZESSE	HP	0.0	Hauptprozesse
	TEILPROZ.	0.1	Vertragsmanagement
		0.2	Steuer u.Recht
		0.3	Prozessplanung u.Controlling
		0.4	Umwelt Management
		0.5	Organisation u.Berichtswesen
		0.6	Qualitätsmanagement
		0.7	Sicherheit u. Gesundheit
	HP1	1.0	Unternehmenssteuerungsprozesse
	TP	1.1	U-Strategie
		1.2	U-Planungsprozess
		1.3	Interne Projekte
	HP2	2.0	Projektmanagementprozesse
	TEILPROZ.	2.1	Projektplanung
		2.2	Risikomanagementprozess
		2.3	Monitoring & Controlling
		2.4	Projektmarketing
		2.5	Projektkoordination
		2.6	Projektabschluss
	HP3	3.0	Akquisitionsprozess
	TP	3.1	Auftragsbeschaffung AV-Unterlagen
		3.2	Vorkalkulation
	HP4	4.0	Angebotsprozess
	TEILPR.	4.1	Angebotskalkulation
		4.2	Arbeitsvorbereitung Angebot
		4.3	Angebotsunterlagen erstellen
		4.4	Angebotsabgabe
		4.5	Auftragsverhandlung
HP5	5.0	Projektentwicklung u.DL - Eigenprojekte	

Abb. 38 Beispiel Haupt- und Teilprozesse im Bauunternehmen

Die Abb. 38 zeigt abgeleitet aus der Prozesslandkarte eine detailliertere tabellarische Auflistung der Haupt- u. Teilprozesse. Im Weiteren werden nur jene Prozesse detaillierter betrachtet, die für die Entwicklung einer Prozesskostenrechnung erforderliche Informationen erzeugen und damit relevant sind.

10.2.1. Projektmanagementprozess

Der Hauptprozess HP2 Projektmanagementprozess beinhaltet entsprechend dem internationalen Standard die sequenziellen Teilprozesse Projektplanung – Monitoring und Controlling – Projektabschluss. Zusätzlich sind über die gesamte Projektdauer der Risiko-u. Chancenmanagementprozess, Projektmarketing und Projektkoordination erforderlich.

Die Beeinflussbarkeit der Kosten in der Ausführungsphase ist nicht nur von der Fachplanung abhängig, sondern wird auch von der Arbeitsvorbereitung in der Planungs- und der Angebotsphase bestimmt. Die, auf Grund technologischer Abhängigkeiten berechnete, kürzest mögliche oder oft vertraglich vorgegeben Bauzeit verursacht höhere Kosten als die unter Beachtung des Kostenminimums ermittelte optimale Bauzeit. Eine Verlängerung der Bauzeit über dieses Optimum

führt, auf Grund der zeitabhängigen Kosten in der Ausführungsphase, zu einem weiteren Kostenanstieg.

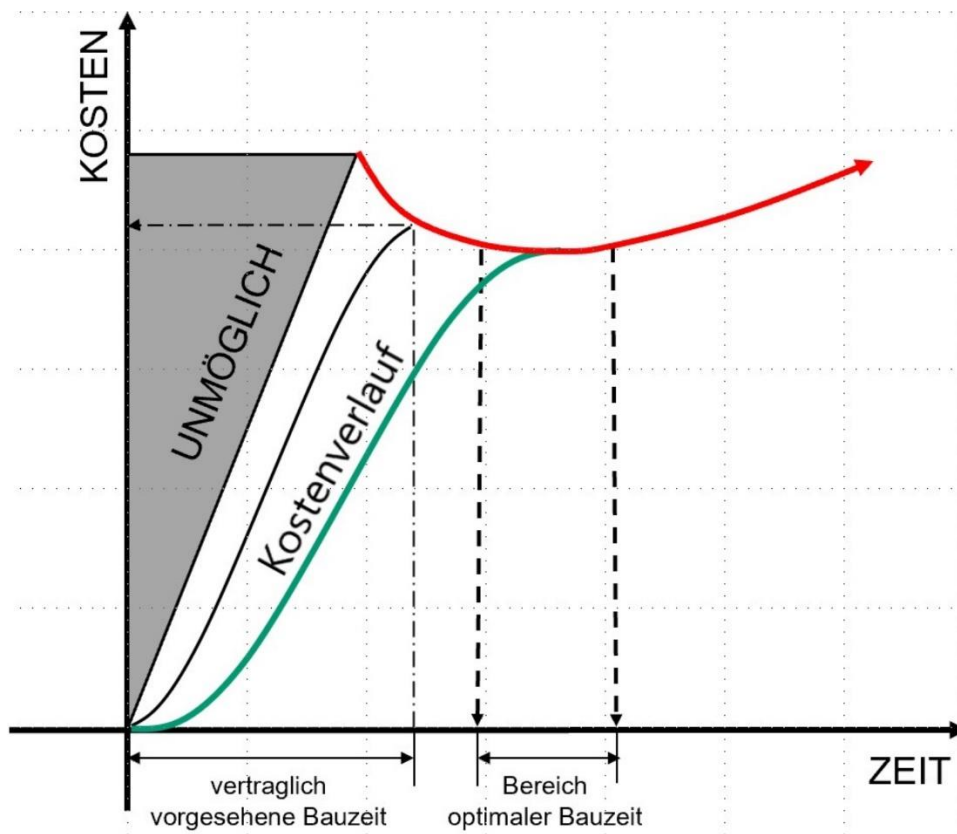


Abb. 39 Kosten des Unternehmers und Kostenverlauf in Abhängigkeit von der Bauzeit

Die in Abb. 39 dargestellte modifizierte Grafik⁵⁷ zeigt kombiniert diesen Zusammenhang und damit die Variabilität der Gesamtkosten in Abhängigkeit von der Bauzeit. Der Anfang der Kostenkurve ist durch die technisch kürzest mögliche Bauzeit gegeben. Durch den dafür erforderlichen Ressourceneinsatz entstehen die höchsten Kosten. Die zum Nachweis erforderliche Verknüpfung von Leistung – Termine – Kosten kann mit Hilfe der in Kapitel 7.5.2 beschriebenen Teilprozesse hergestellt werden.

10.2.1.1. Teilprozess Leistungsplanung - Objektstrukturplan

Abweichend vom internationalen Projektmanagement - Standard muss, auf Grund der bereits durch die Fachplanung vorliegenden physischen Ergebnisse, die Leistungsplanung bei Bauprojekten in zwei Schritten erfolgen. Zunächst wird aus der Fachplanung die Objektstruktur entwickelt und mit den zur Realisierung erforderlichen Prozessen zum Projektstrukturplan erweitert. Danach erfolgt die Termin- u. Ablaufplanung und erst im Anschluss daran die Ressourcenplanung.

Der projektspezifische Objektstrukturplan beinhaltet alle physisch greifbaren Ergebnisse, die dem Produkt Bauwerk, das an den Auftraggeber zur widmungsgemäßen Nutzung übergeben wird, entsprechen. Der Objektstrukturplan beinhaltet keine Prozesse oder Maßnahmen, wie z.B. die Baustelleneinrichtung oder Sicherungsmaßnahmen, die zur Herstellung des Objektes erforderlich sind.

⁵⁷ [21] Prof. DI Michael Duschel und DI Wolf Plettenbacher, Handbuch Arbeitsvorbereitung im Baubetrieb, Linde, 2012

Der Objektstrukturplan ist die hierarchische Aufgliederung des Objektes in Elemente ⁵⁷.

Elemente von Bauobjekten sind durch die funktionale Beschreibung abgrenzbar (z.B. Elemente des Rohbaumodells im 3D-Modell⁵⁸). Zu Gruppen zusammengefasst bilden sie Module (z.B. Geschosse im Hochbau) und alle Module das gesamte Objekt.

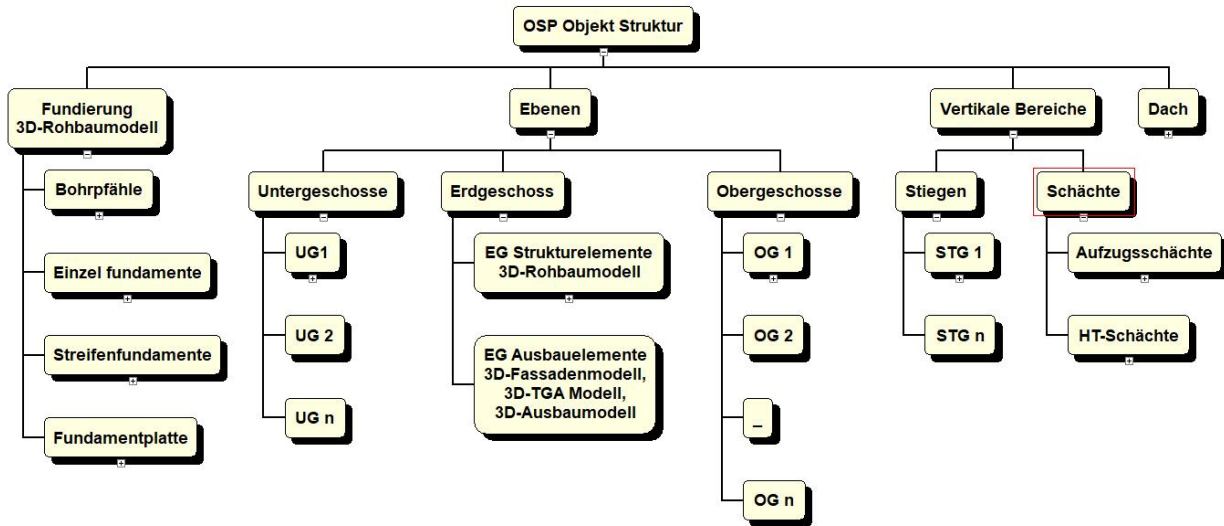


Abb. 40 Beispiel Objektstrukturplan Hochbau (Elemente)

Die Abb. 40 zeigt eine allgemeine Darstellung eines Objektstrukturplanes für ein Gebäude in Verbindung mit den 3D – Modellen aus Elementen und Modulen. Die reinen Materialkosten können auf Basis der Daten aus dem 3D-Modell mit der Objektstruktur ermittelt werden.

10.2.1.2. *Teilprozess Projektstrukturplan für Bauprojekte*

Die vom Auftraggeber gewählte Unternehmereinsatzform⁵⁹ bestimmt den Umfang und den Detaillierungsgrad des Projektstrukturplanes.

Der Projektstrukturplan beinhaltet die zur Herstellung des Bauobjektes erforderlichen Projektphasen und Prozesse. Ein Element des Objektstrukturplanes kann somit mehrfach in verschiedenen Phasen enthalten sein bzw. verschiedene Prozesse durchlaufen (Planung - Bewilligung – Ausschreibung & Vergabe – Beschaffung – Ausführung – Übergabe, Inbetriebnahme - IBN). Die wesentlichsten Kriterien der Strukturierung sind bei Bauobjekten die zeitlichen Phasen, die Topographie (Lage innerhalb des Gebäudes), die Funktion (z.B. Sanitärbereiche) und Gewerke (z.B. Malerarbeiten).

Der Projektstrukturplan ist bei Bauprojekten unsymmetrisch d.h. Planungs- und Ausführungsphase sind nicht gleich stark aufgegliedert und nach den Erfordernissen des Controllings in einzelnen Phasen auch unterschiedlich detailliert. Für die Termin- u. Kostenplanung der Ausführungsphase sind daher verschiedene Detaillierungsgrade (Level of Detail - LOD) in der Fachplanung des Objektes nach den Teilmodellen des BIM erforderlich.

⁵⁸ [15] Kerstin Hausknecht und Thomas Liebich, BIM Kompendium, Fraunhofer IRB Verlag, 2016

⁵⁹ [7] Wolfgang Oberndorfer, Hans Georg Jodl, Handwörterbuch der Bauwirtschaft: Interdisziplinäre Begriffswelt des Bauens, Austrian Standards Plus Publishing, 2010

Der Projektstrukturplan bildet die Grundlage des Termin- u. Ablaufplanes und stellt die Verknüpfung der physischen Ergebnisse bzw. Elemente mit den zur Erzielung der Ergebnisse erforderlichen Prozessen dar.

Die letzten Gliederungsebenen des Strukturbaumes beinhalten, je nach Detaillierungsgrad, Prozesse, Teilprozesse oder Tätigkeiten.

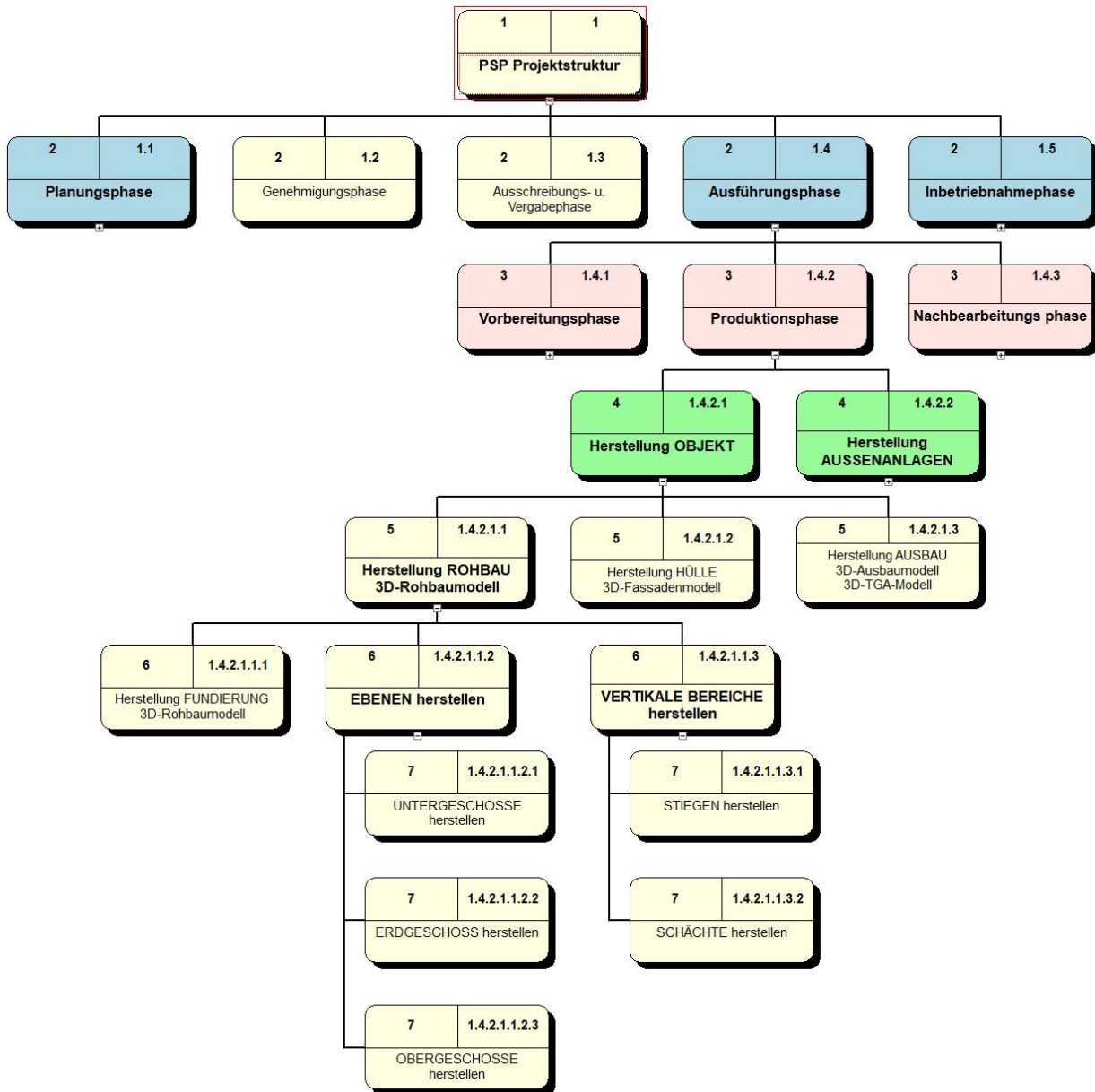


Abb. 41 Beispiel phasenorientierter Projektstrukturplan für einen Hochbau (Phasen und Prozesse)

Die Abb. 41 zeigt einen nach zeitlichen Phasen orientierten Projektstrukturplan für ein Bauprojekt. Die oberen Felder beinhalten die Gliederungsebene und den Strukturcode (PSP-Cose) sowie im unteren Feld die Vorgangsbeschreibung.

Die Produktionsphase beinhaltet im Rohbau die Elemente des Objektes aus dem 3D-Rohbaumodell. Der Teilprozess Herstellung FUNDIERUNG kann nach Erfordernis noch weiter detailliert werden. Er beinhaltet das Element Fundament und die zur Herstellung erforderlichen Prozesse und Tätigkeiten.

Der für die Herstellung erforderliche Vorbereitungsprozess - Baugrube herstellen - der zur Herstellung des Fundaments erforderlich ist, ist in der weiteren Detaillierungsebene enthalten.

Der Projektstrukturplan als Grundlage zur Terminplanung beinhaltet daher auch alle temporären Maßnahmen, die zur Herstellung des gesamten Objektes erforderlich sind.

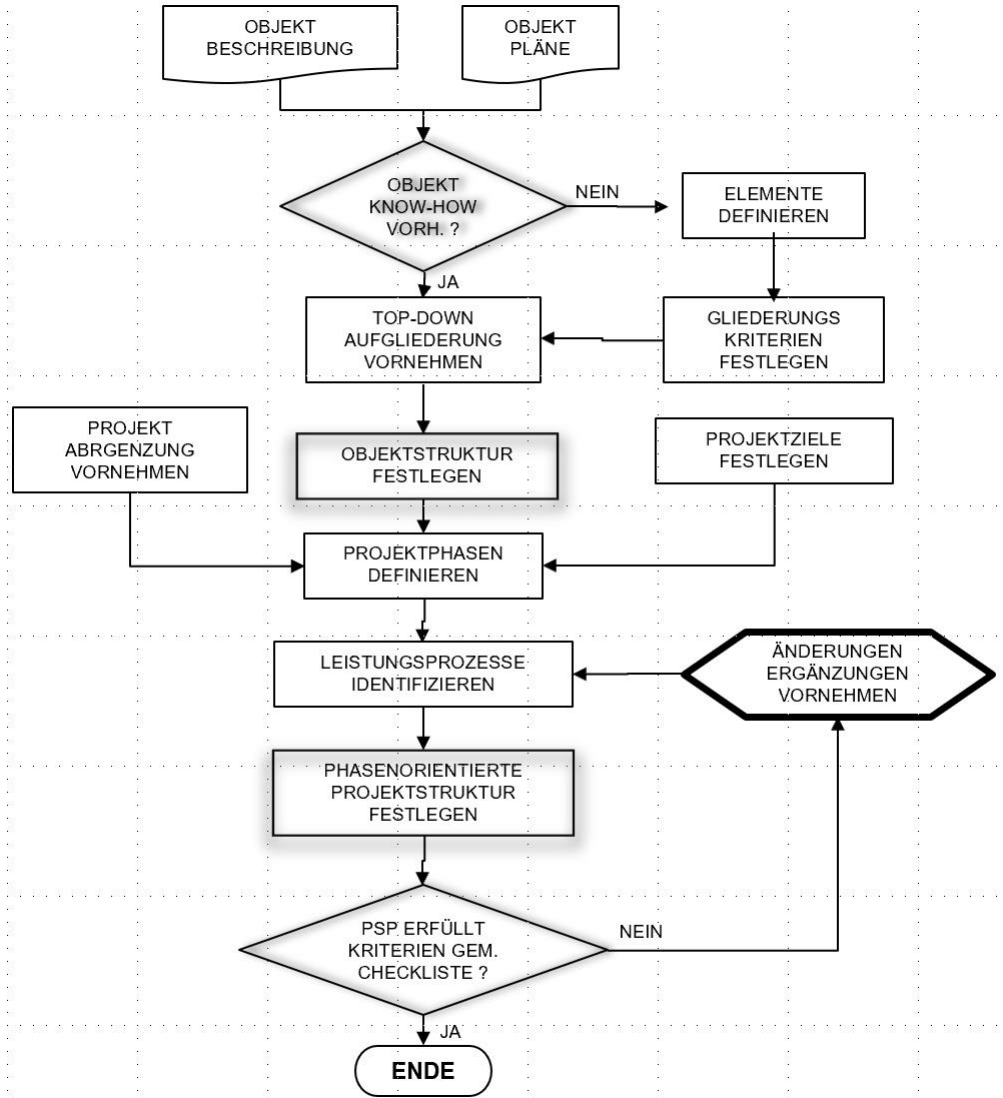


Abb. 42 Zusammenhang Objekt - Objektstruktur – Projektstrukturplan

Das in der Abb. 42 dargestellte Flussdiagramm zeigt die Prozessschritte zur Entwicklung eines Projektstrukturplanes, ausgehend von der 2D-Planung (Input) über die Objektstruktur zum Projektstrukturplan (Output)⁶⁰.

10.2.1.3. Teilprozess Terminplanung für die Ausführungsphase von Bauprojekten

Der Projektstrukturplan (PSP) wird zunächst durch die bei Bauprojekten üblichen Meilensteine⁶¹ (MS) ergänzt.

⁶⁰ [21] Prof. DI Michael Duschel und DI Wolf Plettenbacher, Handbuch Arbeitsvorbereitung im Baubetrieb, Linde, 2012

⁶¹ [26] „Netzplantechnik DIN 69900,“ Beuth Verlag, Begriff der Netzplantechnik

Meilensteine sind Ereignisse im Projektablauf, die durch vertragliche Vereinbarungen oder externe Ereignisse den Terminrahmen fixieren oder den Anfang, das Ende einer Projektphase und Schnittstellen zwischen Projektbeteiligten festlegen.

Mit der terminlichen Festlegung der Meilensteine wird die zeitliche Abgrenzung der Projektphasen vorgenommen und dann der Ablauf durch Eingabe der technologischen Abhängigkeiten und Festlegung der Reihenfolge von Arbeiten festgelegt.

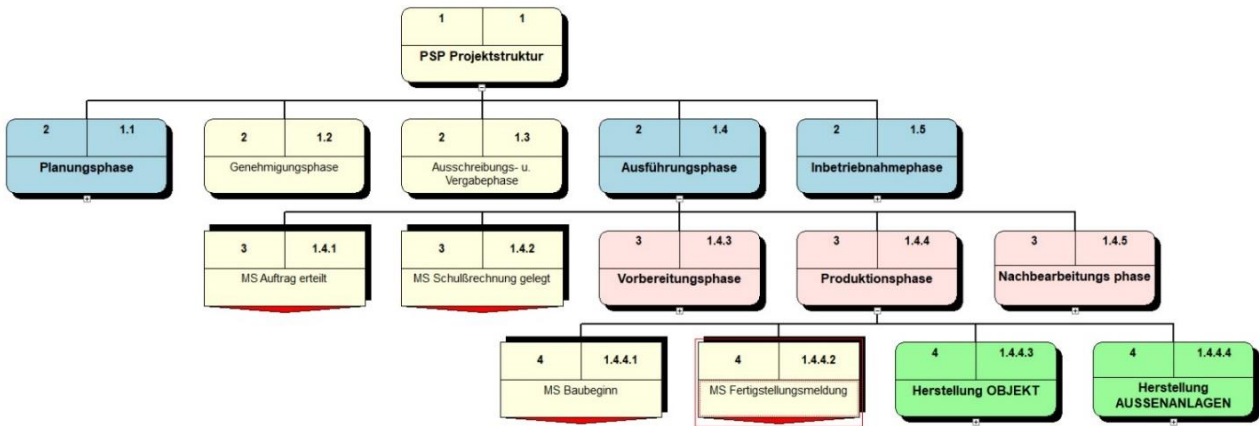


Abb. 43 Beispiel Projektstrukturplan mit Meilensteinen

Die Abb. 43 zeigt die Projektstruktur aus Abb. 41, erweitert um die für die zeitliche Abgrenzung erforderlichen Meilensteine (MS Auftrag erteilt, MS Schlussrechnung gelegt, MS Baubeginn, MS Fertigstellungsmeldung).

Die Definition von verschiedenen Kalendern und deren Zuordnung zu Vorgängen bzw. Tätigkeiten bildet bei Bauprojekten eine wesentliche Ergebnisgrundlage. Für die Terminplanung sind phasenabhängig unterschiedliche Detaillierungsgrade der jeweiligen Fachplanung relevant. Für die Ablaufplanung des Rohbaus ist es die statisch konstruktive Planung, für die Ausbauphase die architektonische und haustechnische Planung.

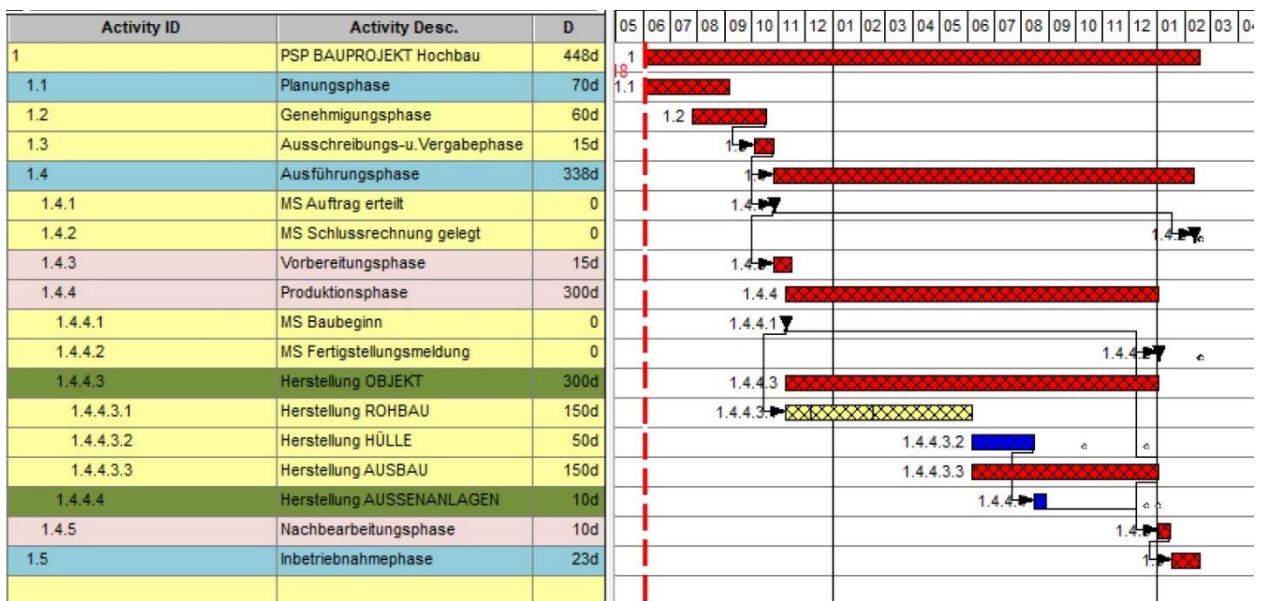


Abb. 44 Beispiel Terminplan Hochbau

Der in der Abb. 44 dargestellte Balkenplan zeigt die Umsetzung der phasenorientierten Projektstruktur aus Abb. 42 in einen verdichteten Terminplan. Die Vorgangsbeschreibungen (Feld - Activity Desc.) die mit MS beginnen sind Meilensteine, die im Balkenplan durch schwarze Dreiecke dargestellt sind. Die hierarchische Zusammenfassung durch einen Balken ermöglicht die Berechnung nicht bestimmbare Dauern von Detailabläufen im Projekt⁶².

Sie markieren Anfang und Ende eines Vorganges dessen Dauer sich erst durch Verknüpfung mit anderen Vorgängen errechnet.

In der Abb. 44 sind das die Vorgänge Ausführungsphase und Produktionsphase. Die rote strichlierte Linie zeigt den Projektstart an.

Aus dem hierarchischen Aufbau der Projektstruktur errechnet sich die Dauer der Ausführungsphase, die als zeitliche Bezugsgröße für den Einsatz eines Projekt-Prozesskostensatzes verwendet werden kann.

Alle angezeigten Dauern in der Spalte D sind aufgrund des hinterlegten Arbeitskalenders⁶³ nicht in Kalendertagen, sondern Arbeitstagen angegeben.

10.2.1.4. Teilprozess Einsatzmittel- u. Kostenplanung für Bauprojekte in der Ausführungsphase

Aus einer unüberschaubaren Anzahl von Einsatzmitteln die bei der Leistungserstellung zum Einsatz kommen, muss eine Auswahl der tatsächlich zu verplanenden Einsatzmittel erfolgen. Bei Bauprojekten sind dies primär Personal, Material, Geräte, Fremdleistung und Finanzmittel.

Die Zuordnung der Einsatzmittel zu Vorgängen erfolgt als Menge/Zeiteinheit oder als Menge über die Vorgangsdauer.

Die Einsatzmittelplanung bei Bauprojekten beschränkt sich meist auf die Planung des Personaleinsatzes zur Ermittlung des zeitabhängigen Bedarfs und auf die Anzahl der benötigten Arbeitskräfte bestimmter Qualifikation. Identifikation und Abdeckung von Bedarfsspitzen sind die Hauptziele.

Für ein vollständiges zeitabhängiges Kalkulationsmodell sind jedoch auch, entsprechend der Kostenarten, zusätzlich die Einsatzmittel Material, Gerät, Fremdleistung, Sonstiges und zeitabhängige Kostenkomponenten in Form von Prozesskostensätzen zu berücksichtigen.

Die Zuordnung eines zeitabhängigen Projekt-Prozesskostensatzes kann nicht auf Detailvorgangsebene erfolgen, sondern muss zur Kalkulation der projektspezifischen Gemeinkosten und Berücksichtigung eventueller zeitdynamischer Änderungen auf der verdichteten Ebene des Vorgangs Ausführungsphase erfolgen.

Die Verknüpfung der Elemente der 3D-Modelle mit der Termin- u. Ablaufplanung zur zeitdynamischen Darstellung als 4D-Modell kann ebenfalls durch Zuordnung der Elemente als Einsatzmittel bei den jeweiligen Vorgängen im Terminplan erfolgen.

Die elementbezogene Kostenkalkulation für das 5D-Modell kann über die Zuordnung der elementbezogenen Mengen aus dem 3D-Modell, die mit den Mengen des Leistungsverzeichnisses

⁶² [21] Prof. DI Michael Duschel und DI Wolf Plettenbacher, Handbuch Arbeitsvorbereitung im Baubetrieb, Linde, 2012

⁶³ Siehe <https://www.wko.at/branchen/gewerbe-handwerk/bau/arbeitskalender-2020.pdf>

und den im K7-Blatt kalkulierten Lohnkosten, Materialkosten, Gerätkosten und sonstigen Kosten verknüpft sind, durchgeführt werden.

Die derzeitige Aufgliederung der Kosten in Leistungsgruppen und Leistungspositionen in denen gleichartige Leistungen nach Material zusammengefasst sind, lässt keine direkte Verknüpfung mit den Vorgängen des Projektstruktur- bzw. Terminplanes zu.

10.2.2. Akquisitionsprozess

Die Kosten der Auftragsakquisition sind ein wesentlicher Bestandteil der Gemeinkosten. Gleichzeitig werden zu diesem Zeitpunkt auch erste Überlegungen zu den Herstellkosten des Objektes vorgenommen. Der Hauptprozess HP3 Akquisitionsprozess besteht nach der Beschreibung in der Prozesslandkarte aus den Teilschritten Auftragsbeschaffung und Vorkalkulation.

Eine weitere Aufgliederung der beiden Teilprozesse und deren detaillierte Darstellung erfolgt in Pfeilform. Je nach Umfang (Projektwert, Ausführungsdauer) der anzubietenden Objekte kann auch schon im Angebotsstadium eine projektorientierte Bearbeitung, unter Einsatz von Projektmanagementmethoden, eines Angebotes erforderlich sein.

In jedem Fall ist der Akquisitionsprozess abteilungsübergreifend

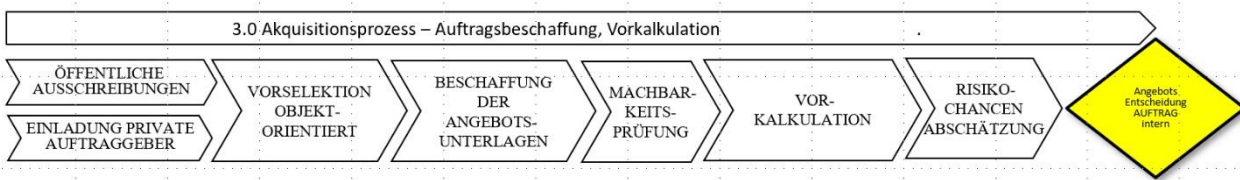


Abb. 45 HP 3.0 Akquisitionsprozess mit Teilprozessen im Bauunternehmen

In der Abb. 45 ist aus der Prozesslandkarte für das Bauunternehmen der Akquisitionsprozess entnommen und wird in weitere Teilprozesse aufgegliedert.

Die Beteiligung verschiedener Organisationseinheiten, und damit die Kostenzuordnung, kann durch Darstellung mit Hilfe der Business Process Model and Notation (BPMN) erreicht werden.

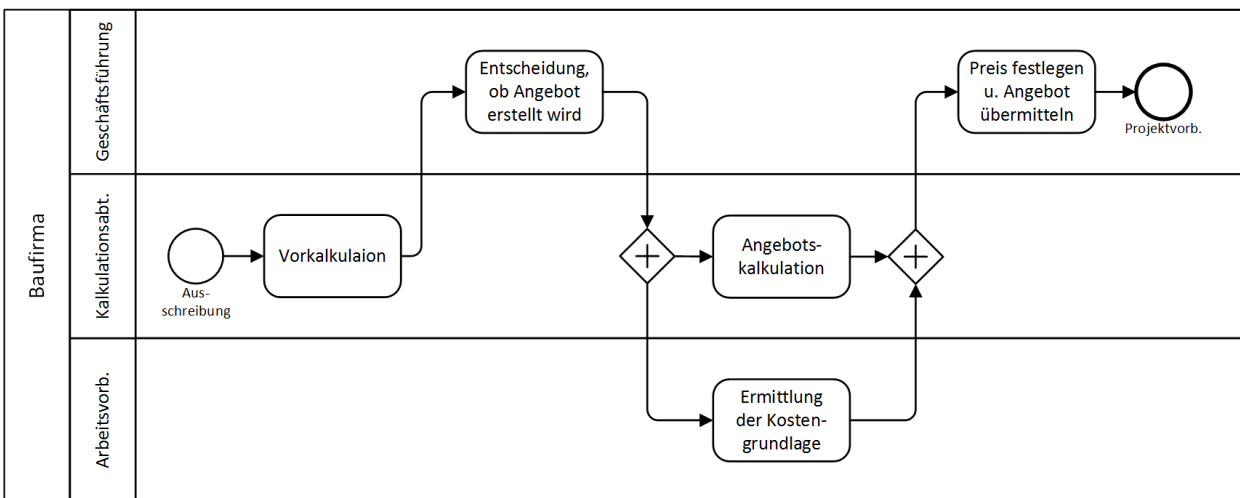


Abb. 46 Strategisches Prozessmodell Angebotsprozess Bauunternehmen

In der Abb. 46 erfolgt durch Darstellung der Teilprozesse in sogenannten Swim-Lanes die Verknüpfung mit den Organisationseinheiten des Bauunternehmens.

Sobald der Geschäftsführung (GF) eine Ausschreibung für ein Projekt bekannt ist und die Vorselektion gemäß strategischer Zielsetzung des Unternehmens erfolgte, wird bei Verfügbarkeit der Angebotsunterlagen in der Kalkulationsabteilung eine Vorkalkulation erstellt.

Als Teilprozess der Vorkalkulation wird auf Basis der eigenen Nachkalkulation und Kostenstruktur mit Hilfe von Richtwerten ein Kostenrahmen ermittelt. Mit Hilfe dieses Kostenrahmens und dessen Variabilität werden durch die Geschäftsführung die Marktchancen eingeschätzt. Darauf basierend trifft die Geschäftsführung eine Entscheidung, ob für das ausgeschriebene Objekt ein Angebot erstellt werden soll. An dieser Stelle kann der Angebotsprozess auch abgebrochen werden. Die dafür angefallenen Kosten wären den Akquisitionskosten und damit den allgemeinen GGK zuzuordnen.

10.2.3. Angebotsprozess

Fällt die Entscheidung zu Gunsten einer Angebotsbearbeitung, so beginnt der Teilprozess der Angebotskalkulation.

10.2.3.1. *Kundenbeziehungen (Auftraggeber)*

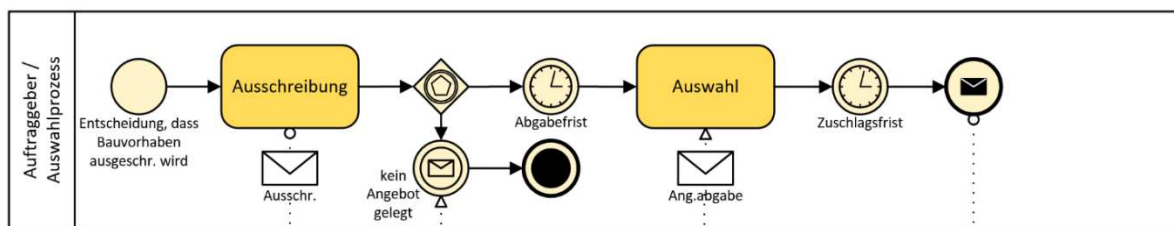


Abb. 47 Schematische Darstellung des Angebotsprozesses auf AG Seite

Die obige Abb. 47 zeigt den Prozess auf Auftraggeberseite vom Auslöser bis zum Output (Briefsymbol) in Form des Auftragsschreibens an den Auftragnehmer. Die Kenntnis des Prozesses auch auf Auftraggeberseite ist zur inhaltlichen und zeitlichen Abgrenzung gegenüber dem Auftragnehmer notwendig.

Auf Seite des Auftraggebers beginnt mit der Entscheidung der GF ein Angebot abzugeben und dem internen Auftrag der Prozess zur Erstellung des Angebotes. Die Kalkulationsabteilung beginnt mit der Bearbeitung des Leistungsverzeichnisses und parallel dazu die Arbeitsvorbereitung mit der Ermittlung der Kostengrundlagen zum Angebot (Festlegung des Fertigungsverfahrens, Terminplanung, Kosten der Baustelleneinrichtung, ev. Ausführungsvarianten).

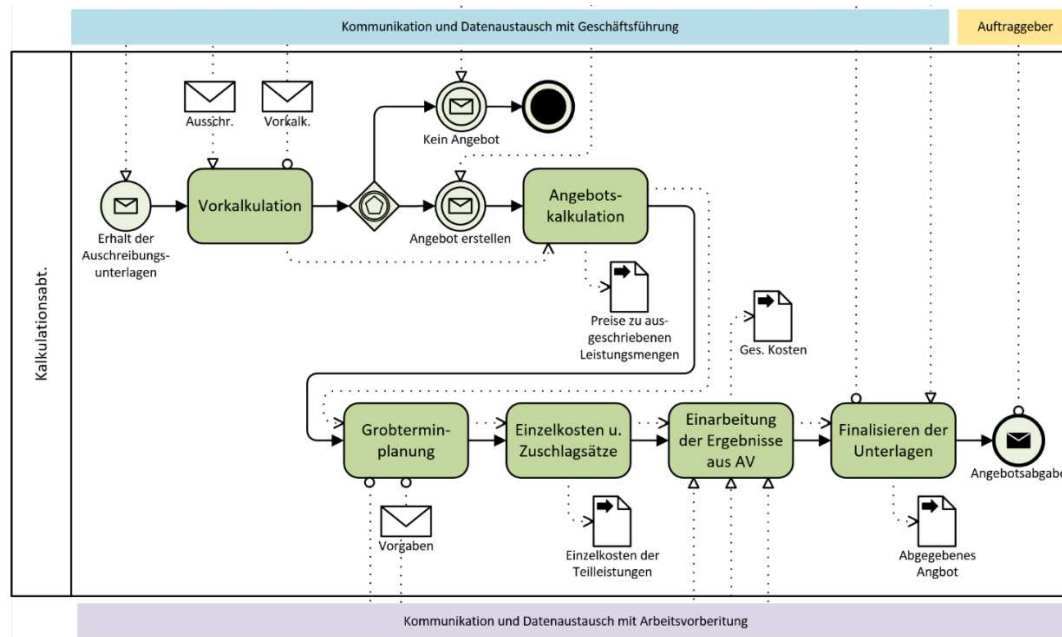


Abb. 48 Beispiel für ein operatives Prozessmodell für den Angebotsprozess

Die obige Darstellung Abb. 48 enthält die Teilschritte und Ergebnisse nach der traditionellen Vorgangsweise der Angebotsbearbeitung im Bereich der Kalkulationsabteilung.

Es folgt, auf Grund der terminlichen Vorgaben, die Festlegung eines Terminrahmens und eine Kapazitätsabschätzung. Im Anschluss daran werden die Einzelkosten der Teilleistungen ermittelt.

Mit der Grobterminplanung wird überprüft, ob die Leistungserbringung in dem vom Auftraggeber vorgegebenen Terminrahmen überhaupt machbar ist. Mit Hilfe von ablauftechnischen und kapazitiven Überlegungen wird die Minimierung der Kosten für die Ausführung angestrebt.

Mit den aus der Betriebsabrechnung ermittelten Zuschlagsätzen für die Geschäftsgemeinkosten werden die Einzelkosten der Teilleistungen ermittelt.

Als weitere Ergebnisse werden die einmaligen und zeitabhängigen Kosten der Produktionsanlage Baustelleneinrichtung in das Angebot eingearbeitet.

10.2.4. Teilprozess Arbeitsvorbereitung in der Angebotsphase

Die für eine prozessorientierte Kalkulation notwendigen Informationen werden in den Teilprozessen der Arbeitsvorbereitung produziert.

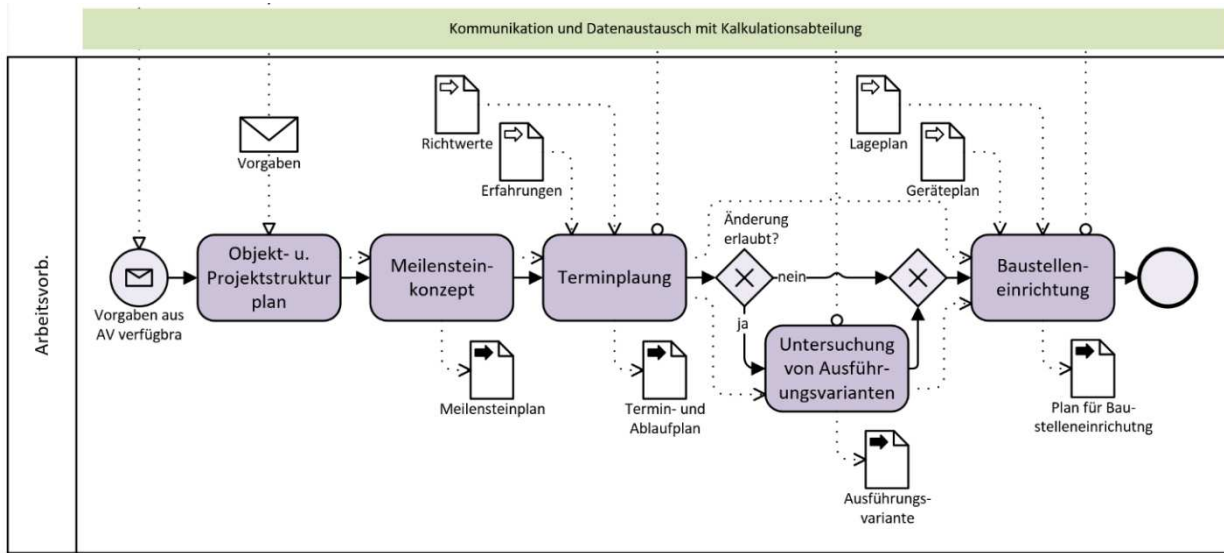


Abb. 49 Operatives Prozessmodell der AV im Angebotsprozess

Die obige Darstellung Abb. 49 enthält die Teilschritte und Ergebnisse nach der traditionellen Vorgangsweise der Angebotsbearbeitung im Bereich der Arbeitsvorbereitung.

Als Instrument zur Analyse aller planbaren Aktivitäten/Tätigkeiten innerhalb einer Organisationseinheit und deren Zuordnung zu den Prozessen dient ein Aufgabenstrukturplan der für jede Kostenstelle erstellt werden kann und aus dem die Teilprozesse abgeleitet werden können.

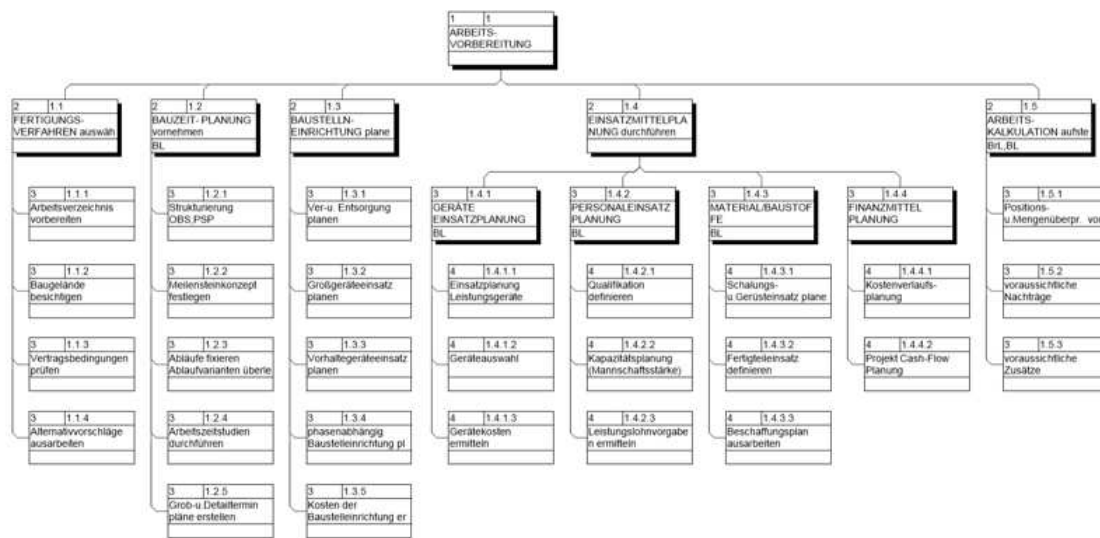


Abb. 50 Traditioneller Aufgabenstrukturplan für die zentrale Kostenstelle Arbeitsvorbereitung

Der in Abb. 50 dargestellte Aufgabenstrukturplan gibt einen Überblick über alle Tätigkeiten der Arbeitsvorbereitung aus denen nach projektspezifischen Erfordernissen Tätigkeiten ausgewählt und Prozesse identifiziert werden können. Die Arbeitsvorbereitung in der Angebotsphase liefert wesentliche Grundlagen für die Kostenkalkulation und Preisermittlung.

Der Einsatz einer prozessorientierten Kostenkalkulation verlagert, durch die zeitabhängige Kalkulation von Kosten, einen weiteren Teil der Kalkulation zur Arbeitsvorbereitung. Durch die integrierte Planung von Terminen und Kosten mit Hilfe von Projektmanagementsoftware kann die Zeitabhängigkeit der

Geschäftsgemeinkosten und der Baustellengemeinkosten berücksichtigt und damit die Erstellung eines zeitdynamischen 5D-Modells erreicht werden.

Mit den im 3D-Planungsprozess entstehenden Daten (Abmessungen, Qualität) werden die grundlegenden Parameter (Mengen, Anzahl der Bauelemente etc.) für eine elementbasierte Kostenkalkulation festgelegt. Zusammen mit den zeitabhängigen Kosten ergeben sich daraus die Herstellkosten für das jeweilige Objekt.

Prozessbeschreibung: Arbeitsvorbereitung in der Angebotsphase D Durchführung
 ABGRENZUNG: Angebotsphase E Entscheidung
 Version: Entwurf I Information
 Datum: TT.MM.JJJJ M Mitarbeit

ZIELSETZUNG	Überprüfung der Machbarkeit des vorgegebenen Terminrahmens, Entscheidungsgrundlage für Angebotslegung						
Prozessverantwortl.:	Name N.N.(Leiter AV, Abt.-L, Bereichs-L)						
Beginn	Anfrage der Kalkulationsabteilung						
Ende	Angebotsunterlagen erstellt						
INPUT	Ausschreibungsunterlagen wie Einreichpläne, Ausschreibungs-LV, Baubeschreibung, Terminvorgaben, Fristen, ev. Fertigungsverfahren						
Prozessschritt	Tätigkeit	Leiter(Abt./Bier.)	Kalkulant	Bauführer	Arbeitsvorb.	Polier	Dokumente Werkzeug Hilfsmittel
START	Übernahme der Unterlagen						
Teilschritt 1	Objektstrukturplan erstellen, Projektphasen definieren, Projektstrukturplan aufstellen Output 1 Projektstrukturplan		M	I	D		Pläne, LV, SW objektspez. Std-PSP Checkliste Leistungspl.
Teilschritt 2	Meilensteinkonzept entwickeln, Terminrahmen definieren, Zwischentermine festlegen Output 2 Meilensteinplan		M	I	D		Terminvorgaben objektspez. Std.-MS Kalender
Teilschritt 3	Vorgangsdauern festlegen, Projektkalender definieren, ev. Arbeitsrichtung, Reihenfolge festlegen, Anordnungsbeziehungen eing. Output 3 Grobterminplan		I		M	D	Richt-, Erfahr.-werte objektspez. Std.-Abl. PM-Software Checkliste TPL
Teilschritt 4	Untersuchung von Ausführungsvarianten, Einsparungspotenzialen, Ablaufoptimierungen Output 4 Ausführungsvariante		M	I	M	D	Formulare Textverarbeitung Tabellenkalkulation
Teilschritt 5	Planung Großgeräteeinsatz, Vorhaltegeräte, sonstige Baustelleneinrichtung Output 5 Kosten der Baustelleneinrichtung Produktions-Prozesskostensatz		M	I	M	D	K6, K6A, OBGL, Unternehmens bezogen Gerätedaten
Teilschritt 6	Integrierte prozessorientierte Kostenkalkulation, Anwendung des Projekt-Prozesskostensatz, Produktionsprozesskostensatz, Kalkulation der Elementkosten Output 6 Prozessorientierte Herstellkosten		M	M	I	D	3D-Software Projektmanagementsoftware Tabellenkalkulation
Teilschritt 7	Zusammenstellung der Unterlagen, Dokumentation der Annahmen, Archivierung für Auftragsfall Output 7 Zusammenstellung der Unterlagen		I	I	M	D	Formulare Textverarbeitung Tabellenkalkulation
ENDE	Übergabe der Unterlagen zum Angebot						
OUTPUT	Ergebnisse						
	Projektstrukturplan, Meilensteinplan, Grobterminplan, ev. Ausführungsvariante, Kosten der Baustelleneinrichtung, Herstellkosten des Objektes						
direkt nachgel. Prozesse	Terminplanung						
Folgeprozesse	Baustelleneinrichtungsplanung, Ressourcenplanung, Arbeitskalkulation						

Abb. 51 Detaillierte Prozessbeschreibung für die AV bei einer prozessorientierten Kalkulation in der Angebotsphase

In der in Abb. 51 abgebildeten Prozessbeschreibung werden den Teilschritten die Aufgaben den Beteiligten zugeordnet und die zur Bewältigung erforderlichen Dokumente, Werkzeuge und Hilfsmittel angegeben.

Aus dem 3D-Modell wird, dem Teilprozess Leistungsplanung entsprechend, zur Beschreibung der Leistung ein Objektstrukturplan (OSP) erstellt. Daraus wird, auf Basis der inhaltlichen und zeitlichen Abgrenzung, nachfolgend der Projektstrukturplan (PSP) erstellt. Er beinhaltet die zeitlichen Phasen und erforderlichen Prozesse der Leistungserstellung. Es folgt die Erstellung des Meilensteinkonzeptes und der Daten-Output Meilensteinplan.

Für die anschließende Grobterminplanung greift man auf Richt- und Erfahrungswerte vergangener Projekte zurück. Output ist ein Termin- u. Ablaufplan auf Basis eines Netzplanes der in Form eines Balkenplanes (GANTT-Chart), der Kalkulationsabteilung übermittelt und gleichzeitig gespeichert wird, um später wieder auf diese Informationen zurückgreifen zu können.

Die Bau-Dauer (Ausführungsphase) wird auf Basis dieses Netzplanes, unter Berücksichtigung etwaiger Vorgaben durch den Auftraggeber, errechnet.

Der Termin- u. Ablaufplan bildet eine wesentliche Grundlage für die nachfolgende Prozesskostenkalkulation.

Mit der Auswahl bzw. Vorgabe des Fertigungsverfahrens sind bereits die wesentlichen Parameter für den Ressourceneinsatz bekannt.

Nachdem die Materialmengen im Leistungsverzeichnis vorgegeben sind, bleiben als disponierbare Größen nur der Personal- und Geräteinsatz. Weitere Kostenkomponenten wie z.B. die Kosten für den Schalungseinsatz können für die Kalkulation der Einzelkosten der Teilleistungen (K7-Blatt ⁶⁴) geliefert werden.

Überlegungen zu etwaigen Auswirkungen aus dem Effekt der Einarbeitung auf die Kalkulationsgrundlagen, durch wiederholte Durchführung gleichartiger Herstellprozesse, können in diesem Stadium ebenfalls angebracht sein.

Für eine Prozesskostenkalkulation relevante Ergebnisse des Einsatzes der AV sind die Bau-Dauer, die zeitgebundenen Kosten der Baustelleinrichtung, das 4D-Modell als Grundlage für die Berechnung eines zeitabhängigen Kostenverlaufs.

Im Auftragsfall ist eine weitere detailliertere Überarbeitung der ursprünglichen Planung erforderlich.

Die Auswahl des Fertigungsverfahrens bestimmt die weitere Planung des Bauproduktionsprozesses. Mit der Festlegung des Fertigungsverfahrens wird eine Termin- u. Ablaufplanung möglich, die entweder nach den Vorgaben des AG oder unter Berücksichtigung des ökonomischen Minimalprinzips, den Ressourceneinsatz bestimmt.

Im Teilschritt 5 wird die Produktionsanlage Baustelleinrichtung nach den durch die Kalkulationsabteilung ermittelten Erfordernissen dimensioniert. Die weitere Produktionsplanung dient zur Bestimmung der kalkulatorischen Vorgaben für den Ressourcenverbrauch (Aufwand Teilleistungen, Gesamtlohnstunden, Vorhaltezeit Geräte, Geräteinsatz Leistungsgeräte, etc.).

Der Zusammenhang zwischen Leistung – Termine – Kosten/Ressourcen – Baustelleinrichtung wird durch das magische Dreieck verdeutlicht.

⁶⁴ [6] ÖNORM B 2061, "Österreichisches Normungsinstitut (ON), 1999

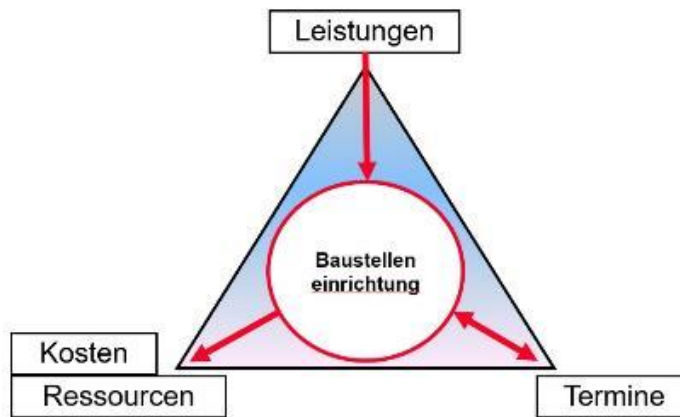


Abb. 52 Abhängigkeit der Kosten und Ressourcen von der Baustelleneinrichtung

Die Abb. 52 zeigt den Einfluss des Leistungsumfanges und der Terminvorgaben auf die Dimensionierung der Baustelleneinrichtung. Über die wechselseitige Abhängigkeit von Baustelleneinrichtung und Terminplanung wird der erforderliche Ressourceneinsatz und damit die Kosten bestimmt.

In der Regel bestimmen die technischen Randbedingungen der Konstruktion die Auswahl des Fertigungsverfahrens und die terminlichen Vorgaben des Auftraggebers den zeitlichen Rahmen. In einem iterativen Prozess über zumindest zwei Annäherungsschritte kann das Ziel des Kostenminimums bei optimaler Bau-Dauer erreicht werden. Die Dimensionierung der Produktionsanlage Baustelleneinrichtung wird primär von den Faktoren Bauzeit – Bauvolumen – Personaleinsatz bestimmt. Die integrierte Planung von Leistung - Terminen – Kosten bildet den letzten Schritt in der Bearbeitung während der Angebotsphase.

Die nachstehend beschriebene Vorgangsweise ist als Basis für den Einsatz einer Prozesskostenkalkulation für die Bauproduktion erforderlich.

10.3. Leistungsprozesse an der Baustelle

Die Auftragserteilung bildet den Auslöser für den Start der Leistungsprozesse. Input sind die in der Angebotsphase erarbeiteten Unterlagen. Die weitere Bauproduktionsplanung erfolgt Top-Down zur Erzielung des in Abb. 39 dargestellten unternehmensspezifischen Kostenminimums.



Abb. 53 Prozesslandkarte für Baustelle

Der in Abb. 53 abgebildete Auszug aus der Prozesslandkarte BAU zeigt die Haupt- u. Unterstützungsprozesse der Baustelle und bildet die Grundlage für die weitere Aufgliederung der Leistungsprozesse.

Eine weitere tabellarische Detaillierung auf Basis der Prozesslandkarte soll die für eine Prozesskostenrechnung relevanten (repetitiven) Leistungsprozesse aufzeigen.

LEISTUNGSPROZESSE				
	TP	TEILPROZESSE		
LP	LEISTUNGSPROZESSE			
	TP	TEILPROZESSE		
LEISTUNGSPROZESSE	LP1	1.0	Baustellenmanagement	
	TEILPROZ.	1.1	Bauleitung	
		1.2	Aufsicht produktives Personal	
		1.3	Administration	
		1.4	Arbeitsvorbereitung Ausführung	
		1.5	Auftrags-Arbeitskalkulation	
		1.6	Änderungsmanagement	
		1.7	Nachtragsmanagement	
		1.8	Koordination (Eigen-u.Fremdleistung)	
		1.9	Auftraggeber Kommunikation	
	LP2	2.0	Produktionsmittel beschaffen	
	TEIL-PROZESSE	2.1	Betriebsmittel beschaffen	
		2.2	Personal beschaffen	
		2.3	Material beschaffen	
		2.4	Maschinen, Geräte beschaffen	
		2.5	Fremdleistung beschaffen	
		2.6	Einrichtung,Ausstattung beschaffen	
	LP3	3.0	Produktionsanlage herst.-umb.-abbauen	
	TEILPROZESSE	3.1	Baustelle einrichten	
		3.2	Baustelleneinrichtung umbauen	
		3.3	Baustelle räumen	
	LP4	4.0	Baustelleneinrichtung vorhalten	
	LP5	5.0	Bauproduktion - Objektherstellung	
	LP6	6.0	Abrechnungsprozess	
	TEIL PR.	6.1	Leistungsfeststellung	
		6.2	Abrechnungsunterlagen erstellen	
		6.3	Rechnungslegung	
	LP7	7.0	Abnahme-Übergabeprozess	
	TEIL PR.	7.1	Funktionskontrollen	
		7.2	Mängelfeststellung	
7.3		Abnahmeprotokoll		

Abb. 54 Beispiel für Leistungsprozesse an der Baustelle mit Detaillierung für LP1,2,6,7

In der in Abb. 54 abgebildeten Tabelle werden zunächst jene Prozesse detaillierter dargestellt, die nicht unmittelbar mit der Bauproduktion zusammenhängen. Es sind dies LP1, LP2, LP6 und LP7.

Der Leistungsprozess LP3 Produktionsanlage herstellen – umbauen – abbauen setzt sich aus den Teilprozessen Baustelle einrichten – Baustelleneinrichtung umbauen – Baustelle räumen zusammen.

Der Leistungsprozess LP4 betrifft ausschließlich die Bauproduktion – Objektherstellung.

10.3.1. Produktionsanlage Baustelleneinrichtung

10.3.1.1. Prozessanalyse LP3 Produktionsanlage herstellen, umbauen, abbauen

Die Kosten der Errichtung der Produktionsanlage (Baustelle einrichten) kann, auf Grund der Unterschiedlichkeit der Produkte/Objekte und ihrer Elemente, nicht über einen Prozesskostensatz auf das Produkt/Objekt bzw. Bauelement umgelegt werden.

LEISTUNGSPROZESSE			
LP	TP	TEILPROZESSE	
LEISTUNGSPROZESSE			
TEILPROZESSE			
LP1	1.0	Baustellenmanagement	
LP2	2.0	Produktionsmittel beschaffen	
LP3	3.0	Produktionsanlage herst.-umb.-abbauen	
LEISTUNGSPROZESSE	TEILPROZESSE	3.1	Baustelle einrichten
		3.1.1	Baugelände freimachen
		3.1.2	Antransport Container, Geräte
		3.1.3	Aufbau Container, Geräte, Hilfskonstr.
		3.1.4	Zufahrten, Wege, Zäune herstellen
		3.1.5	Lagerflächen herrichten
		3.1.6	Fundamente f.Ger., Cont. etc. herstellen
		3.1.7	Erstausstattung mit Betriebsmittel
		3.2	Baustelleneinrichtung umbauen
		3.2.1	Geräte umsetzen
		3.2.2	Lagerflächen verlegen
		3.2.3	Leitungen verlegen
		3.3	Baustelle räumen
		3.3.1	Abtransport Container, Geräte
		3.3.2	Abbau Zufahrten, Zäune
		3.3.3	Abbruch Fundamente, Hilfskonstr.
		3.3.4	Wiederherstellung
LP4	4.0	Baustelleneinrichtung vorhalten	
LP5	5.0	Bauproduktion - Objektherstellung	
LP6	6.0	Abrechnungsprozess	
LP7	7.0	Abnahme-Übergabeprozess	

Abb. 55 Teilprozesse des LP3 Produktionsanlage -Baustelleneinrichtung herstellen, umbauen, räumen

Die Abb. 55 zeigt die aufgegliederten Teilprozesse der Produktionsanlage Baustelleneinrichtung für einrichten, umbauen und räumen.

Die Kosten der Teilprozesse Baustelle einrichten – Baustelle räumen hängen mit der Dimensionierung der Baustelleneinrichtung, der Objektgröße und Geometrie des Objektes zusammen. Beide Prozesse verursachen einmalige Kosten, für die keine unmittelbare Zuordnung über einen Prozesskostensatz zur Herstellung (Produktion) des Objektes möglich ist.

Ebenso ist es nicht sinnvoll die Kosten für das eventuell erforderliche Umbauen der Produktionseinrichtung (Baustelle räumen & Wiederherstellung) auf Grund der Einmaligkeit und dem zeitlichen Anfall durch einen Prozesskostensatz abzubilden.

10.3.1.2. Prozessanalyse LP4 Produktionsanlage betreiben

Für die Kosten des Betriebes der Produktionsanlage Baustelleneinrichtung (im bauwirtschaftlichen Sprachgebrauch: Vorhalten der Baustelleneinrichtung) kann jedoch ein Zusammenhang zu den Herstellprozessen hergestellt werden. Die Inanspruchnahme der Produktionsanlage wird nicht nur durch die Herstellungsdauer, sondern auch durch die Anzahl der Herstellprozesse und deren Ressourcen, Umfang und Parallelität beeinflusst. Erste Festlegungen dazu erfolgen in der Angebotsphase.

Die zeitgebundenen Kosten der Baustelleneinrichtung beinhalten sowohl periodisch fixe (z.B. Bewachung) als auch variable (z.B. Energieverbrauch) als Prozess nicht darstellbare, Anteile. Die pro Zeitintervall fixen Anteile sind von Anzahl und Größe der Elemente der Baustelleneinrichtung (z.B. Container) abhängig, während die variablen Anteile von der Intensität des Bauablaufes und damit von der Beanspruchung der Baustelleneinrichtung durch die Produktionsprozesse abhängen.

		LEISTUNGSPROZESSE	
		TP	TEILPROZESSE
LEISTUNGSPROZESSE	LP	LEISTUNGSPROZESSE	
		TP	TEILPROZESSE
	LP1	1.0	Baustellenmanagement
	LP2	2.0	Produktionsmittel beschaffen
	LP3	3.0	Produktionsanlage herst.-umb.-abbauen
	TEILPROZESSE	3.1	Baustelle einrichten
		3.2	Baustelleneinrichtung umbauen
		3.3	Baustelle räumen
	LP4	4.0	Baustelleneinrichtung vorhalten
		4.1	Vorhaltegeräte betreiben, warten
		4.2	Stationäre Anlagen betreiben, warten
		4.3	Container, Baracken
		4.4	Fahrzeuge betreiben
		4.5	Bewachung
		4.6	Winterbetrieb sicherstellen
	LP5	5.0	Bauproduktion - Objektherstellung
	LP6	6.0	Abrechnungsprozess
LP7	7.0	Abnahme-Übergabeprozess	

Abb. 56 LP4 Baustelleneinrichtung vorhalten aufgegliedert in Teilprozesse

Die Abb. 56 zeigt die Teilprozesse für den Betrieb der Baustelleneinrichtung die mit Kosten verbunden sind, auch wenn keine Bauleistung stattfindet.

10.3.2. Bauproduktion-Objektherstellung und Prozesse

Die Herstellung eines Objektes setzt sich, aus der Herstellung von Elementen die zu Modulen zusammengefasst werden können, zusammen. Die Herstellung eines Elementes setzt sich aus weiteren Prozessarten zusammen. Es sind dies Vorbereitungsprozesse zur Fertigung, die reinen Fertigungsprozesse von Elementen an der Baustelle (Vorfertigung oder in Situ), Nachbearbeitungsprozesse von Elementen, Montageprozesse an der Baustelle von bereits vorgefertigten Elementen.

Unter Fertigungsprozessen versteht man die Verarbeitung von Material, unter Einsatz von Personal und Geräten, zu Bauteilen oder Elementen am Produktionsstandort. Nachbearbeitungsprozesse beinhalten Tätigkeiten an bereits vorhandenen Elementen. Bei Bauprojekten ist dies die Vervollständigung der Elemente gemäß der Spezifikation und Qualitätsdefinition nach den 3D-Modellen.

Vom Hauptprozess Objektherstellung ausgehend kann die weitere hierarchische Aufgliederung in Modulprozesse und Elementprozesse, die ihrerseits Aktivitäten / Tätigkeiten zur Herstellung der einzelnen Bauelemente beinhalten, vorgenommen werden.

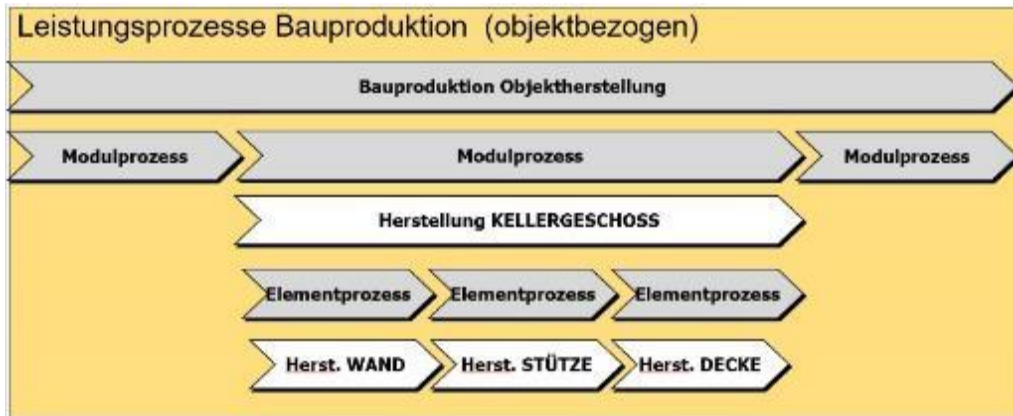


Abb. 57 Beispiel für Modul-u. Elementprozesse bei der Bauproduktion

Die Abb. 57 zeigt die weitere Aufgliederung eines Objektes in Modulprozesse und Elementprozesse am Beispiel eines Kellergeschosses. Ein Modul eines Bauwerks ist die Zusammenfassung mehrerer Elemente zu einer Einheit. Im vorliegenden Beispiel das Kellergeschoss. Der Modulprozess umfasst alle Teilprozesse die zur Herstellung erforderlich sind.

Der Elementprozess besteht aus weiteren Teilprozessen, die im Gesamten den Endzustand der Wand ergeben.

Handelt es sich bei dem Element WAND z.B. um eine tragende Wand in Stahlbeton, so ist der Fertigungsprozess zur Herstellung des Strukturelements Wand mit den Tätigkeiten Einseitig einschalen – Bewehrung verlegen – Schalung schließen – Beton einbringen – Beidseitig ausschalen beschreibbar.

LP	LEISTUNGSPROZESSE		
	TP	TEILPROZESSE	
LEISTUNGSPROZESS	MP	MODULPROZESSE	
		5.0 Bauproduktion - Objektherstellung	
	TEILP.	5.1 Vorbereitungsprozesse	
		5.1.1 Baugrube ausheben	
		5.1.2 Baugrube sichern	
	TEILPROZESSE	5.2 Fertigungsprozesse	
		5.2.1 Rohbau herstellen	
		MODUL PROZ.	5.2.1.1 Fundierung herstellen
			5.2.1.2 Untergeschosse W/ST/UZ/D herstellen
			5.2.1.3 Erdgeschoss W/ST/UZ/D herstellen
			5.2.1.4 Obergeschosse W/ST/UZ/D herstellen
			5.2.1.5 Vertikale Bereiche W/D herstellen
			5.2.1.6 Dach herstellen
		MP	5.2.2 Aussenanlagen herstellen
		TEILPROZESSE	5.3 Nachbearbeitungsprozesse an Strukturelementen
	MODUL PROZ.		5.3.1 Untergeschosse W/ST/UZ/D nachbearbeiten
			5.3.2 Erdgeschoss W/ST/UZ/D nachbearbeiten
			5.3.3 Obergeschosse W/ST/UZ/D nachbearbeiten
			5.3.4 Vertikale Bereiche W/D nachbearbeiten
			5.3.5 Dach nachbearbeiten
	MP	5.3.6 Aussenanlagen nachbearbeiten	
	TEILPROZESSE	5.4 Montageprozesse Hülle, Ausbauelemente	
		MODUL PROZ.	5.4.1 Hülle herstellen
			5.4.1.1 Dach herstellen
			5.4.1.2 Fassaden herstellen
			5.4.1.3 Fenster einbauen
			5.4.1.4 Türen/Tore einbauen
		MODUL PROZ.	5.4.2 Ausbau herstellen
			5.4.2.1 Untergeschosse ausbauen
			5.4.2.2 Erdgeschoss ausbauen
			5.4.2.3 Obergeschosse ausbauen
	5.4.2.4 Vertikale Bereiche ausbauen		
TEILPROZ.	5.5 Nachbearbeitungsprozesse Hülle, Ausbauelemente		
	MODUL PROZ.	5.5.1 Hülle nachbearbeiten	
		5.5.1.1 Dach nachbearbeiten	
		5.5.1.2 Fassaden nachbearbeiten	
		5.5.1.3 Fenster nachbearbeiten	
		5.5.1.4 Türen/Tore nachbearbeiten	
	MP	5.5.1.5 Aussenanlagen herstellen	
	MODUL PROZ.	5.5.2 Ausbauelementen nachbearbeiten	
		5.5.2.1 Untergeschosse ausbauen	
		5.5.2.2 Erdgeschoss ausbauen	
5.5.2.3 Obergeschosse ausbauen			
5.5.2.4 Vertikale Bereiche ausbauen			
MP	5.5.2.5 Aussenanlagen nachbearbeiten		

Abb. 58 Beispiel für Teil- u. Modulprozesse bei der Objektherstellung (Hochbau)

Die tabellarische Abb. 58 listet die möglichen Teil- und Modulprozesse für die Herstellung eines Objektes auf.

Die Identifikation von produktionstechnisch gleichen Gebäudeelementen und deren Kennzeichnung mit dem jeweiligen Elementprozess eröffnet die Möglichkeit auch die gesamten Kosten des Herstellungsprozesses eines Elements/Moduls, auch wenn diese zu unterschiedlichen Zeitpunkten

anfallen, zu berechnen. Voraussetzung ist ein aus den 3D-Modellen entwickelter Objektstrukturplan, der bereits die physisch greifbaren Ergebnisse des Bauproduktionsprozesses darstellt.

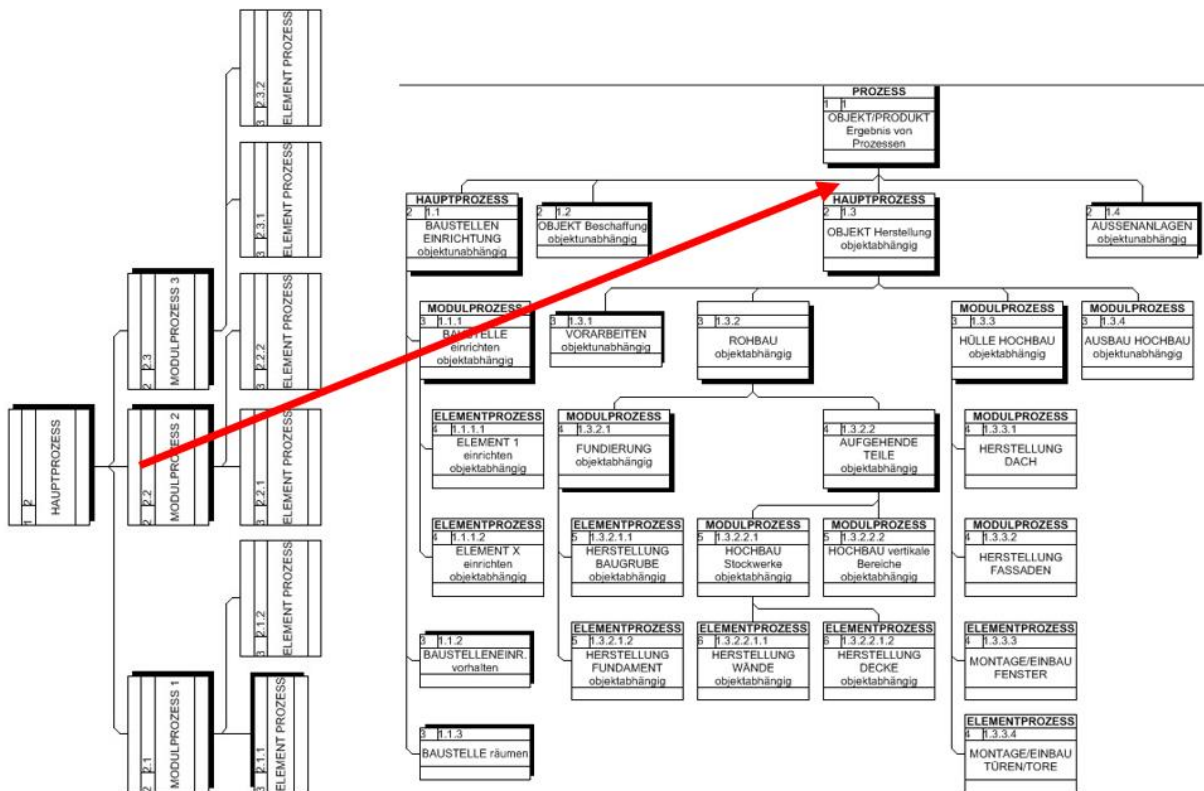


Abb. 59 Prozesshierarchie zur Objektherstellung und Produktionsprozesse

Die Abb. 59 zeigt beispielhaft an einem Hochbau, dass zusätzlich zur reinen Herstellung von Elementen weitere Prozesse zur hierarchischen Abbildung der gesamten Bauproduktion erforderlich sind.

Verschiedene Sichtweisen auf das Projekt erzwingen die Definition unterschiedlicher Prozessarten.

Die reine Objektsicht führt zur Zusammenfassung von Elementprozessen zu Modulen und zum Objekt. Prozessarten und Terminplan werden durch die Definition von zeitlichen Phasen verknüpft. Fertigungsprozesse an der Baustelle finden in erster Linie in der Rohbauphase statt.

Die phasenorientierte Gliederung im Hochbau kann der Herstellungsreihenfolge entsprechend nach Rohbau – Hülle – Ausbau erfolgen. Dies entspricht im Hochbau auch den BIM-Modellen TWP-Modell – Fassadenmodell - Architekturmodell. Der Rohbau wird weiter aufgegliedert in Fundierung und aufgehende Teile, wobei hier die Geschosse und vertikale Bereiche gemeint sind. Weitere Gliederungsebenen beinhalten dann bereits Bauelemente, die die gleichen Herstellungsprozesse (z.B. Wände, Decken) haben.

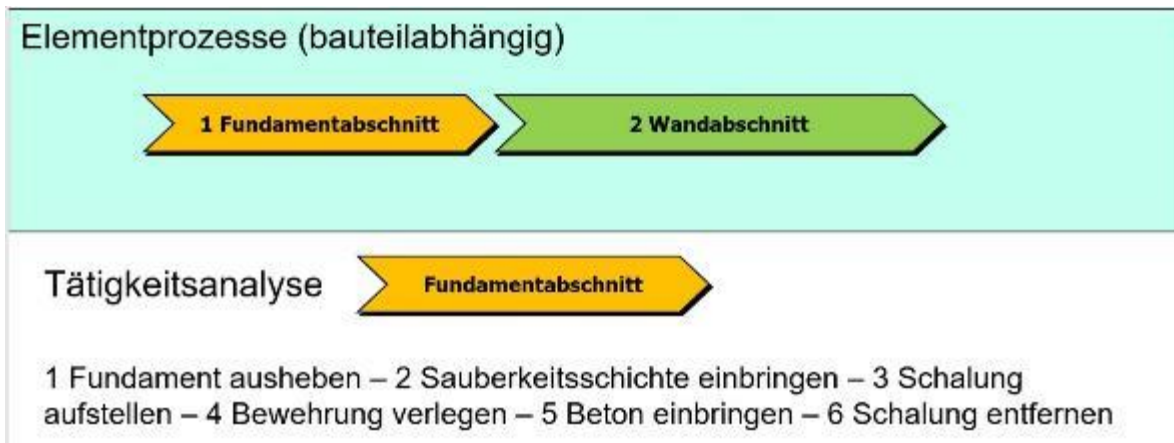
10.3.2.1. Elementprozesse

Abb. 60 Beispiel für die Tätigkeitsanalyse bei einem Elementprozess

Die Darstellung Abb. 60 zeigt, dass die Aufgliederung von Bauelementen auch in Abschnitte erfolgen kann. Jedenfalls beinhaltet ein Elementprozess für einen Abschnitt mehrere Tätigkeiten – siehe Seite 31, Prozessdefinition. Die nachstehende Tabelle enthält eine empirische Sammlung und alphabetische Auflistung von Tätigkeiten, die zur Beschreibung von Prozessschritten bei der Bearbeitung von Bauelementen dienen:

Idf.Nr.	Tät.NR	Tätigkeit	Prozess	Idf.Nr.	Tät.NR	Tätigkeit	Prozess
01	A01	abbauen	LP 5.1	28	F01	fällen	
02	A02	abbrechen	LP 5.1	29	F02	fräsen	
03	A03	abschalen	LP 5.2	30	F03	freilegen	
04	A04	abschlagen		31	H01	herstellen	
05	A05	abschrämen		32	H02	hinterfüllen	LP 5.2
06	A06	absperren	LP 5.1	33	I01	injizieren	LP 5.2
07	A07	abtragen	LP 5.1	34	K01	kleben	
08	A08	abziehen	LP 5.4	35	L01	lagern	LP 5.1
09	A09	anschließen	LP 5.4	36	L02	leiten	
10	A10	aufbauen	LP 5.1	37	M01	malen	LP 5.4
11	A11	aufbringen	LP 5.4	38	M02	montieren	LP 5.3
12	A12	aufstellen	LP 5.3	39	N01	nachbehandeln	LP 5.4
13	A13	ausführen	LP 5.3	40	N02	nehmen	
14	A14	ausgießen	LP 5.4	41	P01	pflügen	
15	A15	ausheben	LP 5.1	42	P02	profilieren	
16	A16	auslösen	LP 5.1	43	R01	räumen	
17	A17	ausschalen	LP 5.2	44	R02	reinigen	LP 5.4
18	B01	bedienen	LP 5.3	45	S01	schließen	
19	B02	betonieren	LP 5.2	46	S02	schneiden	

20	B03	bewehren	LP 5.2	47	S03	sichern	
21	B04	bohren	LP 5.1	48	S04	streichen	LP 5.4
22	D01	durchführen	LP 5.2	49	T01	transportieren	
23	E01	einbauen	LP 5.3	50	V01	verlegen	
24	E02	einbringen		51	V02	versetzen	
25	E03	einrichten		52	V03	vorhalten	
26	E04	einschalen	LP 5.2	52	Z01	ziehen	
27	E05	entfernen		53	Z02	zusammenbauen	

Abb. 61 Auflistung von Tätigkeiten zur Beschreibung von Vorgängen

Die Verwendung von Adjektiven ist bei der Beschreibung von Vorgängen der Terminplanung zwingend erforderlich. Der Tätigkeitskatalog kann einerseits zur Identifikation des Teilprozesses und zur Beschreibung von Haupt- u. Teilprozessen herangezogen werden.

Im Lebenszyklus eines Bauwerkes durchläuft das Bauelement verschiedene Projektphasen und Prozesse (z.B. muss eine Säule geplant – gefertigt – abgenommen werden). Eine allgemeine Regel zur Aufteilung und Detaillierung von Prozessen kann nicht aufgestellt werden.

Die Vorgänge in einem Terminplan können daher sowohl nur einzelne Tätigkeiten als auch Prozesse und Module darstellen.

Die Synchronisierung der verschiedenen 3D-Modelle und deren zeitdynamische Verknüpfung mit den Bauwerkskosten gelingt jedoch nur über die Vorgänge des Terminplanes.

10.4. Bauproduktion und Building Information Management

Mit der digitalen Gebäudemodellierung und Dokumentation soll die Planung und Ausführung von Gebäuden optimiert werden. Ziel der Normengruppe ÖNORM A 6241 ist die digitale Planung und Erfassung aller relevanten Informationen über den gesamten Lebenszyklus eines Bauwerks.

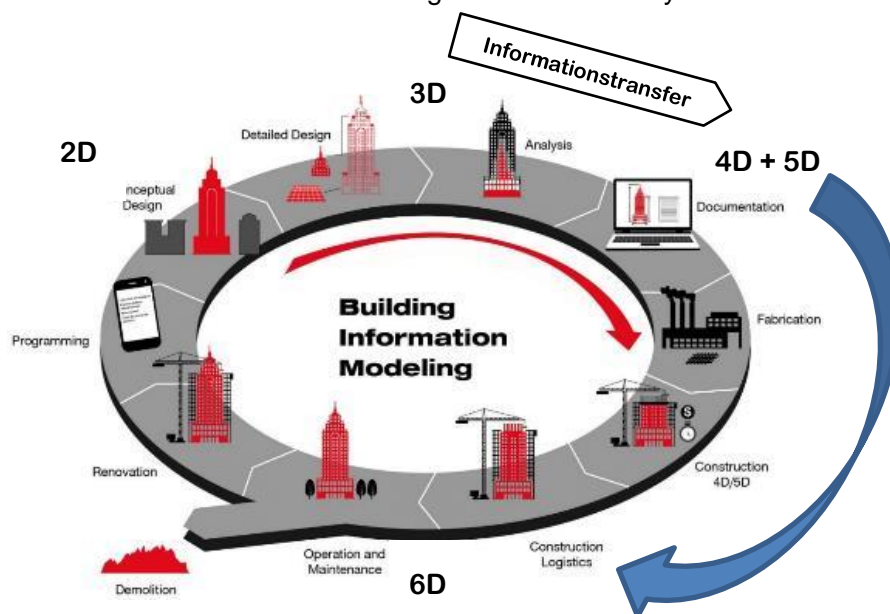


Abb. 62 Lebenszyklus eines Bauwerks und BIM⁶⁵ mit eigenen Ergänzungen

Die Abb. 62 zeigt den Lebenszyklus eines Bauwerks, ergänzt durch eigene Zuordnung der BIM - Modelle von 2D bis 6D. Das D steht für Dimensionen⁶⁶. Das 2D Modell ist die ebenflächige Plandarstellung des geplanten Objektes. 3D steht für eine vollständige dreidimensionale Beschreibung des Objektes.

Der rote Pfeil an der Innenseite umfasst die Planungsphasen, der blaue Pfeil an der Außenseite die Ausführungsphase.

In der ÖNORM A 6241-2 werden unter Pkt. 6 die Dimensionen zur Auswertung der Gebäudedaten definiert. Als Dimensionen werden unter 4D das 3D-Modell + Zeit als 4.Dimension, mit 5D als zusätzliche Dimension die Kosten und deren Relation zu Leistungen definiert.

Als Konsequenz daraus ergibt sich eine Verknüpfung von Leistungen, Terminen und Kosten.

Mit dem digitalen Gebäudemodell wird die Grundlage für eine interdisziplinäre Planung und Ausführung geschaffen. Der erforderliche Detaillierungsgrad (Level of Development - LOD) steht im Zusammenhang mit der Dimension. Der LOD bezeichnet den Fertigstellungsgrad der Planung.

Der Fertigstellungsgrad wird durch sechs Stufen definiert⁶⁷.

„LOD 100: Das Modellelement kann im Modell geometrisch mit einem Symbol oder einer anderen Abbildung dargestellt werden, es erfüllt aber noch nicht die Anforderungen von LOD 200.

LOD 200: Das Modellelement wird im Modell geometrisch als ein allgemeines System, Objekt oder Baugruppe mit ungefähren Mengen, Größe, Lage und Orientierung dargestellt. Nicht geometrische Informationen können dem Element hinzugefügt werden.

LOD 300: Das Modellelement wird im Modell geometrisch als ein System, Objekt oder Baugruppe mit spezifischen Mengen, spezifischer Größe, Lage und Orientierung dargestellt. Nicht geometrische Informationen können dem Element hinzugefügt werden.

LOD 350: Das Modellelement wird im Modell geometrisch als ein System, Objekt oder Baugruppe mit spezifischen Mengen, spezifischer Größe, Lage und Orientierung und mit Verbindung und Anschlüssen zu anderen Gebäudesystemen dargestellt. Nicht geometrische Informationen können dem Element hinzugefügt werden.

Entsprechende Datengruppen mit Definition und Zuordnung von Attributen werden in der ÖNORM A 7010-1 beschrieben.

LOD 400: Das Modellelement wird im Modell geometrisch als ein System, Objekt oder Baugruppe mit spezifischen Mengen, spezifischer Größe, Lage und Orientierung inklusive Montage-, Installations- und Herstellerinformationen dargestellt. Nicht geometrische Informationen können dem Element hinzugefügt werden.

⁶⁵ Grafik: siehe <https://dabonline.de/2016/06/01/bim-methode-nicht-software/>

⁶⁶ [34] P. 4. Hrsg. Goger/Reismann, Begriffe zu BIM und Digitalisierung, Schrift 08, Wien: TU Verlag, 2017

⁶⁷ [15] Kerstin Hausknecht und Thomas Liebich, BIM Kompendium, Fraunhofer IRB Verlag, 2016

*LOD 500: Das Modellelement entspricht bezüglich Aussehen, Menge, Größe, Lage und Orientierung dem eingebauten Zustand. Nicht geometrische Informationen können dem Element hinzugefügt werden.*⁶⁸

Aus der Definition der Fertigstellungsgrade und den Anforderungen aus der Terminplanung und Kostenplanung sind für die Entwicklung eines 4D-Modells und nachfolgend 5D-Modells nur die LOD's 200 – 350 relevant. Als nicht geometrische Informationen können z.B. Material- u. Qualitätsangaben hinzugefügt werden.

10.4.1. Die Modelle zu Building Information Management

Die Grundlage für die Durchgängigkeit der Planungs- u. Ausführungsinformationen sind die 3D-Modelle der verschiedenen Fachbereiche der Planung.

Das 3D-Modell ist eine räumliche Darstellung des herzustellenden Objektes.

*„3D-Modelle basieren auf einer vollständigen dreidimensionalen geometrischen Beschreibung eines Objektes. Ein komplexes geometrisches Objekt wird aus den entsprechenden Elementarobjekten zusammengesetzt. Kanten-, Flächen- und Volumenmodelle sind 3D-Modelle“*⁶⁸.

Im Hochbau ist das Rohbaumodell Teil des Architekturmodells und beinhaltet die wesentlichen raumbildenden und konstruktiven Bauelemente.

*„Zu den wesentlichen Elementen des Rohbaumodells gehören tragende Wände, Stützen und Balken, Decken, Dächer, Fundamente, aber auch tragende Treppen und Rampen“*⁶⁸.

Die Rohbauelemente sind zunächst objektunabhängige Modellelemente, die mit weiteren Merkmalen und Attributen versehen zu objektspezifischen werden und den anderen Fachplanern als Grundlage dienen.

Ein weiteres Teilmodell ist das Ausbaumodell. Die Modellelemente werden entsprechend der Planungsphasen detailliert.

*„ Zu den wesentlichen Modellelementen des Ausbaumodells gehören alle nichttragenden Elemente wie Innenwände, Systemwände, Vormauerungen, und abgehängte Decken, des Weiteren Fenster und Türen, Bekleidungen wie Fußbodenaufbau, Wand- und Deckenbekleidungen (diese nur, sofern nicht als Attribut am Raum gefordert), Einrichtungsgegenstände, Sanitäranlagen und andere Ausstattungselemente, wie elektrische Geräte und Leuchten, oder spezielle Ausstattungen, wie zum Beispiele medizinische Ausstattungselemente.....Das Ausbaumodell bildet die Grundlage für das Raumbuch, sodass die Modellelemente jedenfalls auch einen Raumbezug beinhalten.“*⁶⁸

Im Bedarfsfall, wenn es sich um komplexere Fassadenkonstruktionen handelt, kann auch ein Fassadenmodell aufgebaut werden. Es ist ebenfalls Teil des Architekturmodells unterliegt aber nicht der Stockwerksgliederung. Im Hinblick auf die Ausführung sollte jedoch ein Stockwerksbezug (Topographie) herstellbar sein. Noch besser wäre ein Modell für die gesamte Bauwerkshülle bestehend aus Dach, Fenster, Fassade, Türen und Tore

Jedenfalls werden im 3D-Modell objektunabhängige Modellelemente mit objektspezifischen Daten (Abmessungen, Materialangaben, Fertigteile etc.) versehen. Aus dem 3D-Modell können alle Materialmengen elementbezogen extrahiert werden.

⁶⁸ [15] Kerstin Hausknecht und Thomas Liebich, BIM Kompendium, Fraunhofer IRB Verlag, 2016

In Verbindung mit dem Leistungsverzeichnis können die Materialkosten und nachfolgend die Lohnkosten je Element berechnet werden.

10.4.2. Terminplanung und Building Information Modeling

Building Information Modeling beschreibt den integrierten Prozess der bauelementbasierten Planung. In der Terminplanung wird die bauelementbasierte Planung durch die Definition der Objektstruktur und nachfolgende Umsetzung in die Projektstruktur angewandt.

„4D-Modelle sind eine Erweiterung des 3D-Modells um eine zeitliche Komponente, den Terminplan ($4D = 3D + \text{Zeit}$). Durch die Simulation des zeitlichen Verlaufs der Bauwerkserstellung wird die Planung von Bauablaufplänen optimiert“⁶⁹

Der Terminplan muss primär die Anforderungen der Ausführung und des Controllings erfüllen. Der Aufbau orientiert sich daher an den Teilmodellen die der Reihenfolge der Ausführung entsprechen. Der LOD kann für die verschiedenen Phasen durchaus unterschiedlich sein. Das Strukturmodell mit einem LOD 200 genügt den Anforderungen der Terminplanung in der Rohbauphase. Im Hochbau wird für die Herstellung der Hülle das Fassadenmodell zumindest einen LOD 300 aufweisen müssen. Die Terminplanung der Ausbauphase erfordert für das Ausbaumodell und das TGA-Modell einen LOD 350.

Die Beschreibung des 4D-Modells⁷⁰ beinhaltet derzeit keine Definitionen von objektunabhängigen Daten wie technologischen Abhängigkeiten (z.B. Schalung – Bewehrung – Beton) oder Kalenderdaten (5 Tage-Woche, Nichtarbeitstage, Arbeitszeit). Erst die Verknüpfung mit weiteren objektspezifischen Parametern, wie Fertigungsverfahren, Baurichtung, Ablaufreihenfolge, vervollständigt das 4D-Modell.

Das 4D-Modell beinhaltet somit alle Phasen, Prozesse und Tätigkeiten die zur Herstellung des Objektes erforderlich sind.

Die Verknüpfung von 3D-Planungsinformationen und 4D-Zeitinformation erfordert die Berücksichtigung des Ablaufes des Bauproduktionsprozesses. Die Termin- u. Ablaufplanung für die Ausführungsphase ist daher ein wesentlicher Bestandteil der Prozesskostenermittlung.

Mit Zuordnung der erforderlichen Ressourcen (Personal, Gerät) zur Herstellung der Elemente kann der Aufwand zeitabhängig berechnet werden. Damit sind alle Grundlagen für eine elementbasierte Kostenkalkulation vorhanden.

10.4.3. Kostenkalkulation und Building Information Modeling

Eine elementbasierte Kostenkalkulation wird in der Entwurfsphase bei der Kostenberechnung nach ÖNORM B 1801-1 bereits eingesetzt. Allerdings ist diese nicht durchgängig über alle Projektphasen. Auf Grundlage der 3D-Modelle und der elementbasierten Terminplanung kann eine zeitdynamische elementbasierte Kostenkalkulation erfolgen.

„5D-Modelle sind eine Erweiterung des 3D-Modells um zeitliche Komponenten (4D) und Kosten (5D = $3D + \text{Zeit} + \text{Kosten}$). Unter Berücksichtigung der modellbasierten Mengen, des Material- und

⁶⁹ [15] Kerstin Hausknecht und Thomas Liebich, BIM Compendium, Fraunhofer IRB Verlag, 2016

⁷⁰ [23] ÖNORM A 6241-2, BIM-Level 3,“ Österreichisches Normungsinstitut, Nr. 2015

Personalbedarfs und damit der Kosten wird eine zusätzliche Simulation des Kostenverlaufs ermöglicht⁷¹.

Das 5D-Modell soll eine Echtzeitsimulation unter Einbeziehung der Kosten, elementbezogene Mengenauszüge mit Kosten, Kostenvergleich verschiedener Fertigungsverfahren, Value-Engineering (Wertanalyse) und die Beurteilung der Fertigungstiefe an der Baustelle ermöglichen.

10.4.4. Produktionsprozesse und Building Information Modeling

Die Prozesse zur Herstellung eines Bauwerkes umfassen nicht nur die reinen Fertigungsprozesse wie bereits unter 10.3.2 beschrieben, sondern auch teilweise sehr umfangreiche Vorbereitungsprozesse (z.B. Aushubarbeiten für Fundamente). Anschließend an die Fertigung sind bis zur Fertigstellung noch eine Reihe von Nachbearbeitungsprozessen (z.B. Verputzarbeiten) erforderlich. Die elementbasierte Planung ermöglicht auch hier die entsprechende Zuordnung der Kosten.

10.4.4.1. Objektstruktur und Produktionsprozesse

Die Objektstruktur ableitbar aus dem 3D-Modell bildet den Ausgangspunkt für eine prozessorientierte Kostenkalkulation. Sie enthält jedoch nur permanente Objekte, sodass die zur Herstellung erforderlichen temporären Elemente (z.B. Schalungen, Gerüste, Hilfskonstruktionen), die unter Umständen für mehrere Herstellungsprozesse Verwendung finden, gesondert betrachtet werden müssen. Das 4D-Modell erweitert diese Information insofern, als auch temporäre Elemente und der Geräteeinsatz dargestellt werden kann.

Die planungsorientierte Kostengliederung nach ÖNORM B1801-1, in der eine Gliederung der Kostenbereiche nach Grobelementen, Elementen und Elementtypen vorgenommen wird, kann als Grundlage für ein 4D-Modell herangezogen werden.

Ausgehend von den physisch greifbaren Ergebnissen können objektspezifisch die erforderlichen Produktionsschritte und damit die Herstellungsprozesse für die am Ende permanenten Elemente abgeleitet werden.

So ist z.B. das Element Fundament das physisch greifbare, auch am Plan dargestellte, Ergebnis. Die dazu erforderlichen Prozesse zur Herstellung mit der eventuell erforderlichen Sicherung der Baugrube ist ein Vorbereitungsprozess und Teil des gesamten Herstellungsprozesses.

Ansätze zur Definition der Objektstruktur finden sich in der ÖNORM A 7010-1 Datenstrukturen unter Datengruppe 2 (DG2)

Die Darstellung der Phasen und Prozesse die die Elemente von der Planung bis zur Fertigstellung horizontal „durchwandern“ erfolgt im Projektstrukturplan.

⁷¹ [15] Kerstin Hausknecht und Thomas Liebich, BIM Kompendium, Fraunhofer IRB Verlag, 2016

		PROJEKTSTRUKTUR																
		Phasen																
		Rohbau			Hülle			Ausbau			Inbetriebnahme							
		Prozesse			Prozesse			Prozesse			Prozesse							
		Vorbereitung	Fertigung	Montage	Nachbearbeitung	Vorbereitung	Fertigung	Montage	Nachbearbeitung	Vorbereitung	Fertigung	Montage	Nachbearbeitung	Vorbereitung	Fertigung	Montage	Nachbearbeitung	
BIM-Modelle	OBJEKTSTRUKTUR	Topografische Gliederung	Architektur - Modell															
			TWP - Modell	Elemente														
			Fassaden - Modell	Elemente														
			Ausbau - Modell	Elemente														
			TGA - Modell	Elemente														

Abb. 63 BIM-Modelle und Projektstruktur am Beispiel Hochbau

Die Abb. 63 zeigt die Verknüpfung zwischen Elementen und Prozessen ausgehend von den BIM-Modellen und einer Standard - Projektstruktur für ein Hochbau-Objekt.

10.4.4.2. Prozessanalyse für Herstellung einzelner Bauelemente

Um die Elementkosten phasen- und prozessbezogen ermitteln zu können, ist eine Analyse der Tätigkeiten an der Baustelle erforderlich. Sie ermöglicht die Bestimmung aller erforderlichen Ressourcen und Bestimmung der Kostentreiber (KTR) bei der Herstellung eines einzelnen Elements.

Beispiel: Rohbau (BIM-Strukturmodell) Element Fundament – schalen – bewehren – betonieren

Beispiel: Rohbau (BIM-Strukturmodell) Element FT-Wand – versetzen – vergießen – spachteln - malen

Beispiel: Rohbau (BIM-Strukturmodell) Element Stahlstütze – montieren – streichen

Wie die Beispiele zeigen, können Tätigkeiten alleine, ohne Elementbezug nicht zur Prozessanalyse herangezogen werden.

Daraus ergibt sich, dass mit der Kombination aus Elementen und Tätigkeiten die Prozessart bestimmen lässt. Im Wesentlichen können für die Bauproduktion 4 Prozessarten identifiziert werden. Reine Fertigungsprozesse (FP), bei denen das Element zur Gänze an der Baustelle produziert wird (z.B. Fundamente herstellen). Vorbereitungsprozesse, die Tätigkeiten für noch zu produzierende

Elemente (VP) u. Nachbearbeitungsprozesse (NP), die weitere Tätigkeiten an vorhandenen Elementen beinhalten (z.B. Durchbrüche bohren) und reine Montageprozesse (MP), wo nicht an der Baustelle gefertigte Elemente (z.B. Fertigteile versetzen, Rohinstallation herstellen) verwendet werden.

Eine reine Tätigkeitsanalyse im Zusammenhang mit den 4 Prozessarten zeigt, dass nicht alle Tätigkeiten diesen Prozessen eindeutig zuordenbar sind. Die Zusammenfassung von Tätigkeiten zu Teilprozessen hängt mit dem für die Herstellung des Elements erforderlichen Detaillierungsgrad zusammen.

Die Tabelle Abb. 61 zeigt die aufgelisteten Tätigkeiten, im eindeutigen Fall versehen mit der Prozessart aus der die Phasenzuordnung zum Produktionsprozess ableitbar ist.

Erst die Elemente mit Beschreibung der Tätigkeiten ermöglichen die exakte Zuordnung der Prozessarten und damit können diese den Produktions-Phasen zugeordnet werden.

Die zeitliche Zuordnung zur jeweiligen Phase erfolgt auf Grund des technologischen Ablaufs der Herstellung des Objekts.

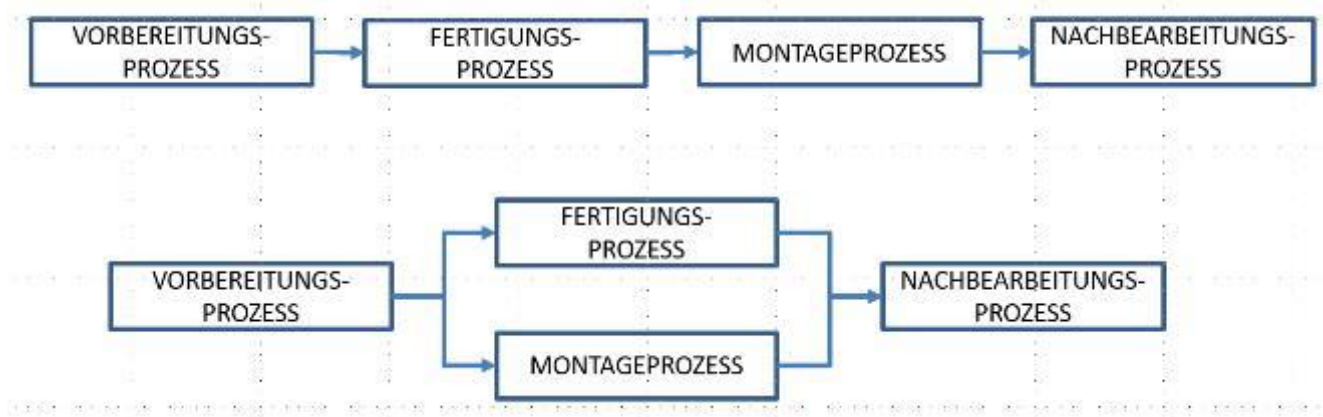


Abb. 64 Relationen der Leistungsprozesse

In der Abb. 64 sind mögliche Relation zwischen den Herstellungsprozessen dargestellt. Nicht jedes Element durchläuft bzw. benötigt alle Herstellungsprozesse.

Eine Baugrubensicherung mit Spundwänden ist ein Vorbereitungsprozess für den nachfolgenden Fertigungsprozess Fundamentherstellung. Es gibt aber auch Fertigungsprozesse mit nachfolgenden Montageprozessen an der Baustelle. Nachbearbeitungsprozesse finden grundsätzlich an bereits vorhandenen Elementen statt. Zu den Nachbearbeitungsprozessen zählt beispielsweise das Anbringen der Wärmedämmung an einer Außenwand (Hülle) oder die Montage der Brückenausrüstung auf einem vorhandenen Tragwerk.

10.4.4.3. Verdichtung von Elementprozessen zu Modulprozessen und Hauptprozessen der Objektherstellung

Die Verdichtung von Termin- und Kosteninformation erfolgt primär nach der Projektstruktur. Durch zusätzliche Abbildung der Objektstruktur können Kosten zu Element-, Modul- und Objektkosten verdichtet werden. Eine weitere Kennzeichnung der Vorgänge im Termin- u. Ablaufplan nach den BIM-Modellen ermöglicht auch eine Informationsverdichtung nach Strukturmodell, Fassadenmodell, Ausbaumodell, TGA - Modell.

Die Kostenverdichtung nach Prozessen und der Vergleich der Prozesskosten nach Prozessarten ermöglicht die Beurteilung von Angeboten verschiedener Anbieter nach Effizienz der angebotenen Fertigungsverfahren, Arbeitsvorbereitung und Ressourceneinsatz.

Die Anforderungen an das 5D-Modell wie in Kapitel 10.4.3 beschrieben können damit abgedeckt werden.

10.4.5. Prozesskostenrechnung und Building Information Modeling

In der ÖNORM B 1801-1 wird unter Pkt. 5 Gliederungssysteme die Verknüpfung zwischen Elementtyp und Leistungsposition bei der im Anteil Lohn die Lohnkosten/EH enthalten sind hergestellt (siehe Seite 14, Bild 6 - Gliederungssystem in ÖNORM B 1801-1).

Für die Entwicklung eines 5-D Modells ist in der Angebotsphase ist auf Grund der erforderlichen Informationen zumindest der LOD 300 erforderlich, bei speziellen Anforderungen (Verwendung bestimmter Produkte) sogar der LOD 400.

Objektunabhängige Parameter sind im 5D-Modell nur standortspezifische Materialkosten. Alle anderen Parameter wie Arbeitskosten, Gerätekosten, Fremdleistungen sind unternehmensspezifisch und/oder objektspezifisch. Die verfügbaren einschlägigen Regelwerke für BIM können daher nur objektunabhängige Parameter beinhalten.

10.5. Schlussfolgerungen

Für den Einsatz einer prozessorientierten Baukalkulation lassen sich daher unter Anwendung der Methoden des Prozessmanagement und Projektmanagement zwei Anwendungsbereiche ableiten.

Einerseits die bauunternehmerische Ebene, bei der das zu verkaufende Produkt das fertige Bauwerk ist, und andererseits die Baustelle als Produktionsstätte, bei der als Ergebnis des Herstellungsprozesses einzelne Bauelemente oder Bauteile bzw. Module als Produkte betrachtet werden können.

Die beauftragten Bauwerke werden als die Produkte angesehen, die in Summe die betriebliche Produktionsleistung darstellen. Im Sinne der Prozesskostenrechnung kann daher für jedes Bauwerk ein zeitabhängiger Prozesskostensatz berechnet werden.

Die Kosten der Produktionsstätte Baustelle sind von der Produktionsdauer und der Beanspruchung der Produktionsanlage Baustelleinrichtung abhängig. Mit der elementbasierten Planung können mit einem Prozesskostensatz die produktionsbedingten Einzelkosten und die gesamten Herstellkosten des Bauwerks kalkuliert werden.

11. Prozesskostenrechnung im Bauunternehmen

11.1. Allgemeines

Mit einer erweiterten Definition der Prozesskostenrechnung kann der Bezug zu Bauprojekten hergestellt werden.

Die Prozesskostenrechnung ist ein System der Kostenrechnung, in welchem Gemeinkosten durch Auflösung in dahinter liegende Vorgänge (Aktivitäten/Prozesse) über quantitative Bezugsgrößen (Kostentreiber KTR) verrechnet werden, die wiederum Maßausdrücke für die Vorgangs- (Aktivitäten/Prozess-) Mengen darstellen⁷².

11.2. Kostenrechnung im Bauunternehmen

11.2.1. Kostenarten

Unter Kostenarten bezeichnet man die Auflösung der Gesamtkosten eines Unternehmens in spezifische Kostenkategorien. Nach Art der im Bauunternehmen verbrauchten Produktionsfaktoren unterscheidet man folgende 6 Kostenarten:

- | | |
|----------------------------|---|
| 1. Personelle Kosten | P |
| 2. Material-(Stoff-)kosten | M |
| 3. Gerätekosten | G |
| 4. Fremdleistungskosten | F |
| 5. Kapitalkosten | Z |
| 6. Sonstige Kosten | S |

Für eine elementbasierte Kostenkalkulation müssen die angeführten Kostenarten mit Ausnahme der Kapitalkosten aus einem traditionellen K7-Blatt entnehmbar sein.

11.2.2. Kostenstellen

Als Kostenstelle bezeichnet man den Ort der Kostenentstehung und Leistungserbringung. Sie wird nach Verantwortungsbereichen, räumlichen, funktionalen, aufbauorganisatorischen oder verrechnungstechnischen Aspekten gebildet. Die Kostenstellen des Bauunternehmens umfassen im Wesentlichen die Zentrale-Verwaltung, die Kalkulationsabteilung, die Arbeitsvorbereitung, die Geräteverwaltung, das technische Büro, den Bauhof, die Baustellen, die Werkstätte, den Fuhrpark-KFZ, eventuell noch ein Fertigteilerwerk oder eine Eisenbiegerei und sind aus der Betriebsabrechnung (BAB) entnehmbar. Dabei kann noch in Hauptkostenstellen (Baustellen), an denen die Hauptprodukte des Unternehmens erzeugt werden, und Hilfskostenstellen, an denen Vorleistungen für den betrieblichen Produktionsprozess erbracht werden, differenziert werden⁷³.

11.2.3. Kostenträger

Kostenträger sind die Erzeugnisse, Dienstleistungen oder Waren mit denen das Unternehmen, in der Regel über die Hauptkostenstellen (Baustellen), mit den Kunden in Kontakt tritt und stellen die verkaufbare Leistung dar. Im Bauunternehmen stellt die Bauleistung, als das Ergebnis des

⁷² [42] D. Remer, Einführen der Prozesskostenrechnung, 3.Auflage, Stuttgart: Schäffer-Poeschel Verlag, 2017

⁷³ [14] A. Kropik, Baukalkulation und Kostenrechnung, Eigenverlag, 2016

betrieblichen Produktionsprozesses, die Marktleistung des Betriebes dar. Die abrechenbare Leistung (nach LV-Positionen, mit Pauschalen oder mit nachgewiesenem Aufwand) ist daher die verkaufbare Leistung und stellt den Kostenträger dar.

Die Verrechnung der Geschäftsgemeinkosten (GGK) erfolgt in der Kalkulation nach ÖNORM B2061 am K3-Blatt über differenzierte Zuschlagsätze (ZS) auf die Anteile Lohn / Sonstiges-Material / Gerät / Fremdleistung. Die Berechnung dieser %-Sätze erfolgt grundsätzlich nach der Formel

$$ZS_{GJ} = \frac{\sum GGK_{GJ}}{\sum HK_{GJ}} \times 100$$

Für die Ermittlung der Einzelkosten (EK) kann allgemein die Formel

Produktionsfaktoreinsatz je Einheit des Kostenträgers x Einheitskosten des Produktionsfaktors ⁷⁴

angegeben werden.

Die Baustellen-Gemeinkosten beinhalten alle Kosten, die durch die Produktion entstehen und den Kostenträgern nicht direkt zuordenbar sind. Im Wesentlichen beinhalten sie zeitgebundene Kosten die durch den Betrieb und Auslastung der Produktionsanlage Baustelleneinrichtung entstehen.

Für die Ermittlung der gesamten BGK kann allgemein die Formel

$$BGK = \text{Produktionsdauer in ZE} \times \text{Kosten d. Produktionsfaktoren pro ZE}$$

angegeben werden. Die Verrechnung erfolgt meist in einer eigenen Position, es kann aber – in Ausnahmefällen ⁷⁴ - auch eine Umlage auf die Endkostenträger stattfinden.

11.3. Prozessanalyse im Bauunternehmen

Zur Identifikation des Anwendungsbereiches einer prozessorientierten Baukalkulation ist eine qualitative und quantitative Analyse der Bauprozesse erforderlich. Ziel der qualitativen Analyse ist die Beurteilung der Prozesse hinsichtlich ihrer Eignung zur Berechnung eines Prozesskostensatzes.

11.3.1. Qualitative Analyse der Bauprozesse

Die in der Bauprozesslandkarte - siehe Kapitel 10.1 - dargestellten Prozessgruppen müssen nun im Hinblick auf die Anforderungen einer Prozesskostenrechnung im Detail analysiert werden.

Die Kennzeichnung von einmaligen (E) Prozessen und repetitiven (R) Prozessen mit deren Kostentreibern (KTR) und ihrer Leistungsmengenabhängigkeit (Im_) ermöglicht eine Vorselektion zur Berechnung etwaiger Prozesskostensätze.

Zur Ermittlung der gesamten Prozesskosten werden die in die Prozessrechnung einbezogenen Kostenstellen des Bauunternehmens als Endkostenstellen, deren Kosten direkt in die Kalkulation übernommen werden, behandelt. Basis für die Durchführung der Prozesskostenrechnung ist ein modifizierter Betriebs-Abrechnung-Bogen (betriebswirtschaftlich BAB).

⁷⁴ [14] A. Kropik, Baukalkulation und Kostenrechnung, Eigenverlag, 2016

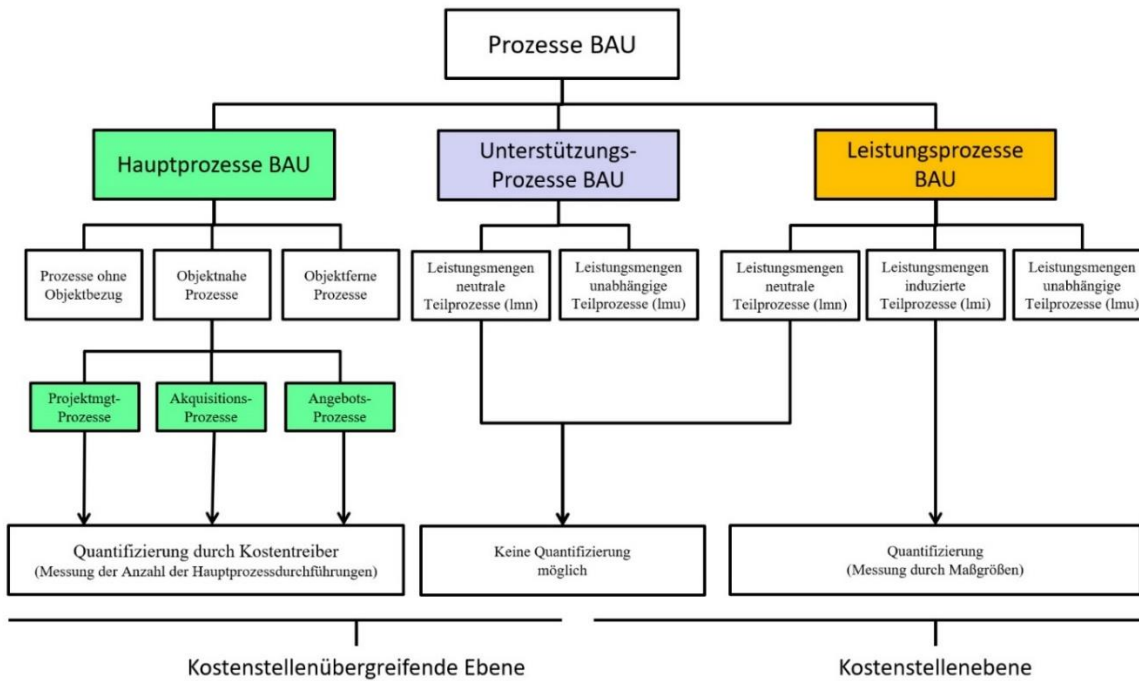


Abb. 65 Bauprozesse und Kostenstellen

Die Abb. 65 stellt in Anlehnung an Abb. 31 die Anwendung der Prozessstruktur der Prozesskostenrechnung auf die Bauprozesse dar.

Innerhalb der Kostenstellen müssen die Tätigkeiten analysiert werden, aus denen dann die Teilprozesse generiert werden können. Die Teilprozesse sind dann als leistungsmengeninduzierte (Imi), leistungsmengenneutrale (Imn) oder leistungsmengenunabhängige (Imu) Prozesse einzustufen. Die Imi-Prozesse erhalten dann eine Maßgröße, die die Berechnung eines Prozesskostensatzes ermöglicht. Für die Imn-Prozesse müsste ein Umlagesatz auf die Imi Prozesse ermittelt werden. Die Kosten der Imu-Prozesse könnten traditionell über einen Zuschlagsatz verrechnet werden.

Im ersten Schritt erfolgt eine qualitative Analyse, die im Weiteren durch eine quantitative Analyse ergänzt wird. Die qualitative Analyse beinhaltet die Schritte (wenn erforderlich) Teil-Prozessidentifikation – Prozessart - Feststellung des Kostentreibers (KTR) - Feststellung Mengenabhängigkeit (Im_) - Festlegung der kostenverursachenden Ressource

Als Ergebnis der qualitativen Analyse erfolgt eine Selektion jener Prozesse, für die ein Prozesskostensatz ermittelt werden kann, oder für die eventuell ein Umlagesatz zur Anwendung kommen könnte.

Kann einem Teilprozess kein eindeutiger Kostentreiber (KTR) zugeordnet werden, so muss dieser in einzelne Aktivitäten aufgegliedert werden, für die dann ein Kostentreiber identifiziert werden kann. Dazu müssen, falls erforderlich, für alle zentralen Kostenstellen und deren Prozesse die zugehörigen Aktivitäten/Tätigkeiten aufgelistet werden.

Die quantitative Analyse beinhaltet die Feststellung der Prozessmenge mit Mengeneinheit - Ermittlung eines internen Verrechnungssatzes (für unterschiedliche Ressourcen) – Berechnung der gesamten Prozesskosten – Definition der Prozesskostensatzart – Berechnung des Prozesskostensatzes. Dies entspricht der Systematik der Einheitspreisberechnung.

11.3.1.1. Qualitative Analyse der Hauptprozesse des Bauunternehmens

Hauptprozesse ohne Objektbezug und objektferne Prozesse, wie sie in der Abb. 65 dargestellt sind, werden von den zentralen Kostenstellen i.d.R. unabhängig von Einzelaufträgen erbracht.

Die qualitative Analyse zeigt, dass die überwiegende Mehrheit der Hauptprozesse repetitive Prozesse sind, deren Kostentreiber leistungsmengenunabhängige Zeittreiber sind. Personal ist die ausschließlich beanspruchte Ressource.

Bei den objektnahen Prozessen können im Auftragsfall nur die Kosten des Projektmanagement-Prozesses direkt mit dem Objekt in Verbindung gebracht werden. Die beanspruchte Ressource ist ebenfalls das Personal.

BAUPROZESSGRUPPEN			Proz. Art	KTR	Im_ Kost.	Ress. Art
HAUPTPROZESSE	HP	0.0 Hauptprozesse				
	TEILPROZ.	0.1 Vertragsmanagement	R	ITR	Imn	P
		0.2 Steuer u.Recht	R	ZTR	Imn	P
		0.3 Prozessplanung u.Controlling	R	ITR	Imu	P
		0.4 Umwelt Management	R	ZTR	Imu	P
		0.5 Organisation u.Berichtswesen	R	TTR	Imi	P
		0.6 Qualitätsmanagement	R	ITR	Imn	P
		0.7 Sicherheit u. Gesundheit	R	ITR	Imn	P
	HP1	1.0 Unternehmenssteuerungsprozesse	R			
	TP	1.1 U-Strategie	E	ZTR	Imu	P
		1.2 U-Planungsprozess	E	ZTR	Imu	P
		1.3 Interne Projekte	E	TTR	Imu	P
	HP2	2.0 Projektmanagementprozesse	R			
	TEILPROZ.	2.1 Projektplanung	E	ZTR	Imn	P
		2.2 Risikomanagementprozess	E	ZTR	Imn	P
		2.3 Monitoring & Controlling	E	ZTR	Imn	P
		2.4 Projektmarketing	E	ZTR	Imn	P
		2.5 Projektkoordination	E	ZTR	Imn	P
		2.6 Projektabschluss	E	ZTR	Imn	P
	HP3	3.0 Akquisitionsprozess	R			
	TP	3.1 Auftragsbeschaffung AV-Unterlagen	R	TTR	Imu	P
		3.2 Vorkalkulation	R	TTR	Imu	P
	HP4	4.0 Angebotsprozess	R			
	TEILPR.	4.1 Angebotskalkulation	R	TTR	Imi	P
		4.2 Arbeitsvorbereitung Angebot	R	TTR	Imi	P
		4.3 Angebotsunterlagen erstellen	R	TTR	Imi	P
		4.4 Angebotsabgabe	R	TTR	Imi	P
		4.5 Auftragsverhandlung	R	TTR	Imn	P
HP5	5.0 Projektentwicklung u.DL - Eigenprojekte	E	TTR			

Abb. 66 Qualitative Prozessanalyse der Hauptprozesse

Die Abb. 66 zeigt die Analyse der Hauptprozesse aus Abb. 38 ergänzt um die Prozessparameter Prozess-Art, KTR Kostentreiber, Im_ Leistungsmengenabhängigkeit des Kostentreibers und hauptsächlich beanspruchte Ressourcenart.

Die HP2-HP5 sind unmittelbar mit Projekten verbunden, wobei HP2 sowohl bei internen Projekten, als auch bei Projekten von externen Auftraggebern ausgelöst wird. Für die spätere Berechnung eines projektbezogenen Prozesskostensatzes ist daher die Kenntnis des gesamten Aufwandes für den Projektmanagementprozess HP2 externer Projekte (Aufträge) zur Berücksichtigung unterschiedlicher Komplexität externer Projekte Abb. 38 von Bedeutung.

Der HP5 Projektentwicklung u. DL Dienstleistung bei Eigenprojekten bleibt für die Entwicklung des Prozesskostensatzes außer Betracht.

11.3.1.2. *Prozessanalyse von Teilprozessen der HP im Bauunternehmen*

Am Beispiel der Kalkulation und der Arbeitsvorbereitung lässt sich zeigen, dass in den zentralen Kostenstellen objektnahe, kostenverursachende Prozesse sowohl in der Angebotsphase, als auch in der Ausführungsphase stattfinden.

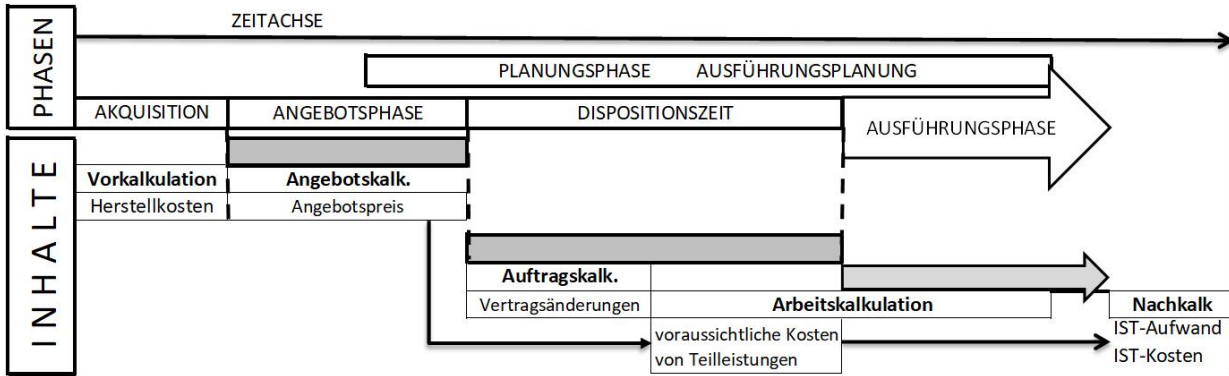


Abb. 67 KST Kalkulation Einsatzphasenbezogen

Die Abb. 67 zeigt den zeitlichen Ablauf des Einsatzes der Kalkulationsabteilung. In der betrieblichen Prozesskostenerfassung ist daher auf eine Trennung der Kosten in jene Anteile, die nur im Auftragsfalle entstehen und solchen, die den GKK zuzuordnen sind, zu achten.

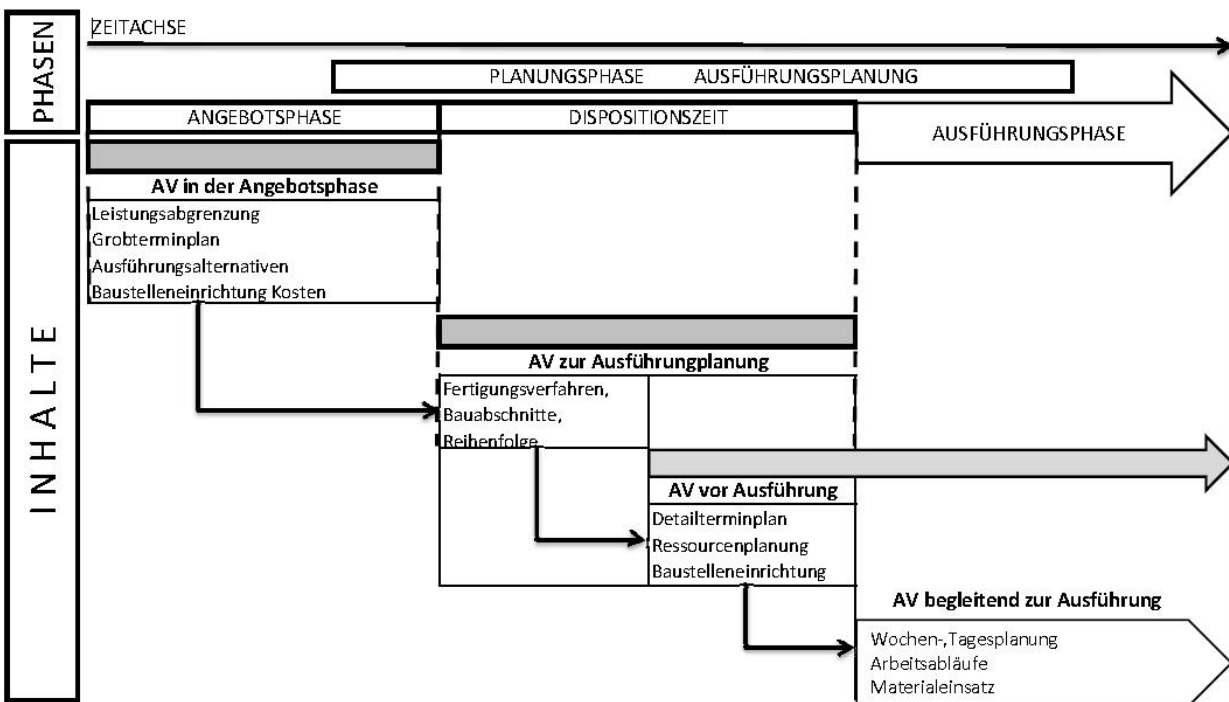


Abb. 68 KST Arbeitsvorbereitung Einsatzphasenbezogen

Die Abb. 68 zeigt den zeitlichen Ablauf des Einsatzes der Arbeitsvorbereitung. Bezüglich der Prozesskostenerfassung gilt die gleiche Regel wie bei der Kalkulationsabteilung.

11.3.1.3. Qualitative Prozessanalyse der unterstützenden Prozesse

Unterstützende Prozesse sind sowohl für die Hauptprozesse, als auch für die Leistungsprozesse definierbar. Die Prozesse UP09 – UP12 dienen ausschließlich der Verbesserung des Ergebnisses der Baustelle.

	UP	UNTERSTÜTZUNGS PROZESSE					
	TP	TEILPROZESSE	Art	KTR	Im_	RA	
UNTERSTÜTZENDE PROZESSE	UP01	01.0	Buchführung und Bilanzierung				
	TP	01.1	Rechnungsabwicklung	R	TTR	Imu	P
		01.2	Finanzmittelmanagement	R	TTR	Imu	P
	UP02	02.0	Sitzungs-u.Besprechungsorganisation	R	TTR	Imn	P
	UP03	03.0	Veranstaltungsorganisation	R	TTR	Imn	P
	UP04	04.0	Reiseorganisation	R	TTR	Imn	P
	UP05	05.0	Personalmanagement	R			P
	TEILP. R.	05.1	Rekrutierung	R	TTR	Imu	P
		05.2	Lohn-u.Gehaltsabrechnung	R	TTR	Imu	P
		05.3	Konfliktmanagement	R	TTR	Imu	P
	UP06	06.0	Administration (Posteingang, Schriftverkehr, Sekr.)	R	TTR	Imi	P
	UP07	07.0	Beschaffung, Einkauf Betrieb	R	TTR	Imu	P
	UP08	08.0	Informationsmanagement	R	ITR	Imu	P
	UP09	09.0	Betrieb stationäre Anlagen, Bauhof	R	ITR	Imn	P
	UP10	10.0	Baugeräte Bereitstellung	R	TTR	Imn	P
UP11	11.0	Technische Dienstleistungen	R	ITR	Imn	P	
UP12	12.0	Abwicklung Gewährleistung	R	TTR	Imn	P	

Abb. 69 Qualitative Prozessanalyse der unterstützenden Prozesse

Die in Abb. 69 mit den Prozessparametern vorgenommene Prozessanalyse zeigt, dass die betrieblichen Unterstützungsprozesse weitgehend unabhängig von der Produktions- / Bauleistung sind.

Die Analyse zeigt, dass es nicht möglich ist für die Kalkulation einen einzigen Prozesskostensatz zu definieren, der für alle Objekte („Produkte“) gleich ist. Zur Festlegung der Anzahl und Definition von ermittelbaren Prozesskostensätzen für die Kalkulation und zur Feststellung des Anteils an den GK ist daher die genaue Kenntnis der Tätigkeiten und ihre Zuordnung zu den Objekten und deren Projektphasen erforderlich.

Die Prozesse Planung der Baustelleneinrichtung, Einrichten und Räumen der Baustelle beansprucht in der Angebotsphase Ressourcen im Bauunternehmen (Arbeitsvorbereitung, Bauhof) und im Auftragsfall auch an der Baustelle.

Da der Planungsprozess für die Produktionsanlage Baustelleneinrichtung vom jeweiligen Objekt und den Bedingungen der Leistungserbringung abhängig ist, lässt sich auf Grund der daraus resultierenden Einmaligkeit kein sinnvoller Prozesskostensatz für diesen Prozess ableiten.

Nur im Auftragsfall werden Prozesse ausgelöst, deren Kosten direkt einem Projekt zuordenbar sind.

11.3.1.4. Qualitative Prozessanalyse der Leistungsprozesse

Leistungsprozesse werden ausschließlich im Auftragsfall ausgelöst. Sie beinhalten alle Tätigkeiten die an der Baustelle zur Leistungserbringung erforderlich sind. Das Herstellen, Betreiben, Umbauen und Räumen der Produktionsanlage Baustelleinrichtung wird dabei gesondert betrachtet. Ebenso der gesamte Produktionsprozess, der zur Herstellung des Objektes erforderlich ist.

LEISTUNGSPROZESSE	LP	LEISTUNGSPROZESSE					
	TP	TEILPROZESSE	Art	KTR	Im_	RA	
LEISTUNGSPROZESSE	LP1	1.0	Baustellenmanagement	R			
	TEILPROZ.	1.1	Bauleitung	R	ZTR	Imn	P
		1.2	Aufsicht produktives Personal	R	ITR	Imi	P
		1.3	Administration	R	ITR	Imi	P
		1.4	Arbeitsvorbereitung Ausführung	E	ITR	Imn	P
		1.5	Auftrags-Arbeitskalkulation	E	ITR	Imn	P
		1.6	Änderungsmanagement	R	TTR	Imi	P
		1.7	Nachtragsmanagement	R	TTR	Imi	P
		1.8	Koordination (Eigen-u.Fremdleistung)	R	ITR	Imi	P
		1.9	Auftraggeber Kommunikation	R	ITR	Imn	P
	LP2	2.0	Produktionsmittel beschaffen	R	TTR	Imi	P
	TEIL-PROZESSE	2.1	Betriebsmittel beschaffen	R	TTR	Imi	P
		2.2	Personal beschaffen	R	TTR	Imi	P
		2.3	Material beschaffen	R	TTR	Imi	P
		2.4	Maschinen, Geräte beschaffen	R	TTR	Imi	P
		2.5	Fremdleistung beschaffen	R	TTR	Imn	P
		2.6	Einrichtung, Ausstattung beschaffen	R	TTR	Imi	P
	LP3	3.0	Produktionsanlage herst.-umb.-abbauen	E			
	TEILPROZESSE	3.1	Baustelle einrichten				
		3.2	Baustelleneinrichtung umbauen	E			
		3.3	Baustelle räumen				
	LP4	4.0	Produktionsanlage betreiben				
	LP5	5.0	Bauproduktion - Objektherstellung	E			
	TEIL-PR.	5.1	Vorbereitungsprozesse	R	ITR	Imi	P/M/G/F
		5.2	Fertigungsprozesse	E	ZTR	Imi	P/M/G/F
		5.3	Montageprozesse	R	ITR	Imi	P/M/G/F
		5.4	Nachbearbeitungsprozesse	R	ITR	Imi	P/M/G/F
	LP6	6.0	Abrechnungsprozess	R			
TEIL-PR.	6.1	Leistungsfeststellung	R	ZTR	Imi	P	
	6.2	Abrechnungsunterlagen erstellen	R	ZTR	Imi	P	
	6.3	Rechnungslegung	R	ZTR	Imi	P	
LP7	7.0	Abnahme-Übergabeprozess	E				
TEIL-PR.	7.1	Funktionskontrollen	E	TTR	Imi	P	
	7.2	Mängelfeststellung	E	TTR	Imn	P	
	7.3	Abnahmeprotokoll	E	ITR	Imn	P	

Abb. 70 Qualitative Prozessanalyse der LP Baustelle

Die Abb. 70 zeigt die Analyse Leistungsprozesse mit den Prozessparametern Prozess-Art, KTR Kostentreiber, Im_ Leistungsmengenabhängigkeit des Kostentreibers und hauptsächlich beanspruchte Ressourcenart.

Die LP1, LP2, LP6 und LP7 beinhalten alle Tätigkeiten, die nicht unmittelbar mit der Bauproduktion verknüpft sind und ab dem Beginn der Produktionsphase bis zum Ende erbracht werden müssen.

Die Teilprozesse in LP3 werden keiner quantitativen Analyse unterzogen da ihre Kosten auf Grund Ihrer Einmaligkeit nicht in einer Prozesskostenrechnung berücksichtigt werden können.

11.3.1.5. Qualitative Analyse der Teilprozesse des LP4 Produktionsanlage betreiben

LEISTUNGSPROZESSE	LP		LEISTUNGSPROZESSE				
	TP	TEILPROZESSE	Art	KTR	Im_	RA	
LEISTUNGSPROZESSE	LP1	1.0	Baustellenmanagement				
	LP2	2.0	Produktionsmittel beschaffen				
	LP3	3.0	Produktionsanlage herst.-umb.-abbauen				
	TEILPROZESSE	3.1	Baustelle einrichten				
		3.2	Baustelleneinrichtung umbauen				
		3.3	Baustelle räumen				
	LP4	4.0	Produktionsanlage betreiben				
		4.1	Vorhaltegeräte betreiben, warten	R	ZTR	Imi	P
		4.2	Stationäre Anlagen betreiben, warten	R	ZTR	Imi	P
		4.3	Container, Baracken	R	ZTR	Imi	P
		4.4	Fahrzeuge betreiben	R	ZTR	Imi	P
		4.5	Bewachung	R	ZTR	Imi	P
		4.6	Winterbetrieb sicherstellen	E/R	ZTR	Imu	P
LP5	5.0	Bauproduktion - Objektherstellung					
LP6	6.0	Abrechnungsprozess					
LP7	7.0	Abnahme-Übergabeprozess					

Abb. 71 Qualitative Analyse des Leistungsprozess LP 4.0 Produktionsanlage betreiben

In der Abb. 71 Qualitative Analyse des Leistungsprozess LP 4.0 Produktionsanlage betreiben werden die Teilprozesse des LP 4.0 analysiert. Bei der Beurteilung der Prozessart des TP 4.6 ist die jahreszeitliche Lage der Bauzeit und die Herstellungsdauer zu berücksichtigen. Da alle Prozesse einen ZTR haben, ergeben sich die gesamten Prozesskosten somit aus der Kalkulation der Vorhaltekosten für die geplante Produktionszeit - Bauzeit. Prozessmenge sind die zur Herstellung des Objektes benötigten Arbeitstage. Die Höhe der Vorhaltekosten ist, wie aus der Analyse ersichtlich, leistungsmengeninduziert und von den eingesetzten Personal-Ressourcen abhängig. Dies bedeutet, dass Die Verteilung der Vorhaltekosten über die Bauzeit nicht nur linear erfolgen kann, sondern ein Anteil der Produktionskosten von der Inanspruchnahme der Baustelleneinrichtung durch das produktive Personal bestimmt wird.

11.3.1.6. Qualitative Analyse der Teilprozesse des LP5 Bauproduktion - Objektherstellung

Die unter Pkt. 10.3.2, Abb. 57, Seite 80, identifizierten Prozessarten für die Herstellung von Bauwerken können grundsätzlich ebenfalls einer qualitativen Analyse unterzogen werden.

LEISTUNGSPROZESSE	LP	LEISTUNGSPROZESSE					
	TP	TEILPROZESSE	Art	KTR	Im_	RA	
LEISTUNGSPROZESSE	LP1	1.0	Baustellenmanagement	R			
	LP2	2.0	Produktionsmittel beschaffen	R	TTR	Imi	P
	LP3	3.0	Produktionsanlage herst.-umb.-abbauen	E			
	TEIL-ROZESSE	3.1	Baustelle einrichten				
		3.2	Baustelleneinrichtung umbauen	E			
		3.3	Baustelle räumen				
	LP4	4.0	Produktionsanlage betreiben				
	LP5	5.0	Bauproduktion - Objektherstellung	E			
	TEIL-PR.	5.1	Vorbereitungsprozesse	R	ITR	Imi	P/M/G/F
		5.2	Fertigungsprozesse	E	ZTR	Imi	P/M/G/F
5.3		Montageprozesse	R	ITR	Imi	P/M/G/F	
5.4		Nachbearbeitungsprozesse	R	ITR	Imi	P/M/G/F	
LP6	6.0	Abrechnungsprozess	R				
LP7	7.0	Abnahme-Übergabeprozess	E				

Abb. 72 Qualitative Analyse des Leistungsprozess LP 5.0 Bauproduktion - Objektherstellung

Die Abb. 72 zeigt aus der Prozesslandkarte die erforderlichen Teilprozesse der Herstellung von Objekten, ergänzt um die Prozessparameter.

11.3.2. Quantitative Analyse der Bauprozesse

Zur Berechnung eines Prozesskostensatzes sind die gesamten Prozesskosten und die Bestimmung der Bezugsmenge erforderlich. Die Prozessmenge und die zuzuordnenden Kosten sind bei den Haupt- und unterstützenden Prozessen des Bauunternehmens von verschiedenen Projektmerkmalen⁷⁵ abhängig.

	Dimension
• Projektgröße (Auftragswert)	[WE]
• Projektwiederholung	[n]
• Projektkomplexität (z.B. Anzahl Beteiligte)	[f _P]
• Projektlaufzeit (Projekt-Dauer)	[AT]
• Geografische Lage und politisches Umfeld	[-]
• Anteil der Eigenleistung	[%]
• Qualität der Ausführung	[-]
• Qualität der Planung	[-]
• Qualität der Projektorganisation	[-]
• Qualität der Arbeitsvorbereitung	[-]

Zur Berechnung der gesamten Prozesskosten für einen Hauptprozess nach der klassischen Methode der Prozesskostenrechnung, siehe Kapitel 8.7, Seite 52, ist eine quantitative Bewertung hinsichtlich der Zuordnung der Kosten der Teilprozesse zu den Hauptprozessen erforderlich.

⁷⁵ [12] Gerhard Girmscheid und Christoph Motzko, „Kalkulation, Preisbildung und Controlling in der Bauwirtschaft,“ Springer Vieweg, 2013

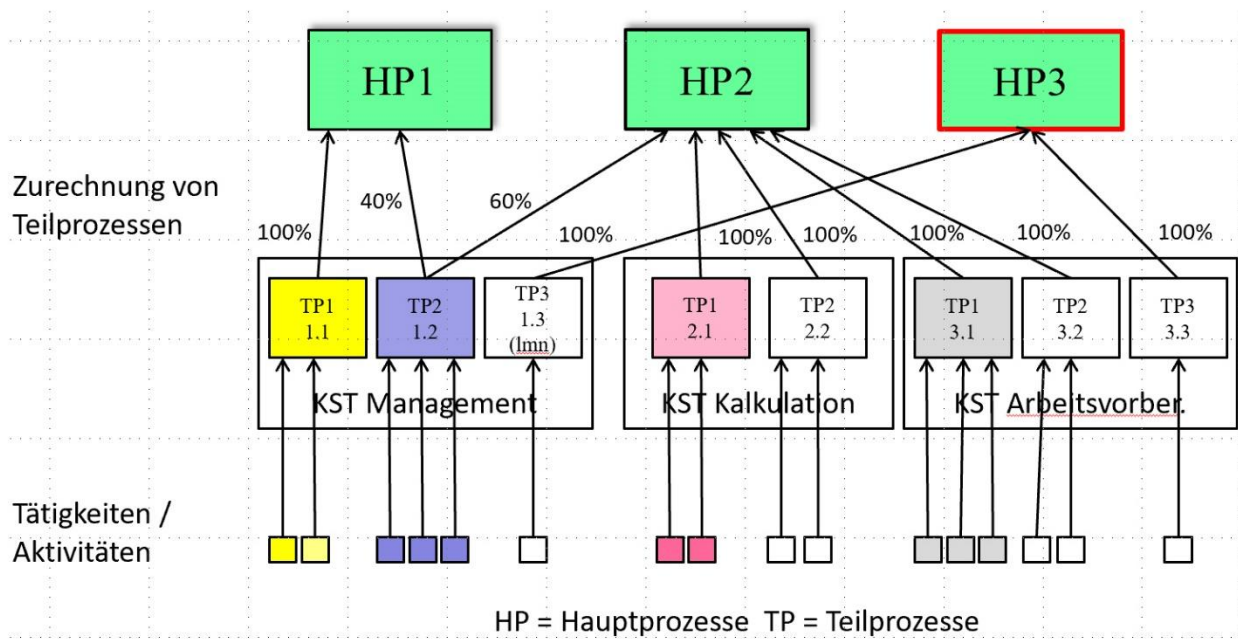


Abb. 73 Kostenzurechnung von Teilprozessen zu Hauptprozessen

Die Abb. 73 zeigt die die Zusammenfassung von Tätigkeiten zu Teilprozessen. Die Aufteilung der Kosten der Teilprozesse zu den Hauptprozessen erfolgt durch prozentuelle Bewertung und Zuordnung zu den Hauptprozessen.

Echte Hauptprozesse, in der Abb. 73 nur der HP3, vereinigen hundert Prozent der Kosten aller zugeordneten Teilprozesse. Unechte Hauptprozesse, in der Abb. 73 der HP1 und der HP2, haben auch nur Kostenanteile von Teilprozessen. Der Angebotsprozess ist, auf Grund der Anteile aus der Kalkulation und der Arbeitsvorbereitung, aus Sicht der Prozesskostenrechnung ein unechter Hauptprozess.

Für die Leistungsprozesse an der Baustelle sind zur Bestimmung der Prozesskosten und der Prozessmenge nachstehende objektabhängige Mengenparameter mit verschiedenen Einheiten [E] möglich die mit den Projektmerkmalen teilweise ident sind

	Dimension
• Auftragswert (Herstellkosten)	[WE]
• Produktionsleistung an der Baustelle	[WE]
• Anteil der Eigenleistung am Auftragswert	[%]
• Anteil der Fremdleistung (Subunternehmer)	[%]
• Objektkomplexität	[fo]
• Produktionsdauer (Bau-Dauer)	[AT]
• Anzahl der Produktionsprozesse/Zeiteinheit	[n]
• Anzahl der Beschäftigten im Produktionsprozess	[n]
• Durchlaufzeiten einzelner Produktionsprozesse	[AT]
• Gesamtaufwand an Arbeitsstunden an der Baustelle	[h]
• Anzahl der Bauelemente nach Objektstrukturplan	[n]

- Anzahl der gleichartigen Bauelemente (W/ST/D) - Produkte [n]
- Koordinationsaufwand für AG [-]
- Qualität der Ausführungsplanung [-]
- Intensität der Arbeitsvorbereitung [-]
- Wiederholungsfaktor von Arbeitsprozessen [n]

Für die Produktionsprozesse an der Baustelle können die Prozessmenge und die Einheit ebenfalls auf Grund von objektspezifischen Größen bestimmt werden.

Die erforderliche Kapazität des produktiven Personals für die Leistungserbringung an der Baustelle hängt ebenfalls von diesen Parametern ab.

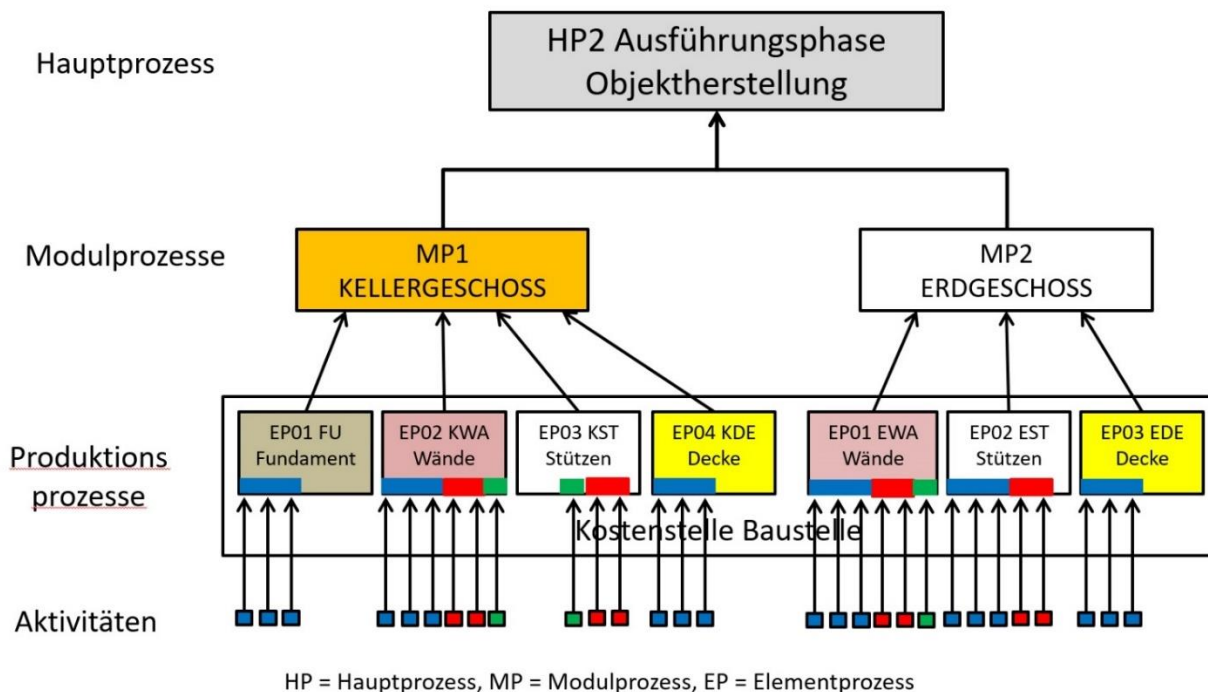


Abb. 74 Verdichtung von Aktivitäten/Tätigkeiten zu Produktions-, Modulprozessen und zum Hauptprozess Objektherstellung (Bottom-Up)

Die Abb. 74 zeigt die Verdichtung von Tätigkeiten zu Produktionsprozessen von Elementen und die Zusammenfassung zu Modulprozessen. Um die Kosten der einzelnen Produktionsprozesse berechnen zu können, müssen zunächst aus der Summe mehrerer einem Element zuordenbarer LV-Positionen die Produktionskosten für einzelne Elemente des Bauwerks ermittelt werden. Die dazu erforderlichen Angaben wie Materialmengen und Qualitäten sind aus den 3D-Modellen ableitbar.

Die Anwendung der klassischen Prozesskostenrechnung auf alle Haupt- und Leistungsprozesse in Bauunternehmen ergäbe daher eine Mischung von verschiedenen Kalkulationsverfahren der Prozesskostenrechnung mit unterschiedlichen Prozesskostensätzen und Umlagesätzen.

Zielsetzung des Modells der prozessorientierten Baukalkulation ist es jedoch für die Leistungsprozesse an der Baustelle gänzlich ohne Umlage- oder Zuschlagsätze auszukommen.

11.4. Berechnung des Projekt-Prozesskostensatzes

11.4.1. Zielsetzung

In Anlehnung an das Modell der zeitgetriebenen Prozesskostenrechnung werden Projekte als Prozesse und die Gemeinkosten einer Periode als Kosten der zugeteilten Kapazitäten interpretiert. Die administrativen Bereiche des Bauunternehmens haben eine im Voraus bestimmte über eine Geschäftsperiode bestehende Kapazität zur Abwicklung von Projekten. Die dazu verfügbaren Ressourcen und die Gemeinkosten sind verknüpft. Die Höhe der Gemeinkosten einer Periode korreliert mit den für Projekte verfügbaren Kapazitäten.

Die Prozessmenge zur Berechnung des Projekt-Prozesskostensatzes ist die Anzahl der beauftragten Projektstage pro Kalenderjahr. Damit ist eine Relation zwischen Intensitätstreibern ITR und Zeittreibern ZTR der Hauptprozesse des Bauunternehmens herstellbar.

Für die Zuordnung der Gemeinkosten zu Projekten, bei Existenz von verschiedenen unterjährigen oder mehrjährigen Projekten, ist die Ermittlung eines Projekt-Prozesskostensatzes $PjPkS$ [WE/AT] erforderlich.

Er kann im projektorientierten Unternehmen aus den Parametern Anzahl der Projekte(i) und der jeweiligen Projekt-Dauer D_{Pi} [AT] errechnet werden.

11.4.2. Vorgangsweise

Basis für die Kalkulation ist die zeitliche und inhaltlich gleiche Abgrenzung für die der Projekt-Prozesskostensatz Gültigkeit hat.

Für die zeitliche Abgrenzung der Projekt-Dauer ist für den Beginn der Meilenstein wie „Auftrag erteilt“ und für das Ende der Meilenstein „Schlussrechnung an den AG übermittelt“ zwischen AG und AN vertraglich zu vereinbaren. Die Ermittlung der beauftragten Projektstage erfolgt auf Basis der Grobterminplanung jedes einzelnen Projektes. Der Grobterminplan beinhaltet die Projektphasen und die Elemente der 3. Ebene der Objektstruktur.

Die inhaltliche Abgrenzung, und damit die Höhe des Projekt-Prozesskostensatzes, ergibt sich aus den Ausschreibungsunterlagen und kann die reine Baumeisterleistung (LGR 01-20 STD-LBH) oder auch Teil-GU oder GU Leistungen umfassen. Die zeitliche und inhaltliche Abgrenzung ist vertraglich festzulegen. Überbetrieblich wäre auch eine Normierung entsprechend dem BTVG⁷⁶ möglich.

Für die Berechnung des Projekt-Prozesskostensatzes von Folgeperioden sind bereits laufende Projekte zu berücksichtigen. Unterjährige Projekte der ersten Periode fallen weg. Neue Projekte können mit einem neuen Projekt-Prozesskostensatz, der bereits mögliche Anpassungen an die betrieblichen Prozesskosten der laufenden Periode enthält, bewertet werden.

Der Kostenträger sind die Projekte und die Prozessmenge ist die Menge der beauftragten Projektstage innerhalb einer Geschäftsperiode. Die gesamte Anzahl der Projektstage/Jahr und damit der Auslastungsgrad ist von der Anzahl der Projekte, deren Dauer in Projekttagen, abhängig.

Die gesamten Prozesskosten sind die auf Basis einer Prozesskostenrechnung ermittelten GGK einer Geschäftsperiode. Die Prozesskosten werden in der Kalkulation durch die Prozessmenge, die durch

⁷⁶ [21] Prof. DI Michael Duschel und DI Wolf Plettenbacher, Handbuch Arbeitsvorbereitung im Baubetrieb, Linde, 2012

die Anzahl der verkauften Projektstage innerhalb einer Geschäftsperiode bestimmt ist, dividiert. Für die Ermittlung der Anzahl der Projektstage jedes Projektes wird der Berechnung eine 5-Tage Woche mit den gesetzlichen Nicht-Arbeitstagen am Standort des Unternehmens zu Grunde gelegt. Die Gesamtzahl der Projektstage innerhalb eines Kalenderjahres errechnet sich aus der Anzahl der Projektstage aller unterjährig, jahresübergreifenden und mehrjährigen laufenden Projekte.

Da die GGK pro Kalenderjahr weitgehend fix sind, kann dieser Projekt-Prozesskosten-Satz für alle Projekte innerhalb einer Periode angewandt werden.

PARAMETER	Einheit	Abkürzung
Geschäftsjahr	(= Kal. Jahr)	$GJ_1, GJ_2, GJ_3, \dots, GJ_n$
Projekt	(Nummer 1-i)	$Pj_1, Pj_2, Pj_3, \dots, Pj_i$
Projektstage/Kalender Jahr	[AT]	$DP_{1GJ1}, DP_{1GJ2}, DP_{1GJ3} \dots DP_{iGJn}$
Projekte innerhalb einer (unterjährig) oder über mehrere (mehrjährig) Perioden (Geschäftsjahre)		
Projektdauer	[AT]	$D_{Pj1} = DP_{Pj1GJ1}, D_{Pj2} = DP_{Pj2GJ1} + DP_{Pj2GJ2},$ $D_{PjiGJn} = \sum DP_{PjiGJn}$
Σ Projektstage pro Kal.Jahr	[AT]	$PjT_{GJ1} = DP_{Pj1GJ1} + DP_{Pj2GJ1} + DP_{Pj3GJ1} + \dots DP_{PjiGJ1}$ $PjT_{GJ2} = DP_{Pj2GJ2} + DP_{Pj3GJ2} + DP_{Pj4GJ2} + \dots DP_{PjiGJ2}$
Geschäfts-Gemeinkosten/Jahr	[WE]	$GGK_{GJ1}, GGK_{GJ2} + \dots GGK_{GJn}$
Auslastungsgrad	[%]	a_1
Projekt-Prozesskostensatz für Gemeinkosten (GGK) der Zentrale:		
Zeitabhängiger PjPKS	[WE/AT]	$PjPKS_{GJ1}, PjPKS_{GJ2}$

Berechnung von $PjPKS_{GJ1}$ für $GJ1$

$$PjPKS_{GJ1} = \frac{GGK_{GJ1}}{PjT_{GJ1} \cdot a_1}$$

Berechnung von $PjPKS_{GJ2}$ für $GJ2$

$$PjPKS_{GJ2} = \frac{GGK_{GJ2} - PjPKS_{GJ1} (DP_{Pj1GJ2} + DP_{Pj2GJ2} + \dots DP_{PjiGJ2})}{PjT_{GJ2} \cdot a_2}$$

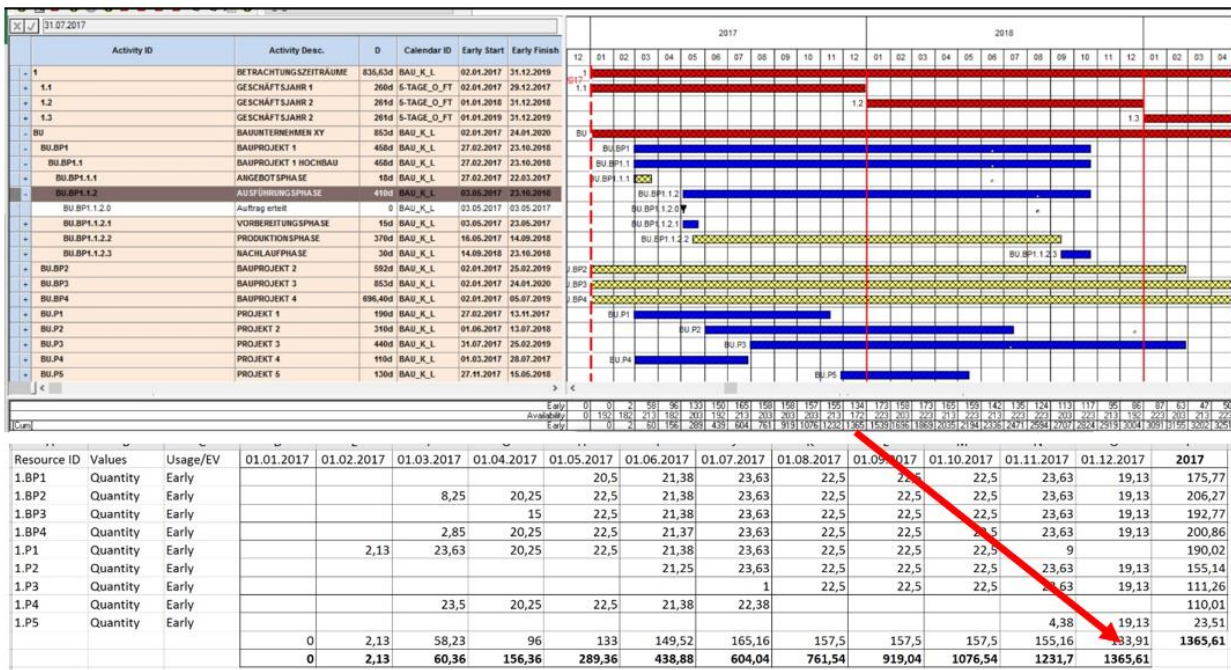


Abb. 75 Beispiel für die Ermittlung der Projektstage pro Kalenderjahr

Die Abb. 75 zeigt wie mit Hilfe einer unternehmensinternen Multiprojektplanung die Anzahl der in einem Geschäftsjahr beauftragten Projektstage ermittelt werden kann.

Für die unternehmensinterne Anwendung der Prozesskostenrechnung auf die Gemeinkosten gelten folgende Grundsätze und Voraussetzungen:

- Die zeitliche Abgrenzung zur Ermittlung der Projektdauer in AT ist für jedes Projekt gleich (z.B. Auftragsunterzeichnung – Übernahme/Abnahme)
- Mit einem Auftrag und der vertraglich vereinbarten Projekt-Dauer verkauft das Unternehmen nicht nur die reine Bauleistung, sondern auch Projektstage
- Zur Ermittlung der gesamten Anzahl von Projekttagen eines Geschäftsjahres ist der Einsatz von Multiprojektmanagement im Unternehmen erforderlich
- Auslastungsgrad der Ressourcen ist bekannt
- Kalkulation und Abrechnung beruhen auf der gleichen zeitlichen Basis – Arbeitstage [AT]
- Die zur Berechnung des Projekt-Prozesskostensatzes herangezogenen Gemeinkosten beinhalten keine auftragsabhängigen Kosten
- Bereits im Angebotsstadium erfolgt eine Bewertung der Projektmerkmale zur Berücksichtigung der unterschiedlichen Komplexität von Projekten.
- Zur Verifizierung der Bewertung des Komplexitätseffektes werden die Gemeinkosten auf Basis einer Prozesskostenrechnung erfasst.
- Für die Verrechnung von Projekt-Prozesskosten gibt es eine eigene Position im Leistungsverzeichnis mit Angabe des Projekt-Prozesskostensatzes in WE/AT

Diese vereinfachte Kalkulation gilt unter der Annahme, dass alle Projekte die gleiche Inanspruchnahme von Kapazitäten haben. In Kenntnis jenes Kostenanteils der GGK, der nicht durch projektbezogenen Kapazitätsbedarf verursacht wird, wäre eine Aufgliederung des Projekt-Prozesskostensatzes in einen fixen Anteil und in einen gewichteten Anteil möglich.

Zur Berücksichtigung projektspezifischer Parameter kann bereits im Angebotsstadium eine Anpassung des Projekt-Prozesskostensatzes mit zwei Berechnungsmethoden erfolgen:

11.4.2.1. Anpassung des Projekt-Prozesskostensatzes Variante 1

Da kleinere und damit auch kürzere Projekte bei gleicher Komplexität (vgl. Einfamilienhaus zu Mehrwohnhause) weniger repetitive Prozesse haben, besteht im Vergleich zu größeren Projekten eine relativ höhere Inanspruchnahme der Kapazitäten im Bauunternehmen.

Um diesen Zusammenhang rechnerisch zu berücksichtigen, kann die Korrelation zwischen Dauer und durchschnittlichem Umsatz⁷⁷ herangezogen werden. Höherer Umsatz/Zeiteinheit beansprucht mehr Kapazitäten des Unternehmens. Für die Berechnung wird näherungsweise ein linearer Umsatzverlauf über die Produktionszeit angenommen. Damit ergibt sich für den Tagesumsatz (TU) eines Projektes.

$$TU_{Pj1} = \frac{HK_{Pj1}}{D_{Pj1}} \text{ [WE/AT]} \rightarrow TU_{Pj1} \times D_{Pj1GJ1} = HK_{Pj1GJ1} \text{ [WE]}$$

und nachfolgend die Herstellkosten des Projektes in der jeweiligen Periode (Geschäftsjahr). Mit diesem Anteil an den gesamten Herstellkosten des jeweiligen Kalenderjahres kann eine Gewichtung des Projekt-Prozesskostensatzes vorgenommen werden.

Berechnung eines projektspezifische Projekt-Prozesskostensatzes $P_{j1}PkS$ [WE/AT] für

$$P_{j1}PkS_{GJ1} : P_{j1}Pk_{GJ1} = HK_{Pj1GJ1} : \sum (HK_{Pj1GJ1} + HK_{Pj2GJ1} + \dots + HK_{PjiGJ1})$$

11.4.2.2. Anpassung des Projekt-Prozesskostensatzes Variante 2

Der Projekt-Prozesskostensatz ($P_{j1}PkS$) wird in zwei Teile aufgeteilt. In einen fixen Anteil und in einen gewichteten Anteil. Der fixe Anteil des Projekt-Prozesskostensatzes mit dem Index (f) enthält Kosten der allgemeinen Geschäftsgemeinkosten (GGk_f) die Projekten nicht direkt zuordenbar sind. Der gewichtete Anteil des Projekt-Prozesskostensatzes mit dem Index (g) enthält jene Kosten von Prozessen die schon im Angebotsstadium von Projekt-Parametern abhängig sind (GGk_g).

Die, einer Prozesskostenrechnung entsprechende, Kostenerfassung in einem baubetrieblichen Prozesskosten-Abrechnungsbogen (GPzA) liefert das Verhältnis der beiden Anteile $GGk_{GJ1} = GGk_{fGJ1} + GGk_{gGJ1}$, z.B. $GGk_{fGJ1} : GGk_{gGJ1} = 4 : 1$, $P_{j1}PkS_{fGJ1} = 4 \cdot GGk_{fGJ1} / P_{j1}T_{GJ1}$ $P_{j1}PkS_{gGJ1} = 1 \cdot GGk_{gGJ1} \cdot P_{j1}T_{GJ1}$

Der von Projekt-Parametern abhängige durchschnittliche Anteil des Projekt-Prozesskostensatzes ($P_{j1}PkS_{gGJ1}$) kann im Angebotsstadium bei der Kalkulation eines projektspezifischen Projekt-Prozesskostensatzes mit einem projektspezifischen Faktor (f) gewichtet werden. Die Definition von projektspezifischen Parametern zur Anpassung des Anteils des Projekt-Prozesskostensatzes bildet die Berechnungsbasis für den anpassbaren Teil des Projekt-Prozesskostensatzes $P_{j1}PkS_{gGJ1}$

Die Haupt- u. Unterstützungsprozesse werden zur Berechnung eines Komplexitätsfaktors für die Gewichtung mit Parametern versehen. Die Parameter dienen der qualitativen Einstufung, die mit einem Prozent-Satz quantifiziert wird.

⁷⁷ [29] I. C. Prof., „Allgemeine Geschäftskosten: Kalkulation nach neuem Verfahren,“ UnternehmerBrief Bauwirtschaft

Projekt-Parameter, die Einfluss auf die Beanspruchung der Organisation des Bauunternehmens haben, haben gegenseitig verstärkende und abmindernde Wirkung. Durch Addition erhält man den für die Berechnung des Gewichtungsfaktors erforderlichen Prozent-Satzes.

Ausgehend von den Projektmerkmalen nach Kapitel 7.5.1 können für Bauprojekte folgende Merkmale zur Beurteilung der Einflussgröße auf die Prozesse definiert werden: Projektdauer, Projektwert, Komplexität, Organisation.

Da nicht alle Einflussgrößen zum Zeitpunkt der Angebotslegung bekannt bzw. einschätzbar (z.B. die Planungsqualität) sind, ist diese empirische Methode nur begrenzt einsetzbar. Ein Teil der Einschätzung wird wohl in einem Risikozuschlag zum Projekt-Prozesskostensatz Berücksichtigung finden müssen.

Für die Berechnung des Komplexitätsfaktors ist eine quantitative Bewertung der Projektmerkmale des vorliegenden Bauprojektes im Zusammenhang mit den Haupt- u. unterstützenden Prozessen der Unternehmensorganisation erforderlich. Die verbale Einstufung in gering/mittel/hoch wird in einen Prozentsatz umgesetzt.

BEISPIEL zur Berechnung des projektspezifische Gewichtungsfaktors (f) für Komplexität:

Technische Komplexität durch das Bauverfahren	gering/mittel/hoch	-10/0/+10 %
Fertigungstiefe z.B. Ortbeton, Fertigteile	gering/mittel/hoch	-10/0/+10 %
Organisatorische Komplexität		
aus Anzahl der Projektbeteiligten	gering/mittel/hoch	-10/0/+10 %
der vom AG gewählten Unternehmereinsatzform ⁷⁸	Einzel-/Haupt-/General-	-10/0/+10 %

	Projektmerkmal	Prozess	Qualitative Bewertung	%
1	Technische Komplexität	Angebotsprozess	Bürohaus	5
2	Organisatorische Komplexität	Projektmanagementprozess	AG=Nutzer + Betreiber	0
3	Unternehmereinsatzform	Beschaffungsprozesse	Einzelunternehmer BM	-10
4	Gerätebereitstellung	Supportprozesse	Rohbau Ortbeton	+10
			Σp	5

Beispiel zur Berechnung eines Gewichtungsfaktors für die Ermittlung eines projektspezifischen Projekt-Prozesskostensatzes.

Berechnung des Gewichtungsfaktors $f = (100 + \Sigma p) / 100$ für Anpassung $P_{j1}PKS_{gGJ1} = f \times P_{j1}PKS_{gGJ1}$

Differenzierter projektspezifischer Projekt-Prozesskostensatz $P_{j1}PKS_{GJ1} = P_{j1}PKS_{fGJ1} + P_{j1}PKS_{gGJ1}$ [WE/AT]

⁷⁸ [7] Wolfgang Oberndorfer, Hans Georg Jodl, Handwörterbuch der Bauwirtschaft: Interdisziplinäre Begriffswelt des Bauens, Austrian Standards Plus Publishing, 2010

Die Anwendung des gewichteten Projekt-Prozesskostensatzes eröffnet die Möglichkeit im Modell der Prozesskostenrechnung bei Einzelprojekten den in der Zuschlagskalkulation unbeachtet bleibenden Komplexitätseffekt zu berücksichtigen.

Der Unterschied der beiden Varianten liegt in der Berechnungsgrundlage. In Var 1 basiert die Berechnungsgrundlage auf dem projektspezifischen Tagesumsatz, der als Voraussetzung die Projektdauer D_{Pj} des Einzelprojektes enthält und in Relation zu den HK_{Gj} gewichtet wird. In Var 2 werden, zur Berücksichtigung von projektspezifischen Abweichungen, die Geschäftsgemeinkosten in 2 Teile gesplittet und der ausschließlich projektabhängige Anteil des Projekt-Prozesskostensatz $PjPkS_{gGj}$ unter Verwendung mehrerer Parameter entsprechend gewichtet.

Im Angebotsstadium ist die Var 1 auf Grund der verfügbaren Daten besser kalkulierbar als die Var 2.

11.5. Berechnung des Produktions-Prozesskostensatzes

11.5.1. Zielsetzung

Dem Einsatz des Produktions-Prozesskostensatzes für ein Bauprojekt liegt das Beanspruchungsprinzip der Prozesskostenrechnung zu Grunde. Die Beanspruchung der Produktionsanlage Baustelleneinrichtung ist von der Anzahl des an der Baustelle vorhandenen produktiven Personals abhängig.

Die Berechnung des projektspezifischen Produktions-Prozesskostensatzes $PdPkS$ erfolgt daher für die Ausführungsphase, die der Herstellungs- bzw. Produktionsdauer entspricht.

Der variable Produktions-Prozesskostensatz $PdPkS_v$ für die zeitabhängigen variablen Kosten der Baustelleneinrichtung wird, dem Beanspruchungsprinzip folgend, pro Personaltag (PT) ermittelt und dann auf Basis des an der Baustelle anwesenden produktiven Personals verrechnet. Die Prozessmenge ist der gesamte, zur Leistungserbringung erforderliche, Aufwand (h) des produktiven Personals.

Die nachstehende Analyse der zeitabhängigen Kosten der Baustelleneinrichtung zeigt, dass es fixe und variable Anteile gibt. D.h., selbst wenn keine Bautätigkeit stattfindet, fallen Kosten an. Dieser Kostenanteil kann wie bei den allgemeinen GGK über einen fixen Produktions-Prozesskostensatz für Baustellengemeinkosten $PdPkS_f$ kalkuliert werden. Die Prozessmenge ist die Produktionsdauer D_{PdPh} in Arbeitstagen [AT].

		PROZESSE				KOSTEN				
		Proz.	KTR	Im_Kost.	Ress. Art					
LEISTUNGSPROZESSE		BAUSTELLENEINRICHTUNG / KST BAUSTELLE								
		LP1	1.0	Baustellenmanagement	R				Bauleitungskosten	
		TEILPROZ.	1.1	Bauleitung	R	ZTR	l _{mn}	P	Gehaltskosten der BL	fix
			1.2	Aufsicht produktives Personal	R	ITR	l _{mi}	P	Aufsichtskosten prod.Pers.	var
			1.3	Administration	R	ITR	l _{mi}	P	Porto, Telefon, Büromaterial	var
									PKW-u. Reisekosten	var
									Bewirtung u. Werbung	var
			1.4	Arbeitsvorbereitung Ausführung	E	ITR	l _{mi}	P		fix
			1.5	Auftrags-Arbeitskalkulation	E	ITR	l _{mn}	P		fix
			1.6	Änderungsmanagement	R	TTR	l _{mi}	P		var
			1.7	Nachtragsmanagement	R	TTR	l _{mi}	P		var
		1.8	Koordination (Eigen-u. Fremdleistung)	R	TTR	l _{mi}	P		var	
		1.9	Auftraggeber Kommunikation	R	ITR	l _{mi}	P		var	
		LP2	2.0	Produktionsmittel beschaffen						var
		TEILPROZ.	2.1	Betriebsmittel beschaffen	R	TTR	l _{mi}	P		
			2.2	Personal beschaffen	R	TTR	l _{mi}	P		
			2.3	Material beschaffen	R	TTR	l _{mi}	P		
			2.4	Maschinen, Geräte beschaffen	R	TTR	l _{mi}	P		
			2.5	Fremdleistung beschaffen	R	TTR	l _{mn}	P		
			2.6	Einrichtung, Ausstattung beschaffen	R	TTR	l _{mi}	P		
		LP6	6.0	Abrechnungsprozess						var
		TEILPROZ.	6.1	Leistungsfeststellung	R	ZTR	l _{mi}	P		
			6.2	Abrechnungsunterlagen erstellen	R	ZTR	l _{mi}	P		
			6.3	Rechnungslegung	R	ZTR	l _{mi}	P		
		LP7	7.0	Abnahme-Übergabeprozess	E					var
		TEILPROZ.	7.1	Funktionskontrollen	E	TTR	l _{mi}	P		
			7.2	Mängelfeststellung	E	TTR	l _{mn}	P		
			7.3	Abnahmeprotokoll	E	ITR	l _{mn}	P		
		LP4	4.0	Produktionsanlage betreiben					Vorhaltekosten (AV+Rep)	
		TEILPROZ.			R	ZTR	l _{mu}	P/G	Vorhaltegeräte	fix
					R	ZTR	l _{mu}	P/G	Stationäre Anlagen	fix
			4.3	Container, Baracken	R	ZTR	l _{mu}	G	Container, Baracken	fix
					R	ZTR	l _{mu}	P/G	Fahrzeuge	fix
					R	ZTR	l _{mu}	G	Einrichtung, Ausstattung	fix
									Betriebs-Bedienungskosten	
			4.1	Vorhaltegeräte betreiben, warten			l _{mi}	P	Vorhaltegeräte betreiben, warten	var
			4.2	Stationäre Anlagen betreiben, warten			l _{mi}	P	Stationäre Anlagen betreiben, warten	var
			4.4	Fahrzeuge betreiben			l _{mi}	P	Fahrzeuge betreiben	var
									Sonderkosten	
			4.5	Bewachung			l _{mu}	P	Bewachung	fix
							l _{mu}		Besondere Bauversicherungen (RK)	fix
							l _{mi}		Besondere Finanzierungskosten	var
							l _{mu}		Lizenzgebühren	fix
									Sonstige Kosten	
							l _{mi}	P	Kosten für Hilfsarbeiten	var
							l _{mi}	P	Versorgungskosten	var
							l _{mu}	S	Mieten	fix
							l _{mi}	M	Kosten für Verbrauchsstoffe	var

Abb. 76 Prozess- u. Kostenanalyse der zeitgebundenen Kosten der Produktionsanlage

Die Abb. 76 beinhaltet, mit Ausnahme des LP3 Produktionsanlage herstellen, umbauen, abbauen und LP5 Bauproduktion - Objektherstellung, eine weitere Detaillierung der übrigen Leistungsprozesse an der Baustelle. Zur Feststellung von fixen und variablen Anteilen an den Prozesskosten ist eine kombinierte Darstellung mit den Kostenanteilen erforderlich. Daraus können auch den Leistungsprozessen nicht direkt zuordenbare zeitabhängige fixe Kosten identifiziert werden.

Der variable Produktions-Prozesskostensatz $PdPk_{S_v}$ für die zeitabhängigen variablen Kosten der Baustelleneinrichtung wird, dem Beanspruchungsprinzip folgend, pro Personaltag (PT) ermittelt und dann auf Basis des an der Baustelle anwesenden produktiven Personals verrechnet. Die Prozessmenge ist der gesamte, zur Leistungserbringung erforderliche, Aufwand (h) des produktiven Personals.

11.5.2. Vorgangsweise

Zunächst ist eine zeitliche Abgrenzung der Produktionsphase erforderlich. Die Produktionsphase beginnt mit dem Meilenstein „Baustelle einrichten abgeschlossen“ und endet mit dem Meilenstein „Beginn Baustelle räumen“. Die Ermittlung der Dauer der Produktionsphase ist an die Projektdauer gekoppelt.

Der Kostentreiber für die fixen Kosten der Baustelle ist die Dauer der Produktionsphase. Aus der Abb. 76 lassen sich jene fixen, lmu Kostenanteile extrahieren die der nachstehenden Berechnung zu Grunde gelegt werden.

PARAMETER	Einheit	Abkürzung
Projektdauer für Projekt1	[AT]	D_{Pj1}
Dauer der Vorbereitungsphase - Phase (VPh)	[AT]	D_{Pj1VPh}
Dauer der Nachlaufphase (NPh)	[AT]	D_{Pj1NPh}
Dauer der Produktionsphase (PdPh)	[AT]	$D_{Pj1PdPh} = D_{Pj1} - D_{Pj1VPh} - D_{Pj1NPh}$
Fixe zeitabhängige Kosten der Baustelle	[WE/Mo]	BGK_{P1f} / Mo
Gesamte fixe zeitabhängige Kosten der Baustelle	[WE]	$BGK_{Pj1f} = (D_{Pj1PdPh} / 21,67) \cdot BGK_{P1f}$
Produktions – Prozesskostensatz für die fixen zeitgebundenen Kosten der Baustelleinrichtung:		
Zeit – gesteuerte Kosten pro Produktionstag	[WE/AT]	$PdPkS_{Pj1f} = \frac{BGK_{P1f}}{D_{Pj1PdPh}}$

Der Kostentreiber (KTR) für die variablen zeitabhängigen Kosten der Baustelleinrichtung ist das an der Baustelle erforderliche produktive Personal.

Die zuordenbaren variablen Kosten der Baustelleinrichtung sind mit dem für die Herstellung erforderlichen gesamten Arbeitsaufwand verknüpft.

Unter der Voraussetzung, dass die Ermittlung der zeitabhängigen Kosten der Baustelleinrichtung auf Basis einer Prozesskostenrechnung erfolgte, könnte dieser Kostensatz auch bei anderen gleichartigen Baustellen angewandt werden.

PARAMETER	Einheit	Abkürzung
Variable zeitabhängige Kosten der Baustelle	[WE/Mo]	BGK_{Pjv} / Mo
Gesamte variable zeitabhängige Kosten der Baustelle	[WE]	$BGK_{Pj1v} = (PdPh_{P1} / 21,67) \cdot BGK_{Pjv}$
Gesamter Arbeitsaufwand des produktiven Personals	[h]	$AA_{Pj1} = \sum h$ (ev. aus LV-Pos.)
Gesamtanzahl der Personentage der Produktionsphase	[PT]	$PdT_{Pj1PdPh} = \frac{AA_{Pj1}}{8}$
Produktions-Prozesskostensatz der variablen Kosten für die Baustelleinrichtung:		
Einsatzmittel – gesteuerte Kosten pro Personaltag	[WE/PT]	$PdPkS_{Pj1v} = \frac{BGK_{Pj1v}}{PdT_{Pj1PdPh}}$

Die gesamten zeitabhängigen Kosten der Produktionsanlage Baustelleinrichtung berechnen sich daher wie folgt:

$$PdPkS_{Pj1} = PdPkS_{Pj1f} \times D_{Pj1PdPh} + PdPkS_{Pj1v} \times PdT_{Pj1PdPh} \quad [WE]$$

Um dem Beanspruchungsprinzip der Prozesskostenrechnung zu entsprechen ist zur Vervollständigung des 5D-Modells eine Zuordnung der variablen (einsatzmittelabhängigen) Kosten der Produktionsanlage zu den Elementen erforderlich. Deshalb ist aus der Sicht des Bauunternehmens eine eigene Auslegung der zeitabhängigen – elementbezogenen Kostenberechnung notwendig.

Bei Leistungsänderungen oder allenfalls erforderlicher Forcierung können die Auswirkungen auf die Kosten und deren Kostenanfall unmittelbar errechnet werden.

11.6. Kalkulation von Elementkosten

11.6.1. Zielsetzung

Die durchgehende Anwendung der Kostenermittlung von Prozessen bei allen Kalkulationsschritten soll die Vergleichbarkeit von Angeboten über die Prozessleistung ermöglichen und die Lücke zwischen der planungsorientierten Kostenplanung und ausführungsorientierten Abrechnung schließen.

Im Bauwesen gibt es, im Unterschied zur stationären Industrie, eine etwas andere Ausgangssituation, sodass das Berechnungsmodell der stationären Fertigung für die Bauproduktion nicht 1:1 übernommen werden kann. Es ist zu berücksichtigen, dass es ein zentrales Büro gibt, die Baustelle der Produktionsort ist, der gleichzeitig die Produktionsanlage beinhaltet, und die Produkte weitgehend einmalig sind.

11.6.2. Vorgangsweise

Produkten und Dienstleistungen liegen verschiedene Prozesse zu Grunde, sodass Kostenanteile üblicherweise mit einem Kostensatz je Prozess berechnet werden können. Zur Ermittlung der Prozesskosten werden Tätigkeiten zu einem Prozess zusammengefasst und Kostensätze je Prozess ermittelt.

Da es in Projekten und an der Baustelle aber verschiedene Prozessarten und unterschiedliche Elemente gibt, ist es mit dieser Methode nicht möglich Produkt-/Elementkosten zu kalkulieren. Allerdings können mit den Daten aus den 3D-Modellen die zur Herstellung eines spezifischen Elements erforderlichen Prozesse im jeweiligen BIM – Modell identifiziert werden.

Damit kann der Arbeitsaufwand für jeden Prozess ermittelt und die Prozessdauer für die Herstellung jedes Bauelements berechnet werden.

Gleichartige Leistungen werden wie bisher nicht mehr in LV-Positionen zusammengefasst, sondern es werden mit den Mengen- und Qualitätsdaten aus dem 3D-Modell Materialkosten und unter Verknüpfung mit dem Kalkulationsverfahren nach der LV-Methode die Personalkosten und Gerätekosten für die Produktion einzelner Elemente ermittelt.

Die Kosten des Fertigungsprozesses (FpK_E) auf Basis von Elementkosten für den Rohbau (3D-Strukturmodell) berechnen sich daher wie folgt:

PARAMETER	Einheit	Abkürzung
Personalkosten je Element (1-i)	[WE]	$PK_E = \sum (Pk_1+Pk_2+Pk_3+\dots Pk_i)$
Gesamte Materialkosten je Element (1-i)	[WE]	$MK_E = \sum (Mk_1+Mk_2+Mk_3+\dots Mk_i)$

Gesamte Gerätekosten je Element (1-i)	[WE]	$GK_E = \sum (Gk_1+Gk_2+Gk_3+\dots Gk_i)$
Sonstige Kosten je Element (1-i)	[WE]	SK_E
Gesamter Arbeitsaufwand des produktiven Personals	[h]	$AA_{Pj13DS} = \sum h$ (ev. aus LV-Pos.)
Gesamtanzahl der zur Fertigung benötigten Personentage	[PT]	$FT = \frac{AA_{Pj13DS}}{8}$
Einsatzmittelabhängiger Produktions – Prozesskostensatz		$PdPkS_{Pj1V}$
Fertigungskosten mit ressourcenabhängigen Produktions-Prozesskostensatz		$FpK_E = PK_E + MK_E + GK_E + SK_E + PdPkS_{Pj1V} \times FT$

Weitere Prozesskosten (Nachbearbeitung, Montage) müssen auf Grund der Parameter der Elemente (z.B. Volumen, Oberfläche) entsprechend den verschiedenen Modellen (Ausbaumodell, Fassadenmodell) zugeordnet werden.

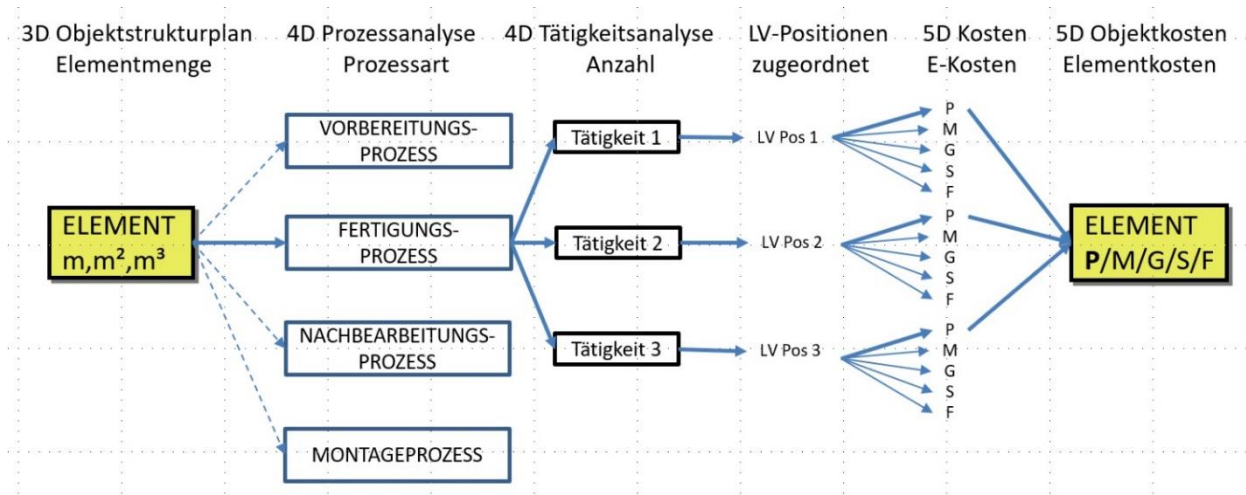


Abb. 77 Zusammenhang Element – Prozess – Tätigkeiten – LV-Pos - Elementkosten

Die Abb. 77 zeigt den Zusammenhang zwischen den aus dem 3D-Modell verfügbaren Daten und der prozessorientierten Ermittlung der Kostendaten unter Verwendung der Kalkulationsergebnisse der LV-Positionen aus dem K7-Blatt.

Das 5D-Modell ergibt sich durch Zusammenfassung zu Modulen. Die Gesamtkosten des Objektes ergeben sich durch Verdichtung nach der Projektstruktur.

Dabei ist zu beachten, dass es zwischen dem 4D-Modell und den LV-Positionen drei Fälle von Zuordnungen gibt. Der erste Fall, dass ein Vorgang oder Element im Terminplan 1:1 einer Position des LV entspricht ist eher die Ausnahme (z.B. Baustelle einrichten). Beim zweiten Fall n:1 beinhalten mehrere Vorgänge oder Elemente die gleichen Positionen des LV (z.B. gleicher Beton in mehreren Geschosdecken). Der Fall 1:m bei dem ein Element (z.B. Wand) mehrere LV-Positionen enthält.

Diese zunächst voneinander unabhängigen Informationen werden in Tabellen gespeichert und diese über Zwischentabellen⁷⁹ mittels Feldzuordnung (mapping) miteinander verknüpft. Damit ist es möglich die m:n Relationen die zwischen den 3D-Modellen dem 4Daufzulösen.

⁷⁹ [32] T. Hrsg. Univ.Prof.Dr.-Ing. Detlef Heck, BAUEN NEU DENKEN, 5.Internationaler BBB-Kongress, Graz: Technische Universität Graz, 2019

Grundlage für die Verknüpfung der verschiedenen Daten ist ein Entity-Relationship-Modell⁸⁰ auf Basis einer relationalen Datenbank, das jedoch nicht Gegenstand dieser Arbeit ist.

Folgende Informationen sind zur Abbildung der Relationen mit dem Terminplan erforderlich: Aus den 3D-Modellen die Elementdaten (ELEBAS - Abmessungen, Quantitäten, Qualitäten) und die Elementdefinition (IFC4-Spezifikationen) und die topografische Zuordnung im Objekt.

Für das 5D-Modell sind zur Abbildung der Relationen mit dem Terminplan die Aufwandsdaten für jedes Element (kalkulierte h/Vorgang), der Projekt-Prozesskostensatz für zeitabhängige Geschäftsgemeinkosten $PjPkS [WE/AT]$, die Produktions-Prozesskostensätze bestehend aus dem Anteil der fixen zeitabhängige Baustellengemeinkosten $PdPkS_f [WE/AT]$ und dem variablen Anteil für die ressourcenabhängigen Baustellengemeinkosten $PdPkS_v [WE/PT]$.

Zur Erstellung des 4D-Modells erfolgt die Verknüpfung mit der Projektstruktur (Phasen, Prozesse, Meilensteine), der Prozessstruktur (Vorbereitungs-, Fertigungs-, Montage-, Nachbearbeitungsprozesse) und über die Ressourcenzuordnung zu den Vorgängen (Elementzuordnung aus 3D zu Vorgängen des Terminplanes, Kostenzuordnung mit den Positionen des LV) die Erstellung des 5D-Modells.

Mit den Vorgangsdaten (Beschreibung der Tätigkeit, Vorgangs - Dauer), der im Terminplan enthaltenen Logik (Technologische Abhängigkeiten, Reihenfolge des Ablaufes) und unter Berücksichtigung der projektspezifischen Kalenderdaten (Festlegung von Nicht-Arbeitstagen) wird die Projektlaufzeit (Dauer), die Produktionszeit (Bau-Dauer) und damit zusammenhängende Kosten berechnet.

11.6.2.1. Berechnung von Element - Prozesskostensätzen bei einzelnen Fertigungsprozessen

Die Anwendung von Prozesskostensätzen ist dann sinnvoll, wenn die gleichen Geräte oder Einrichtungen zur Produktion für mehrere Elemente verwendet werden. Als Beispiel bietet sich die Schalung (S) die zur Produktion des Elements Wand in Ortbetonbauweise, nachdem die Wandstärke keinen Einfluss auf die Schalungskosten hat, an.

Die Berechnung eines Prozesskostensatzes für den Herstellungsprozess von Stahlbetonelementen in Ortbetonbauweise erfolgt unter Verwendung der Grundformel

$$\text{Prozesskostensatz } EIPkS_s[WE/E] = \text{Prozesskosten } EIPK_s[WE] / \text{Prozessmenge } Pms[n]$$

Für eine Schalungsart (z.B. Wandschalung) kann ein Element-Prozesskostensatz für die Kalkulation der Elementkosten ermittelt werden.

Die Prozessmenge Schalung Pms ist die Anzahl $[n]$ der gleich großen Wandelemente. Der Element-Prozesskostensatz für Wandschalung $EIPkS_s [WE(E)]$ muss unter Berücksichtigung der nachstehenden Parameter berechnet werden.

⁸⁰ Modell zur Darstellung von Dingen, Gegenständen und Objekten und den Beziehungen/Zusammenhängen zwischen diesen

Prozessdefinition:	SCHALUNGSEINSATZ		EH	
Version :	Entwurf			
Datum:	TT.MM.JJJJ			
ZIELSETZUNG	Ermittlung der Prozesskosten für ein Element			
Prozessverantwortl.:	Bauleiter			
ABGRENZUNG	nur bei mehr als 3 gleichen Bauteilen			
Beginn	Schalungsmaterial auf der Baustelle verfügbar			
Ende	Schalungsmaterial bereit zum Abtransport			
INPUT	3D - Daten der Elemente (Oberfläche, Anzahl)	$n \cdot A_{EI}$		
	Gesamtschalfläche aller gleichen Elemente	$A_S = n \cdot A_{EI}$	[m ²]	
Start	TÄTIGKEITEN mit spez. Stundenaufwand			
↓ Teilschritt 1 GRUNDMONTAGE	Ermittlung der Vorhaltemenge	M_v	[m ²]	
	spez. Stundenaufwand Grundmontage	t_{GM}	[h/m ²]	
	Aufwand für Grundmontage	$S_{GM} = t_{GM} \cdot M_v$	[h]	
↓ Teilschritt 2 EINSCHALEN DES ELEMENTS	spez. Stundenaufwand einschalen	t_E	[h/m ²]	
	versetzen	t_v	[h/m ²]	
	ausrichten	t_a	[h/m ²]	
	ölen	t_o	[h/m ²]	
	ankern Anker/ m ² . h/Anker	t_{Aa}	[h/m ²]	
	Aussparungen h/E umgelegt auf m ²	$t_{Aussparung}$	[h/m ²]	
	Arbeitsgerüst h/Stk umgelegt auf m ²	$t_{Gerüst}$	[h/m ²]	
	Sicherheitsmaßnahmen h/ M _v in	$t_{Sicherheit}$	[h/m ²]	
	spez. Stundenaufwand einschalen	$t_E = t_v + t_a + t_o + t_{Aa} + t_{Aussparung} + t_{Gerüst} + t_{Sicherheit}$		[h/m ²]
	Aufwand für Einschalen	$S_E = t_E \cdot A_S$		[h]
↓ Teilschritt 3 UMSETZEN	spez. Stundenaufwand umsetzen	t_U	[h/m ²]	
	Spielzeit	t_s	[h/E]	
	Elementgröße	A_{el}	m ² /E]	
	Einsatzzahl	n_e	[-]	
	horizontaler Element-Transport	t_E	[h/E]	
	spez. Stundenaufwand umsetzen	$t_U = (t_E + t_s) / A_{el}$		
Aufwand für Umsetzen	$S_U = t_U \cdot M_v \cdot n_e$		[h]	
↓ Teilschritt 4 AUSSCHALEN	spez. Stundenaufwand ausschalen	t_A	[h/m ²]	
	Anker lösen Anker/ m ² . h/Anker	t_{Al}	[h/m ²]	
	Schalung lösen h/ E umgelegt auf m ²	t_{sl}	[h/m ²]	
	spez. Stundenaufwand ausschalen	$t_A = t_{Al} + t_{sl}$		
Aufwand für Ausschalen	$S_A = t_A \cdot A_S$		[h]	
↓ Teilschritt 3 ZERLEGEN U. REINIGEN	spez. Stundenaufwand zerlegen und reinigen	t_{ZR}	[h/m ²]	
Aufwand für Zerlegen und Reinigen	$S_Z = t_{ZR} \cdot M_v$		[h]	
↓ Ende	Gesamtaufwand für die Schalung für aller Elemente	$T_{proz} = (S_{GM} + S_E + S_U + S_A + S_Z)$	[h]	
	Kostensatz	KS_S	[WE/h]	
	Prozesskosten für den Anteil Schalung	$PK_S = T_{proz} \cdot KS_S$	[WE]	
OUTPUT	Prozesskostensatz für ein Element	$EIPK_S = (PK_S / M_v) \cdot A_{EI}$	[WE/E]	
direkt nachgel.Prozess	Kalkulation der gesamten Elementkosten (Schalung/Bewehrung/Beton)			
Folgeprozesse	Ermittlung der Modulkosten, Ermittlung der gesamten Fertigungskosten			

Abb. 78 Ermittlung eines Element - Prozesskostensatzes am Beispiel Schalung

In der Abb. 78 ist der Kalkulationsprozess für einen Elementprozesskostensatz am Beispiel Schalung dargestellt. Beim Schalungseinsatz werden einmalige Kosten wie Grundmontage, Zerlegen und

Reinigen auf die gesamte zu schalende Fläche umgelegt. Beziehen sich diese Kosten jedoch nur auf das Element, so kann eine höhere Einsatzzahl zur Reduktion der Schalungskosten führen. Dieser Effekt ist jedoch nur lukrierbar, wenn die Vorhaltemenge der Schalung möglichst klein gehalten wird.

Dieses Minimum kann durch geeignete Wahl der Arbeitsabschnitte und zusätzliche ablauftechnische Überlegungen erzielt werden. Bei der technologisch kürzest möglichen Herstellungszeit ergibt sich die größte Vorhaltemenge mit der geringsten Einsatzzahl. Die einmaligen Kosten des Schalungseinsatzes für Grundmontage, erstmaliges einschalen und zerlegen und reinigen haben entsprechend erhöhende Auswirkungen auf den Element-Prozesskostensatz.

Die Kosten für die Herstellung eines Wandelements (W) aus Stahlbeton berechnen sich mit einem Element-Prozesskostensatz für die Wandschalung (EIPkS_{SW}) daher wie folgt:

Personalkosten für Bewehrung und Beton je Element	[WE]	$PK_{EW} = PK_{Bew} + PK_{Bet}$
Materialkosten für Bewehrung und Beton je Element	[WE]	$Mk_{EW} = Mk_{Bew} + Mk_{Bet}$
Gesamter Arbeitsaufwand des produktiven Personals	[h]	$AA_{EW} = \sum h$ (ev.aus LV-Pos.)
Gesamtanzahl der zur Fertigung benötigten Personentage	[PT]	$FT_{EW} = \frac{AA_{EW}}{8}$
Einsatzmittelabhängiger Produktions – Prozesskostensatz	[WE/PT]	$PdPkS_{P1V}$

$$HK_{EW} = PK_{EW} + Mk_{EW} + EIPkS_{SW} + PdPkS_{P1V} \cdot FT_{EW} \text{ [WE]}$$

11.6.2.2. Berechnung eines Element - Prozesskostensätzen für alle Herstellungsprozesse

Die Grundlage für alle nachfolgenden Kalkulationsschritte bildet die Objektstruktur und ein 3D-Modell indem die Elemente mit ihren Parametern definiert sind.

Werden mehrere Fertigungsschritte in einem Prozess (z.B. Schalen – Bewehren - Betonieren) zusammengefasst und dabei die gleichen Produktionsmittel (z.B. Schalungselemente, Traggerüste) für mehrere Elemente eingesetzt, so kann durch Einsatz eines Element – Prozesskostensatzes (EIPkS), der die reinen Fertigungskosten und die anteiligen Produktionskosten enthält, die Ermittlung der Elementkosten vereinfacht werden.

$$EIPkS_{E1} = PK_{E1} + EIPkS_{SE1} + PdPk_{E1}$$

Da dieser Elementprozesskostensatz auf die Anzahl der Elemente umgelegte Kostenanteile enthält ist der Einsatz, auf Grund des Degressionseffektes, nur bei einer genügend großen Anzahl (mind. sechs) gleicher Elemente sinnvoll.

Die Elementkosten für ein Rohbau - Element ergeben sich aus der Summation von Fertigungsprozesskosten (Personalkosten), den materialabhängigen Elementkosten (z.B. Bewehrung/Beton), den anteiligen Produktionskosten und allenfalls weiteren sonstigen Elementkosten.

$$EIK_{E1} = EIPkS_{E1} + MK_{E1} + SK_{E1}$$

11.7. Schlussfolgerungen

Aus einer unternehmensinternen Prozesskostenrechnung lässt sich ein Projekt-Prozesskostensatz ermittelt der im prozessorientierten Modell der Baukalkulation bei Kalkulation und Abrechnung statt der mengenabhängigen Zuschlagssätze verwendet werden kann.

Aus den, von der Dimensionierung der Baustelleneinrichtung abhängigen, zeitabhängigen Kosten lassen sich zwei Produktions-Prozesskostensätze ableiten. Einer berücksichtigt die fixen zeitabhängigen Kosten, wenn keine Bautätigkeit stattfindet. Der andere errechnet sich auf Basis des Auslastungsgrades der Baustelleneinrichtung und ist berücksichtigt damit sowohl ressourcen- als auch zeitabhängige Kosten.

Anteilige Produktionskosten fallen demnach auf Objektebene und auf Elementebene an.

Auf Elementebene sind die Produktionskosten vom kalkulierten Arbeitsaufwand und der zur Leistungserbringung erforderlichen Personalanzahl abhängig. Bei gleichen Elementen lassen sich die Kosten mehrerer Tätigkeiten in einem Element-Prozesskostensatz zusammenfassen.

12. Schemata für prozessorientierte Kostenkalkulation im Bauunternehmen

Das Modell der prozessorientierten Baukalkulation setzt sich aus drei Kalkulationsschritten zusammen. Beginnend mit der Kalkulation der Elementkosten werden im nächsten Schritt die Herstellkosten des Bauwerkes kalkuliert auf den im letzten Schritt die Kalkulation der Selbstkosten folgt. Zur Zusammenstellung eines Gesamtmodells für die Prozesskostenrechnung werden im Folgenden die Kalkulationsschemata für die einzelnen Kalkulationsschritte (Bottom-Up) dargestellt.

12.1. Prozessorientiertes Kalkulationsschema für die Elementkosten

Die Methode der elementbasierten Planung und Ausführung bildet die Grundlage für die prozessorientierte Baukalkulation. Im Hochbau werden vom Architekturmodell ausgehend alle anderen 3-D Modell die für die Kalkulation relevante Daten liefern entwickelt. Im Hinblick auf die Herstellungsprozesse finden sich im Strukturmodell bzw. Tragwerksmodell jene Elemente, die vorwiegend in einer Baustellenfertigung hergestellt werden. Ein Fassadenmodell beinhaltet zumindest die vertikalen Oberflächen und das Architekturmodell alle Ausbaugewerke mit den Nachbearbeitungs- und Montageprozessen. Eine Sonderstellung hinsichtlich der Herstellungsprozesse hat das TGA-Modell, da es vorwiegend aus Montageprozessen besteht. Für die Erstellung des 4D-Modells mit dem dann weitere Kalkulationsgrundlagen berechnet werden ist ein LoD300 erforderlich.

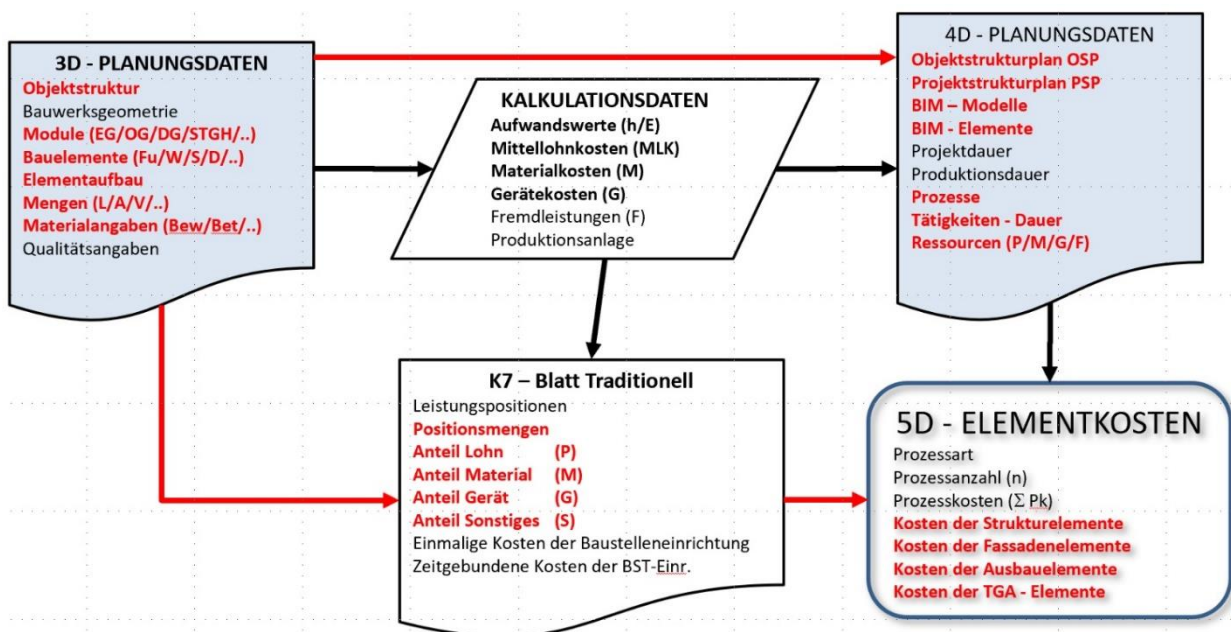


Abb. 79 Datenfluss zur Kalkulation der Elementkosten

Das in Abb. 79 dargestellte Schema zeigt in farblicher (rot) Darstellung den Datenfluss und die für die prozessorientierte Kostenermittlung der Elementkosten erforderlichen Daten. Als erster Schritt im 4D-Modell steht die Detaillierung und Feststellung der erforderlichen Prozessart mit den damit verbundenen Tätigkeiten bzw. Vorgängen des Terminplanes.

Da nicht alle Kostenanteile (z.B. bei Material die Anstriche) eines Objektes in den 3D-Modellen darstellbar sind und auch nicht im 4D-Modell über die Ressourcenzuordnung (Einsatzmittel) alle

Kosten abgebildet werden können ist für ein vollständiges 5D-Modell die traditionelle Baukalkulation ergänzend notwendig.

Zielsetzung ist die herstellungs- und abrechnungskonforme Ermittlung der Elementkosten. Die Kostenermittlung folgt daher den Prozessabläufen an der Baustelle. Trotzdem soll es möglich sein mit allen Prozessarten die Elementkosten des gesamten Herstellprozesses eines einzelnen Elementes darzustellen.

12.1.1. Kalkulation der Elementkosten mit Daten aus dem K7-Blatt

Bei weniger als sechs gleichen Elementen ist die Verwendung eines Element-Prozesskostensatzes nicht sinnvoll und werden die Elementkosten mit Hilfe der Daten aus dem K7-Blatt ermittelt. Die Daten der LV-Positionen nach ÖNORM B 2061 sind nicht unmittelbar verwendbar, da nur nach den Preisanteilen Lohn und Sonstiges unterschieden wird, womit die Trennung in Materialkosten (M), Gerätekosten (G) und etwaige Fremdleistungskosten (F) eines Elements nicht bestimmbar ist.

Die Mengenparameter je Element können aus den BIM-Planungsdaten entnommen werden, die zunächst mit den entsprechenden LV-Positionen verknüpfbar sind. Damit können mit den zugehörigen K7-Blättern die Einzelkosten differenziert nach den Kostenarten P/M/G/F je Element ermittelt werden.

Die Zusammenfassung der gleichen Kostenarten verschiedener LV-Positionen und deren Summation ergeben die gesamten Einzelkosten des Elements.

EINHEITSKOSTEN DER ELEMENTE											
Elemente und Prozesse	VP	VORBEREITUNGSPROZESS									
	P	Arbeitsaufwand									
		Tätigkeiten x Leistungsansatz	K7		E	x	E/h		h		
		zugeord. Aufwand x MLK	K7				h	x	WE/h		
		Summe P								WE	
	M	Materialmenge zu Tätigkeit									
		Materialien									
					E	x	WE/E			WE	
		Summe M									
	G	Geräteinsatz zu Tätigkeit									
		Geräte									
			K7						h		
		Summe G					h	x	WE/h	WE	
	F	ev. Fremdleistung									
			K7		P				WE	WE	
		VORBEREITUNGSKOSTEN									
		PdPkS_v	Produktions-Prozesskostensatz variabel						WE/PT		
	VP	PRODUKTIONSKOSTENANTEIL									
	Aufwand										
						PT			WE		
								PT x WE/PT	WE		
Vk_E	VP-PROZESSKOSTEN								WE		
FP	FERTIGUNGSPROZESS								WE		
Fk_E	FP-PROZESSKOSTEN								WE		
NP	NACHBEARBEITUNGSPROZESS								WE		
Nk_E	NP-PROZESSKOSTEN								WE		
MP	MONTAGEPROZESS								WE		
Mk_E	MP-PROZESSKOSTEN								WE		
PK_E	PRODUKTIONSKOSTEN JE ELEMENT								WE		

Abb. 80 Prozessorientiertes Kalkulationsschema zur Kalkulation der gesamten Elementkosten

Die Tabelle in Abb. 80 zeigt Schritt 1 der prozessorientierten Kostenkalkulation für die Ermittlung der gesamten Produktionskosten eines Elements unter Einsatz eines ressourcenabhängigen Anteils für die variablen zeitgebundenen Kosten der Produktionsanlage, dessen Kalkulation im folgenden Abschnitt beschrieben wird. Die aus dem K7-Blatt zu übernehmenden Daten des jeweiligen Prozesses richten sich nach den in der Projektstruktur definierten Prozessen oder Teilprozessen.

12.2. Prozessorientiertes Kalkulationsschema für die Herstellkosten des Objektes

Die Anwendung der Prozesskostenkalkulation an der Baustelle berücksichtigt, dass die Produktionsanlage Baustelleneinrichtung von den Prozessen der Herstellung des Objektes unterschiedlich beansprucht wird. Üblicherweise werden die Vorhaltekosten der Baustelleneinrichtung, entsprechend der vertraglichen Bauzeit, gleichmäßig in monatlichen Raten als zeitgebundene Kosten der Baustelleneinrichtung aufgeteilt. Der Kostenanfall ist in der Realität jedoch nicht linear, sondern ist von der Inanspruchnahme der Baustelleneinrichtung durch die Herstellungsprozesse abhängig. Bei der Abrechnung entsteht daher eine Abweichung vom tatsächlichen Kostenanfall. Mit der Prozesskostenrechnung soll diese Abweichung beseitigt werden. Dazu wird die Produktionsdauer mit dem Anfall der Herstellkosten synchronisiert.

Der Produktions-Prozesskostensatz (PdPkS) muss dazu in zwei Anteile gesplittet werden. Der fixe Anteil der zeitgebundenen Kosten der Baustelleneinrichtung wird mit einem zeitabhängigen Produktions-Prozesskostensatz BGK_{fPdPh} für die gesamte Produktion-Dauer berücksichtigt, während aus dem variablen Anteil der zeitabhängigen Kosten (Vorhaltekosten) ein ressourcenabhängiger Produktions-Prozesskostensatz BGK_{vPdPh} berechnet wird, der den Elementen aufwandsabhängig zugeordnet wird. Die Summe der beiden phasenabhängigen Anteile ergeben die gesamten Baustellengemeinkosten.

$$BGK_{PdPh} = BGK_{fPdPh1} + BGK_{vPdPh1} + BGK_{fPdPh2} + BGK_{vPdPh2} + \dots + BGK_{fPdPhn} + BGK_{vPdPhn}$$

In der Kalkulation ist eine Unterscheidung erfahrungsgemäß nach nur zwei Phasen sinnvoll, da meist nur ein Umbau der Baustelleneinrichtung (LP3.3) erfolgt.

Im Hochbau umfasst die Produktions-Phase 1 (PdPh1) die Rohbauarbeiten und nach Umbau der Baustelleneinrichtung (LP 3.2) die Produktions-Phase 2 (PdPh2) in der die Arbeiten an der Gebäudehülle sowie die Ausbauarbeiten inklusive Haustechnik (TGA) stattfinden. Die Prozessmenge ist beim fixen Anteil die Dauer der Produktionsphase in Arbeitstagen. Beim variablen Anteil ist die Prozessmenge der gesamte Aufwand für den jeweiligen Prozess in Anzahl der

$$\text{Für Phase 1} \quad PdPkS_{fPdPh1} = \frac{BGK_{fPdPh1}}{D_{PdPh1}} \quad PdPkS_{vPdPh1} = \frac{BGK_{vPdPh1}}{FT_{PdPh1}}$$

$$\text{Für Phase 2} \quad PdPkS_{f1Ph1} = \frac{BGK_{fPdPh2}}{D_{PdPh2}} \quad PdPkS_{vPj1Ph2} = \frac{BGK_{vPj1Ph2}}{FT_{Pj1Ph2}}$$

Die Ermittlung der Herstellkosten der Elemente in der Rohbauphase wird, wie im vorherigen Abschnitt dargestellt, mit dem variablen einsatzmittelabhängigen Produktions-Prozesskostensatz für Phase eins berechnet. Im Schritt 2 der prozessorientierten Baukalkulation müssen zur Berechnung der gesamten Herstellkosten des Rohbaus noch die fixen Kosten der Produktionsanlage, die mit dem fixen zeitabhängigen Produktions-Prozesskostensatz für Phase 1 ermittelt werden, hinzugerechnet werden.

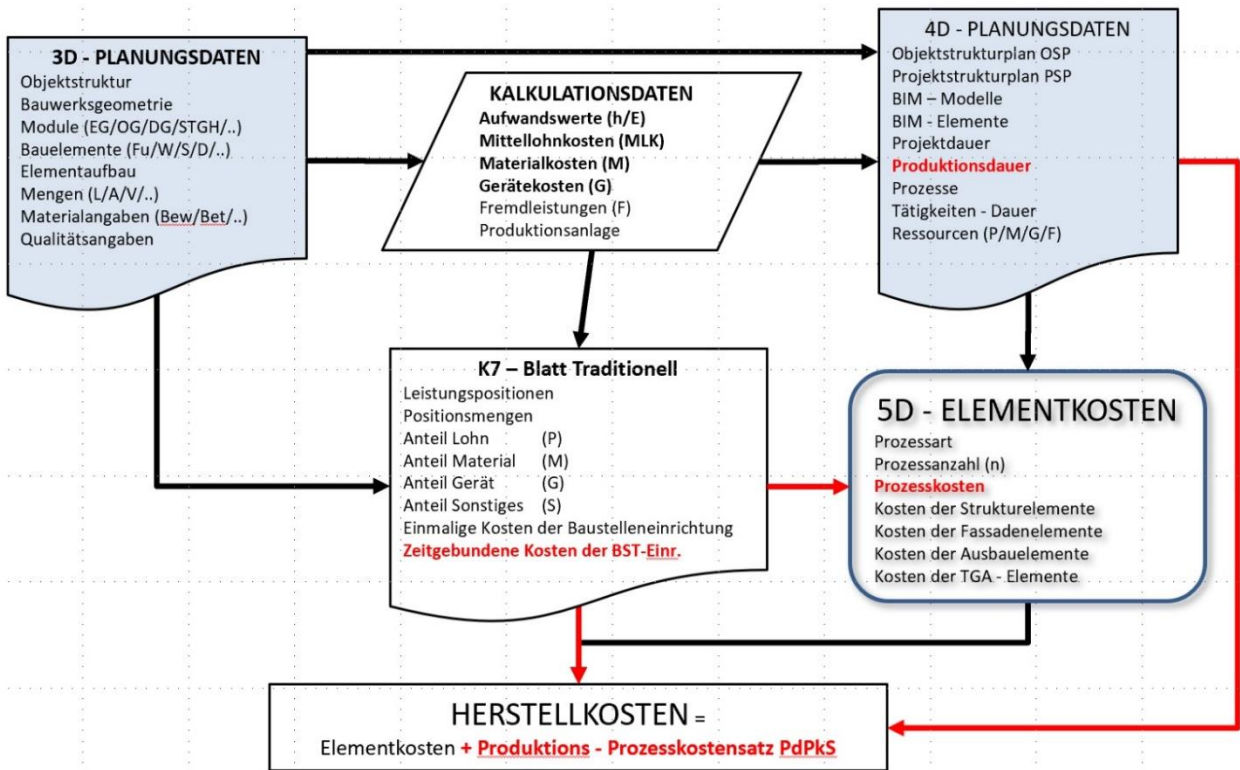


Abb. 81 Datenfluss zur Ermittlung der Herstellkosten

Das dargestellte Schema in Abb. 81 zeigt farblich dargestellt den Datenfluss für die prozessorientierte Kostenermittlung der Herstellkosten des Objektes mittels Produktions-Prozesskostensatz. Die Produktions-Dauer aus dem 4D-Modell und die fixen zeitabhängigen Kosten der Baustelleneinrichtung bilden die Grundlage für den Einsatz des Produktions-Prozesskostensatzes.

Hauptprozess Objektherstellung	Module und Prozesse	Elemente und Prozesse	EINHEITSKOSTEN DER ELEMENTE							
			VP	VORBEREITUNGSPROZESS						
			Vk _E	VP-PROZESSKOSTEN						WE
			FP	FERTIGUNGSPROZESS						WE
			Fk _E	FP-PROZESSKOSTEN						WE
			NP	NACHBEARBEITUNGSPROZESS						WE
			Nk _E	NP-PROZESSKOSTEN						WE
			MP	MONTAGEPROZESS						WE
		Mk _E	MP-PROZESSKOSTEN						WE	
		Pk _E	PRODUKTIONS-KOSTEN JE ELEMENT						WE	
				Elementanzahl x PK _E		E	x	WE/E		WE
				MODULKOSTEN = SUMME ELEMENTKOSTEN						
		OBJEKT-KOSTEN = SUMME MODULKOSTEN							WE	
		PdPk _f Produktions-Prozesskostensatz fix					WE/AT			
		Produktionsdauer x PdPk _f			AT	x	WE/AT		WE	
		HK HERSTELLKOSTEN							WE	

Abb. 82 Prozessorientiertes Kalkulationsschema zur Ermittlung der Herstellkosten des Objekts

Die Tabelle in Abb. 82 zeigt den Kalkulationsaufbau im Schritt 2 für die prozessorientierte Kostenermittlung der Herstellkosten mit einem fixen zeitabhängigen Produktions-Prozesskostensatz für die Baustellengemeinkosten.

12.3. Prozessorientiertes Kalkulationsschema für die Selbstkosten des Projektes

Die Prozesskostenkalkulation im Bauunternehmen legt die Geschäftsgemeinkosten GGK nicht mehr nach einem vorherbestimmten Prozentsatz auf die mengenbasierten Einzelkosten um, sondern berücksichtigt, dass eine zeitabhängige projektspezifische Inanspruchnahme von Leistungen der „Zentrale“ besteht.

Zu den leistungsmengenunabhängigen (Imu) Kosten zählen alle Kosten der Hauptprozesse und Unterstützungsprozesse in den zentralen Kostenstellen. Mit dem zeitabhängigen Projekt-Prozesskostensatz PjPkS können die anteiligen Gemeinkosten des Einzelprojektes kalkuliert werden. Zu den leistungsmengeninduzierten (Imi) Kosten im Bereich der Gemeinkosten zählen alle Kosten, die durch auftrags- u. objektbezogene Aufwendungen in der Ausführungsphase entstehen und den Aufträgen direkt zugeordnet werden können.

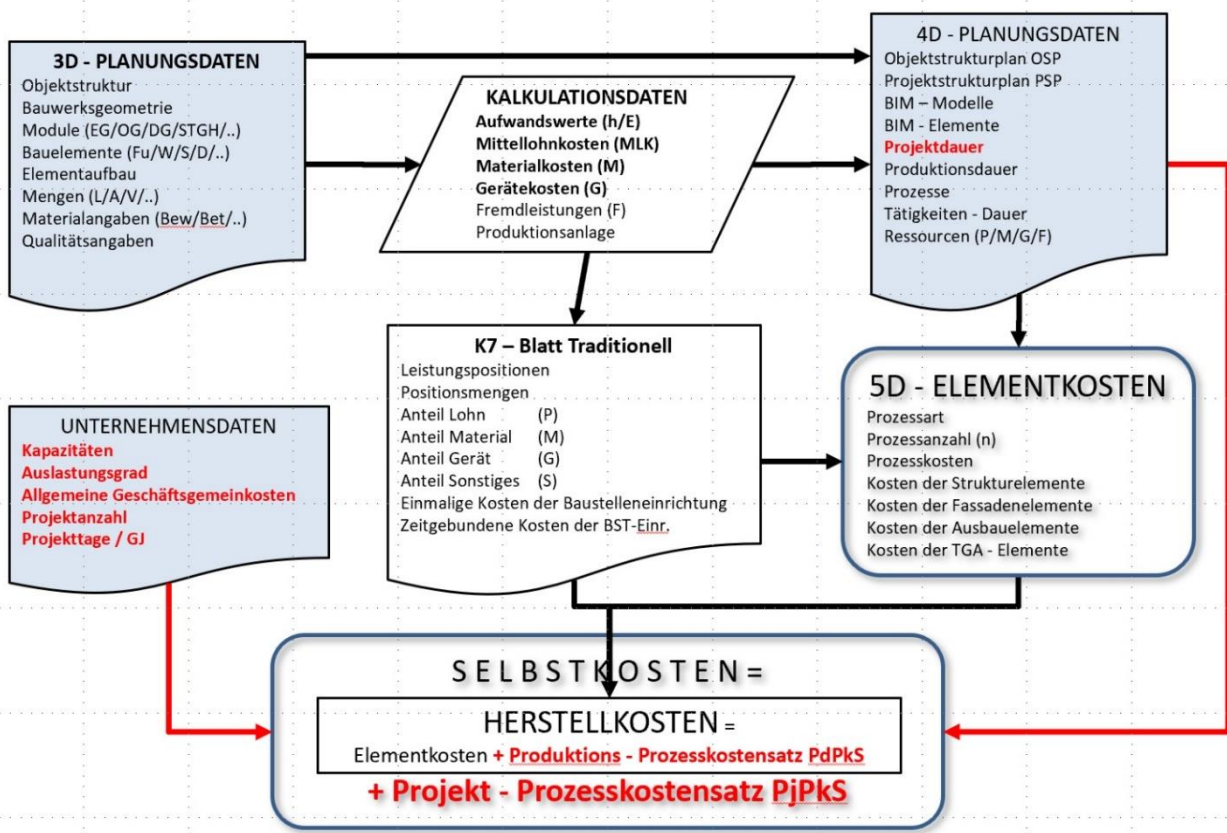


Abb. 83 Datenfluss zur Ermittlung der Selbstkosten

Die Abb. 83 zeigt den Datenfluss in Schritt 3 der prozessorientierte Baukalkulation zur Berechnung der Selbstkosten eines Einzelprojektes mittels Projekt-Prozesskostensatz (PjPkS).

Damit werden dem Projekt nur jene Gemeinkosten zugeordnet, die auf Grund der Projektdauer anfallen. Die Projektdauer wird durch das 4D-Modell mit der Produktionsdauer und damit mit den Selbstkosten synchronisiert.

HK HERSTELLKOSTEN							WE
PjPkS		Projekt-Prozesskostensatz				WE/AT	
		Projektdauer x PjPkS				AT x WE/AT	
		Zuschlagsatz % Wagnis				% WE	
		Bauzinsen				% WE	
SK SELBSTKOSTEN							WE

Abb. 84 Prozessorientiertes Kalkulationsschema zur Ermittlung der Selbstkosten

Die Tabelle in Abb. 84 zeigt die Berechnung der Geschäfts-Gemeinkosten (GGK) für das Projekt mittels Projekt-Prozesskostensatz.

Als Zuschlagsatz auf die Herstellkosten verbleiben lediglich die prozentuellen Zuschläge für Projekt-Wagnis bzw. zur Projekt-Risikoabdeckung. Unternehmerisches Wagnis wäre schon im Projekt-Prozesskostensatz zu berücksichtigen. Bauzinsen fallen definitionsgemäß⁸¹ nur in der Produktionsdauer und damit synchron zu den Herstellkosten an.

12.4. Prozessbeschreibung für die prozessorientierte Kalkulation der Selbstkosten des Projekts

Grundlage für die Beschreibung des gesamten Kalkulationsprozesses ist der Zusammenhang zwischen den Prozessen der Prozesslandkarte und dem Kostenträger.

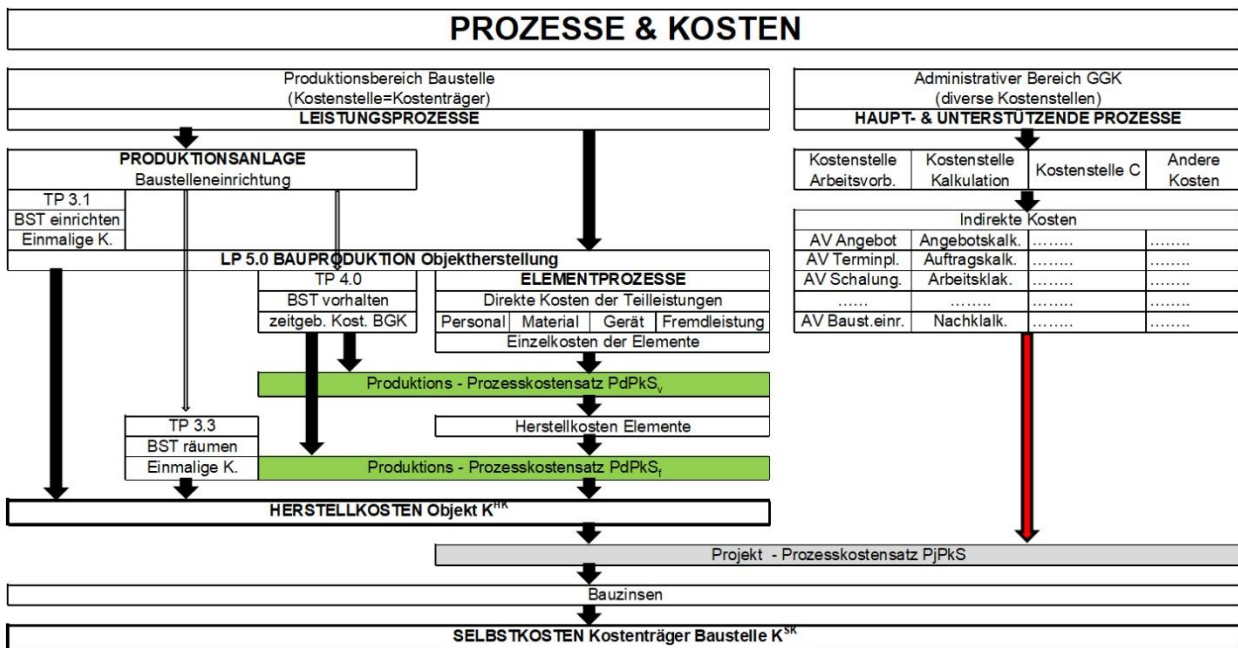


Abb. 85 Kalkulationsschema für die Selbstkosten eines Einzelobjektes

Das Ablaufschema in Abb. 85 zeigt den Aufbau der prozessorientierten Kalkulation und dessen Zusammenhang mit den Prozessen im Unternehmen und an der Baustelle.

⁸¹ [14] A. Kropik, Baukalkulation und Kostenrechnung, Eigenverlag, 2016

Im Schritt eins beginnt der Kalkulationsprozess mit der Analyse der Objektstruktur und, auf Basis der BIM-Modelle, mit einer Aufstellung der zugehörigen Herstellprozesse (z.B. an Hand des festgelegten Fertigungsverfahrens). Darauf folgt in einem iterativen Prozess die Erstellung eines Termin- u. Ablaufplanes als 4D-Modell und die phasenbezogene Konzeption und Kostenermittlung der Produktionsanlage Baustelleneinrichtung. Unter Einbeziehung der Kostenermittlung nach LV-Positionen können die Elementkosten berechnet werden. Mit der aus dem Ablaufplan ermittelten Produktionsdauer und dem geplanten Arbeitsaufwand kann der Produktions-Prozesskostensatz mit seinen beiden Anteilen ermittelt werden. Der variable Anteil wird zur einsatzmittelabhängigen Kalkulation der Produktionskosten je Element benützt.

Im Schritt zwei wird der fixe Anteil zur zeitabhängigen Kalkulation der Baustellengemeinkosten (BGK) verwendet. Die Summe aus Elementkosten (EIK) plus zeitabhängige fixe Produktionskosten ergibt die Herstellkosten (HK_E) des Objektes.

Im Schritt drei wird aus den zeitabhängigen Gemeinkosten (GGK) mit Kenntnis der beauftragten Projektdauern je Periode (GJ) der Projekt-Prozesskostensatz ($PjPkS_{GJ}$), der für mehrere Projekte der gleichen Periode Gültigkeit hat, ermittelt. Mit dem Projekt-Prozesskostensatz und der Projektdauer (in AT) werden für jedes Projekt die zeitabhängigen projektspezifischen Gemeinkostenanteile berechnet. Die Summe aus den Herstellkosten (HK_O) für das Objekt plus den Projekt-Prozesskosten sowie die Zuschläge für Wagnis (projektspezifisches Risiko) und Bauzinsen ergibt die Selbstkosten (SK_P) für das Projekt.

Prozessdefinition:	Prozessorientierte Baukalkulation	D	Durchführung			
Version :	Entwurf	E	Entscheidung			
Datum:	TT.MM.JJJJ	I	Information			
		M	Mitarbeit			
ZIELSETZUNG	Beschreibung des Kalkulationsablaufes					
Prozessverantwortl.:	Name (Leiter QM, Abt.Kalkulation)					
ABGRENZUNG	Ermittlung der Selbstkosten für ein Bauobjekt in der Angebotsphase					
Beginn	Interner Auftrag durch GF an die Kalkulationsabteilung neben Zuschlagskalkulation auch eine Prozesskostenkalkulation durchzuführen					
Ende	Selbstkosten des ausgewählten Objekts unter Verwendung von Prozesskostensätzen ermittelt					
INPUT	3D - Daten des Objektes verfügbar (BIM zumindest LOD 300), LV traditionell - Zusammenfassung gleichartiger Leistungen in LV-Pos,Projekt-Prozesskostensatz des GJ (aus GGK)					
Prozessschritt	Tätigkeit	GF/ABT.	Kalkulant	Bauleiter	Arbeitsvorb.	Dokumente Werkzeug Hilfsmittel
Start						
Teilschritt 1	Erstellung eines Objektstrukturplanes OSP, Elementdefinition, Ermittlung elementbezogener Quantitäten Output: Elementanzahl, Wiederholungsfaktor je El.		M	I	D	Angebotspläne, LV, BIM
Teilschritt 2	Festlegung der Herstellungsprozesse Vorbereitung/Fertigung/Nachbearbeitung/Montage, Tätigkeitsanalyse der Prozesse Output: Elemente mit zugeordneten LV-Positionen		D		M	
Teilschritt 3	Aus den Einzelkosten Berechnung der Elementprozesskosten nach Prozessart getrennt für P/M/G/F Output: Elementprozesskosten, Element- u. prozessbezogener Arbeitsaufwand		D		M	
Teilschritt 4	Erstellung der Termin- u. Ablaufplanung für die Ausführungsphase Output: Projektdauer, Produktionsdauer			I	M	D
Teilschritt 5	Phasenabhängige Planung der Produktionsanlage Baustelleneinrichtung, Ermittlung der zeitgebundenen BGK mit fixen und variablen Anteilen Output: Produktions-Prozesskostensatz			I	M	D
Teilschritt 6	Berechnung der Herstellkosten der Elemente, Verdichtung zu Modulen Output: Herstellkosten des Objektes		D		M	
Teilschritt 7	Berechnung der Projekt-Prozesskosten mit Prozesskostensätzen und Projektdauer Output: Selbstkosten des Objektes	E	D		I	M
Ende						
OUTPUT	Ergebnisse optimale Projektdauer bei minimalen Produktionskosten, Risikoabschätzung					
direkt nachgel.Prozess	Kalkulation des Angebotspreises					
Folgeprozesse	Auftragsverhandlung, Auftragskalkulation, Arbeitsvorbereitung Ausführungsphase					

Abb. 86 Prozessbeschreibung der prozessorientierten Baukalkulation

Das Flussdiagramm in Abb. 86 beschreibt den Ablauf einer prozessorientierten Baukalkulation zur Ermittlung der Kosten eines Objektes.

12.5. Schlussfolgerungen

Mit den aus den 3D-Modellen zur Verfügung stehenden Daten kann auf Basis der Mengen eine elementbasierte Kostenkalkulation für die Kostenarten P/M/G/F vorgenommen werden. Nicht beinhaltet sind zu diesem Zeitpunkt die anteiligen Produktionskosten. Diese können erst nach Dimensionierung der Baustelleinrichtung und Ermittlung der zeitabhängigen Kosten der Baustelleneinrichtung durch einen Produktions-Prozesskostensatz kalkuliert werden. Basis ist die Erstellung eines 4D-Modells das die dazu notwendigen zeitabhängigen Prozessmengen liefert. Damit können die Herstellkosten eines Objektes kalkuliert werden.

Mit den 4D-Modellen aller beauftragten Projekte und dem mit Kenntnis der Gemeinkosten aus der betrieblichen Prozesskostenrechnung abgeleiteten Projekt-Prozesskostensatz können im Angebotsstadium die Selbstkosten für Objekte kalkuliert werden.

13. Sensitivitätsanalyse des Modells der prozessorientierten Baukalkulation

Ohne auf die oder den Verursacher näher einzugehen, sollen nachstehend die Auswirkungen von etwaigen Änderungen in der Projektabwicklung auf die nach dem Verfahren der prozessorientierten Baukalkulation kalkulierten Kosten analysiert werden. Des Weiteren soll festgestellt werden, ob die unter Kapitel 5.4 genannten Kritikpunkte ebenfalls auftreten bzw. entkräftet werden können.

13.1. Änderung der Projektdauer

Behandelt alle Einflüsse die auf Auftraggeberseite außerhalb der Produktionsdauer zur Änderung der Projektdauer führen. Das kann, nach Auftragserteilung, eine Verzögerung des Beginns der Produktion beinhalten sowie, nach Fertigstellungsanzeige, eine verzögerte Abnahme / Übergabe der Leistung durch den AG. In beiden Fällen käme der Projekt-Prozesskostensatz im Ausmaß der Verzögerung zum Nachweis erhöhter Kosten zur Anwendung. Eine Verkürzung der Projektdauer durch Reduktion oder kompletten Entfall von Leistungen vor Produktionsbeginn bedeutet die Freisetzung von Kapazitäten für neue Projekte innerhalb des Bauunternehmens.

Die Auswirkung der Änderung der Projektdauer auf die Kosten kann sofort und unabhängig von den Leistungsmengen nachgewiesen werden. Dadurch, dass der Projekt-Prozesskostensatz nicht vom Projektwert abhängig ist, gibt es keinen Allokationseffekt.

13.2. Änderung der Produktionsdauer

Leistungsänderungen innerhalb der Produktionsdauer können Einfluss auf die Kosten durch Verlängerung der Projektdauer und durch die geänderte Auslastung der Produktionsanlage haben.

Bei einer Verlängerung der Produktionsdauer durch Behinderung, Störung oder Stillstand kommt es durch die zeitabhängigen fixen Kosten zu einer Erhöhung. Dies kann mit Hilfe des fixen Anteils des Produktions-Prozesskostensatzes ermittelt werden.

Die Produktionsdauer kann trotz Leistungsänderung gleichbleiben. Erhöhung der Parallelität von Vorgängen (Fast Tracking) oder Erhöhung des Ressourceneinsatzes (Crashing) führt in beiden Fällen zu einer größeren Inanspruchnahme der vorhandenen Produktionsanlage, die durch den ressourcenabhängigen variablen Anteil des Produktions-Prozesskostensatzes, durch Erhöhung der Kosten, berücksichtigt wird.

Eine Verkürzung der Produktionszeit durch Reduktion oder kompletten Entfall von Leistungen innerhalb der geplanten Produktionsdauer bedeutet einerseits eine geringere Auslastung oder andererseits eine überdimensionierte Produktionsanlage. Auf Basis der geänderten Parameter müsste der Produktions-Prozesskostensatz neu kalkuliert werden.

Durch die Anwendung eines ressourcenabhängigen variablen Anteils des Produktions-Prozesskostensatzes wird das Beanspruchungsprinzip der Baustelleneinrichtung berücksichtigt.

13.3. Mengenänderung bei Elementen

Mengenänderungen können sowohl zur Reduktion, als auch zur Erhöhung der Prozesskosten aller, für die Herstellung des Elements, notwendigen Prozessarten führen. Ein möglicher Einfluss auf die Projektdauer und die Produktionsdauer wird durch die entsprechenden Prozesskostensätze

berücksichtigt. Personal-/Material-/Geräte-/Sonstige Kosten werden den geänderten Quantitäten angepasst. Unter der Voraussetzung, dass sich der Leistungsansatz nicht ändert, werden, dem geänderten Ressourcenbedarf entsprechend, die Kosten der Produktionsanlage mit dem ressourcenabhängigen variablen Anteil des Produktions-Prozesskostensatzes angepasst.

Sollte die Mengenänderung Elemente betreffen, bei denen bei der Kalkulation ein Element-Prozesskostensatz zur Anwendung kam, so muss dieser neu berechnet werden.

Da die Kostenkalkulation aufbauend auf dem 3D-Modell erfolgt ist sie mit der Leistungserfassung an der Baustelle synchronisierbar und damit konform.

Geht man davon aus, dass am lokalen Baumarkt die Material- u. Gerätekosten weitgehend gleich sind, so kann aus der Sicht des Auftraggebers eine bessere Prozessleistung durch Vergleich der Prozesskosten beurteilt werden.

13.4. Effekte bei der prozessorientierten Baukalkulation

13.4.1. Allokationseffekt

Bei der vorgeschlagenen Kalkulationsmethode ist der Projekt-Prozesskostensatz jedenfalls unabhängig von den Elementkosten. Die Zeitabhängigkeit führt jedoch in jedem Fall zu einem von der Zuschlagskalkulation abweichenden Ergebnis. Eine Simulationsrechnung mit gleichbleibenden Projekt-Prozesskostensatz für unterschiedliche Projektdauer ermöglicht die Identifikation des Kostenminimums.

13.4.2. Komplexitätseffekt

Die erhöhte Inanspruchnahme der Administration in der Akquisitionsphase durch ein komplexeres Projekt kann durch Erhöhung des Projekt-Prozesskostensatzes berücksichtigt werden. Mit einem Komplexitätsfaktor wird ein Zuschlag auf den Projekt-Prozesskostensatz errechnet. Im Auftragsfall wird die Kostenstelle mit dem erhöhten Projekt-Prozesskostensatz belastet. Da die allenfalls höhere Komplexität nicht mit Sicherheit im Voraus zu beurteilen ist, empfiehlt sich dies eher im Wagnis bzw. Risikozuschlag zu berücksichtigen.

13.4.3. Degressionseffekt

Kann nur bei Erhöhung der Leistungsmenge und gleichzeitig gleichbleibender Produktionsdauer auftreten. Die Selbstkosten würden sich gegenüber der Zuschlagskalkulation, auf Grund der Anwendung eines Projekt-Prozesskostensatzes im Produktionszeitraum, reduzieren. Das Produkt aus Produktionsdauer, die ja Bestandteil der Projektdauer ist, mal dem Projekt-Prozesskostensatz bliebe konstant.

Bei Umlage von einmaligen Kosten auf Elemente (z.B. beim Schalungseinsatz) kann es durch Erhöhung der Einsatzzahl oder Reduktion der Vorhaltemenge zur Reduktion der Produktionskosten kommen.

13.5. Schlussfolgerungen

Mit Einsatz der prozessorientierten Baukalkulation können die Nachteile der Zuschlagskalkulation beseitigt wird. Zeitwirksame Änderungen der Projektdauer haben unmittelbaren Einfluss auf die Höhe der Selbstkosten. Zeitwirksame Änderungen in der Herstellungsphase haben unmittelbare Auswirkung auf die Herstellkosten.

14. Implementierung der prozessorientierten Baukostenkalkulation

Die prozessorientierte Baukostenkalkulation ist zunächst eine innerbetriebliche Kostenrechnung. Erst nach Anpassung der einschlägigen Normen könnte diese Kalkulationsmethode zur Preisberechnung in das Ausschreibungs- und Vergabeverfahren aufgenommen werden.

14.1. Inhaltliche und zeitliche Abgrenzung

14.1.1. Inhaltliche Abgrenzung

Der Projektbegriff ist für die prozessorientierte Baukostenkalkulation mit dem Auftrag an das Bauunternehmen zur Ausführung eines Objektes inhaltlich abgegrenzt. Das Objekt besteht aus allen physisch greifbaren, sichtbaren oder unsichtbaren Elementen der zu erbringenden Leistung. Temporäre Elemente, wie Gerüste, Sicherungseinrichtungen, Hilfskonstruktionen, werden bei der Planung der Herstellung berücksichtigt und deren Kosten zählen direkt oder mit einem Element-Prozesskostensatz zu den Prozesskosten und werden den jeweiligen Elementen oder Modulen zugeordnet.

Die Produktion umfasst alle Prozesse, die zur Herstellung des Objektes an Ort und Stelle erforderlich sind.

14.1.2. Zeitliche Abgrenzung

Voraussetzung für den unternehmensinternen und später unternehmensübergreifenden Einsatz bei Ausschreibung und Vergabe ist die vertraglich zu vereinbarende oder normativ bestimmte, gleiche zeitliche Abgrenzung für alle Projekte.

Die Projektdauer (D_{Pi}) ist mit zwei Meilensteinen durch Beginn und Ende des Auftrages abgegrenzt. Damit entspricht die Abgrenzung auch der zeitlichen Trennung zwischen Prozessen die Projekten nicht direkt zuordenbar sind und solchen die nur auf Grund eines Auftrages ausgelöst werden.

Die Dauer der Produktionsphase (D_{PiPdPh}) ist dem Betrieb der Baustelleneinrichtung und damit dem Zeitraum zwischen den Meilensteinen „Baustelleneinrichtung abgeschlossen“ und „Beginn Baustelle räumen“ gleichzusetzen.

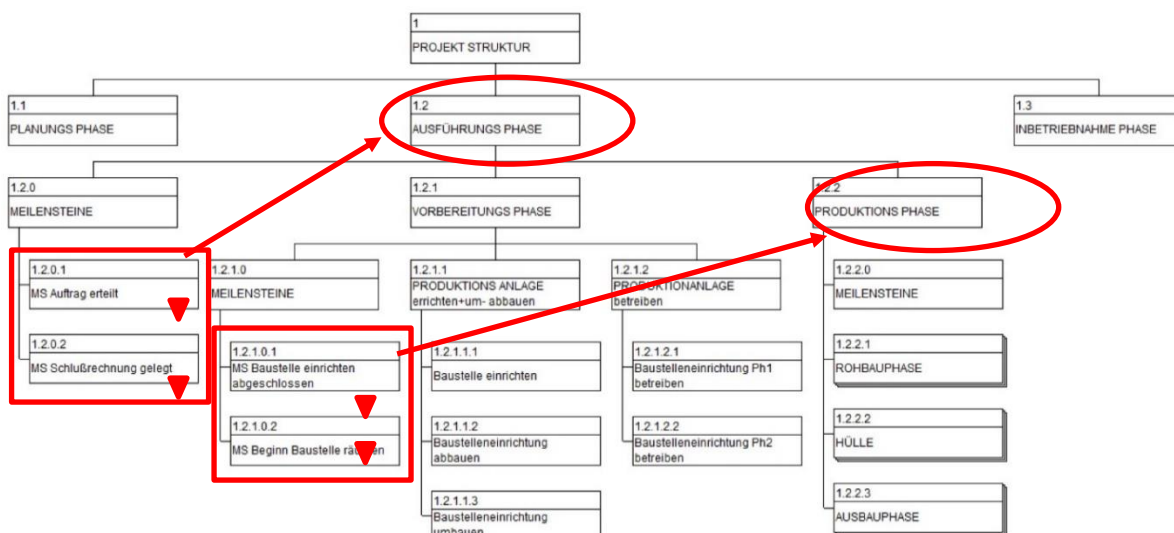


Abb. 87 Beispiel zur Projektstruktur mit zeitlicher Abgrenzung durch Meilensteine

Die Abb. 87 zeigt beispielhaft, wo die Meilensteine zur Berechnung der Projektdauer und der Produktionsdauer in der Projektstruktur angeordnet sind. Hierarchisch jeweils eine Ebene tiefer als die davon bestimmte Zeitdauer.

Nicht bestimmbare Dauern oder solche die sich aus dem Bauablauf errechnen, kann man in Projektmanagementsystemen durch Definition von Summenvorgängen berechnen lassen. Zwei Meilensteine, die mit anderen Vorgängen des Bauablaufplanes logisch verknüpft sind, bilden Anfang und Ende der flexiblen Vorgangsdauer.

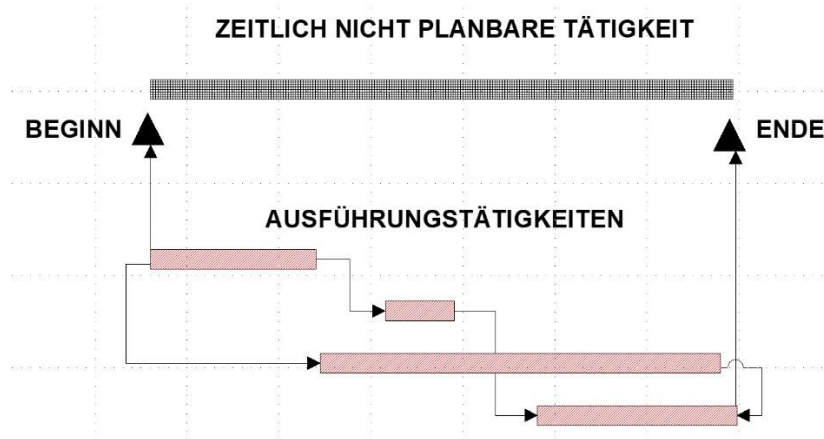


Abb. 88 Nicht planbare Vorgangsdauer zum Einsatz zeitabhängiger Kosten ⁸²

Die Darstellung in Abb. 88 zeigt die Verknüpfung der Meilensteine Beginn und Ende mit den zur Berechnung relevanten Vorgängen eines Bauablaufplanes, aus der sich die Dauer der hierarchisch darüber liegenden Tätigkeit ergibt. Diese Methode kann sowohl zur Bestimmung der Projektdauer (D_{Pi}), als auch der Produktionsdauer (D_{PiPdPh}) eingesetzt werden.

Zeitlich nicht planbar ist zunächst die Produktionsdauer. Sie ergibt sich erst aus der detaillierten Ablaufplanung auf Basis der Netzplantechnik. Die technologischen Abhängigkeiten bestimmen die kürzest mögliche Projektdauer ohne Berücksichtigung sonstiger Produktionsfaktoren⁸³. Zusätzliche ablauftechnische Überlegungen wie Reihenfolge, Baurichtung, Arbeitsabschnitte ergeben eine realistische Produktionsdauer.

Die Projektdauer ist meistens vertraglich vorgegeben, aber in der Regel nicht mit der optimalen Bauzeit einzuhalten. Erst die Berechnung unter Berücksichtigung aller Prozesse die nicht unmittelbar der Herstellungsphase zugeordnet werden können zeigt die erzielbare Projektdauer.

14.1.3. Sachliche und kostenmäßige Abgrenzung

Die prozessorientierte Baukostenkalkulation kann auf die Bauwerkskosten (BWK) nach ÖNORM B 1801-1 und die Außenanlagen (AAN) angewandt werden.

⁸² [21] Duschel, Plettenbacher, Handbuch Arbeitsvorbereitung im Baubetrieb, Linde, 2012

⁸³ [41] C. Hofstadler, Produktivität im Baubetrieb, Berlin: Springer Vieweg, 2014

Baugliederung	Abk.	Bauwerks- kosten BWK	Bau- kosten BAK	Errichtungs- kosten ERK	Gesamt- kosten GEK
0 Grund	GRD				
1 Aufschließung	AUF				
2 Bauwerk-Rohbau	BWR	100 %			
3 Bauwerk-Technik	BWT				
4 Bauwerk-Ausbau	BWA				
5 Einrichtung	EIR				
6 Außenanlagen	AAN				
7 Planungsleistungen	PLL				
8 Nebenleistungen	NBL				
9 Reserven	RES				

Bild 4 – Kostengruppierung

Abb. 89 Kostengruppierungen nach ÖNORM B 1801-1⁸⁴ mit farblicher Ergänzung

Der in Abb. 89 dargestellte Auszug aus der ÖNORM zeigt mit der farblichen Kennzeichnung den möglichen Anwendungsbereich einer prozessorientierten Baukalkulation.

Die sachliche Abgrenzung orientiert sich zunächst, zur Vergleichbarkeit der verschiedenen Verfahren, an den Kostengruppierungen 2-4 der ÖNORM B 1801-1.

2	Bauwerk-Rohbau	2A	Allgemein
		2B	Erdarbeiten, Baugrube
		2C	Gründungen, Bodenkonstruktionen
		2D	Horizontale Baukonstruktionen
		2E	Vertikale Baukonstruktionen
		2F	Spezielle Baukonstruktionen
		2G	Rohbau zu Bauwerk-Technik
3	Bauwerk-Technik	3A	Allgemein
		3B	Fördertechnik
		3C	Wärmeversorgungsanlagen
		3D	Klima-/Lüftungsanlagen
		3E	Sanitär-/Gasanlagen
		3F	Starkstromanlagen
		3G	Fernmelde- und informationstechnische Anlagen
		3H	Gebäudeautomation
		3I	Spezielle Anlagen
4	Bauwerk-Ausbau	4A	Allgemein
		4B	Dachverkleidung
		4C	Fassadenhülle
		4D	Innenausbau

Abb. 90 Baugliederung und Bauwerkskosten BWK nach B1801-1⁸⁴

Die Abb. 90 zeigt den Ausschnitt mit der dritten Stufe aus der Baugliederung, die zur sachlichen Abgrenzung herangezogen wird und auch als Grundlage für den Projektstrukturplan dient. In der Kostengruppe 3 erfolgt die Aufgliederung nicht nach Elementen, sondern Anlagen (Systemen).

Nach Anpassung der Normen an die Anforderungen der BIM-Modelle kann die prozessorientierte Kalkulation auch für die anderen Kostenbereiche der ÖNORM B 1801-1 angewandt werden.

Die Prozesskosten der Produktion für Zwischenprodukte des Kostenbereichs Bauwerk-Rohbau sind berechenbar und können zum Vergleich der Effizienz von Organisation und Arbeitsvorbereitung verschiedener Anbieter herangezogen werden.

⁸⁴ [37] „ÖNORM B 1801-1,“ Österreichisches Normungsinstitut, 2015

Die damit kalkulierbaren Kosten beinhalten nicht die Kosten von Planungsleistungen der Fachplaner, keine Kosten für Außenanlagen, keine Leistungen der Inbetriebnahme und Probetrieb von Anlagen der Haustechnik und keine Einrichtung.

14.2. Voraussetzungen für die Implementierung

Zur Implementierung der prozessorientierten Baukalkulation im Unternehmen als auch überbetrieblich sind verschiedene Voraussetzungen erforderlich die in den nachstehenden Abschnitten zusammengefasst sind.

14.2.1. Voraussetzungen allgemein bei Einsatz der prozessorientierten Baukalkulation

- Eine Kostenstellenrechnung ist im Unternehmen vorhanden.
Mit Hilfe der Kostenstellenrechnung (KST) können die vorhandenen Ressourcen und deren Aktivitäten /Tätigkeiten sowie die ihnen zugeordneten Kosten entnommen werden. Eine Kostenstellenrechnung muss sowohl für das Bauunternehmen als auch die Baustelle vorhanden sein.
- Die Prozesskostenrechnung ist im Bauunternehmen etabliert
Aus der Prozesslandkarte können die kostenstellenübergreifenden Prozesse und deren Kosten abgeleitet werden. Mit Festlegung der Kostentreiber (KTR) können Prozesskostensätze (PkS) ermittelt werden.
- Es erfolgt eine objektorientierte Strukturierung der Bauleistung
Die objektorientierte Strukturierung ermöglicht die Abgrenzung der Elemente und die Definition von Herstellungsprozessen, die entsprechende Ressourcen beanspruchen.
- Die Bauwerksdaten sind elementbasiert aus den BIM-Modellen (LoD 300) verfügbar
Aus den Bauwerksdaten lassen sich Kostentreiber (KTR) definieren und quantifizieren.
- Die Parameter für Einstufung der Bauvorhaben sind definiert
Mit Hilfe des Komplexitätsindex (f) können Intensitätstreiber (ITR) simuliert werden. Damit kann eine projektspezifische Anpassung des gewichteten Anteils des Projekt-Prozesskostensatzes ($P_{j_1}PkS_g$) vorgenommen werden.

14.2.2. Voraussetzungen für die Kalkulation eines Projekt-Prozesskostensatzes

- Mit einem Auftrag werden vom AN eine bestimmte Anzahl von Projekttagen (P_{j_T}) verkauft.
- Multiprojektmanagement-Techniken werden im Unternehmen zur Bestimmung vorhandener Kapazitäten und Auslastung genutzt
- Die Projektdauer je Projekt (D_{P_i}) ist mit Meilensteinen und vertraglich oder normativ gleich abgegrenzt
- Der Auslastungsgrad im Gemeinkostenbereich bekannt (a_1)
- Die Berechnungs- und Verrechnungsbasis sind Arbeitstage (AT)
- Die GGK_{GJ} als Grundlage für die Berechnung des Projekt-Prozesskostensatzes sind auf die Pkt.5.3 und 5.4 der ÖNORM 2061 beschränkt
- Die Gesamtprozesskosten für die Hauptprozesse werden auf Basis einer betrieblichen Prozesskostenrechnung ermittelt
- Ein unternehmensinterner Projekt-Prozesskostensatz ($PjPkS_{GJ}$) für das jeweils laufende GJ ist vorhanden

- Eventuell ist bei der Kalkulation des Projekt-Prozesskostensatzes (PjPkS) ein Komplexitätsfaktor (k) zu berücksichtigen
- Es gibt im LV eine eigene Position für Abrechnung der zeitabhängige Projekt-Prozesskosten

14.2.3. Voraussetzungen für die Kalkulation eines Produktions-Prozesskostensatzes

- Die Produktionsphase (D_{PiPdPh}) = Betriebsphase der Baustelleneinrichtung je Projekt ist durch definierte Meilensteine (MS) gleich abgegrenzt
- Die zeitabhängigen BGK werden auf Basis einer baustellenbezogenen Prozesskostenrechnung nach fixen ($PdPkS_{P1f}$) und variablen ($PdPkS_{P1v}$) Anteilen getrennt ermittelt.
- Die Beanspruchung der Baustelleneinrichtung erfolgt durch die Ressource produktives Personal und wird durch vorgangsabhängige Berechnung und Zuordnung der Personaltage zu den Vorgängen (PT_{EI}) abgebildet
- Die Berechnungs- und Verrechnungsbasis sind Arbeitstage (AT)
- Die Baustellengemeinkosten (BGK) sind beschränkt auf Pkt.5.2.3 der ÖNORM 2061
- Es gibt im LV eine eigene Position für Abrechnung des projektspezifischen zeitabhängigen fixen Produktions-Prozesskostensatzes ($PdPkS_f$)
- Es gibt im LV eine eigene Position für den aufwandsabhängigen variablen Produktions-Prozesskostensatz vorhanden ($PdPkS_v$)

14.2.4. Voraussetzungen für die Kalkulation der Elementkosten

- Der Objektstrukturplan ist bis auf Elementebene (mind. LoD 300) gegliedert
- Alle im Terminplan in der Produktionsphase geplanten Vorgänge können Elementen oder Modulen zugeordnet werden
- Die gesamte Elementanzahl ist bekannt
- Die Anzahl gleicher Elemente ist bekannt
- Die Elementparameter sind aus 3D-Modellen verfügbar (Quantitäten, Qualitäten)
- Der Arbeitsaufwand je Element (AA_{EI}) ist durch mengenabhängige Zuordnung der LV-Positionen vorgangsbezogen kalkulierbar
- Der Gesamtaufwand (AA_{P1}) der Ressource Personal für die Produktion der Objekte ist kalkuliert
- Die projektspezifischen Herstellprozesse (Vorbereitung, Fertigung, Montage, Nachbearbeitung) sind bekannt
- Die Herstellung der Elemente ist nach Prozessarten unterscheidbar
- Die Verwendung von Element-Prozesskostensätze (z.B. EIPkS) ist möglich

14.3. Einfluss auf bestehende Regelungen

In allen nachfolgend angeführten Unterlagen wird nur auf die fehlende Prozessorientierung eingegangen. Es sollen keine kompletten Neufassungen konzipiert werden, im Einzelfall wird jedoch darauf hingewiesen.

In den nachfolgenden Texten wird der jeweilige Punkt in der Norm angeführt und danach die Änderung bzw. Textergänzung.

14.3.1. Änderungen und Textergänzungen in der ÖNORM B 1801-1 Bauprojekt- und Objektmanagement

1 Anwendungsbereich – generell Änderung der Reihenfolge zuerst Termine dann Kosten.

2 Normative Verweisungen – Aufnahme der A 6241-2 und der A 7010-1

3 Begriffe - Ergänzung der Begriffe um Objekt (aus A 7010-1/3.1), Prozess, Element, Projektstruktur, Objektstruktur.

4.3.5 Kostengruppierung - an die BIM-Modelle anpassen: BWR entspricht dem TWP-Modell, Neu BWH Hülle – enthält das Fassadenmodell und zusätzlich das Dach, Fenster, Türen und Tore , BWA entspricht Architekturmodell und enthält alle Professionisten - Leistungen (ab LGR 20 des STD-LBH), BWT beinhaltet TGA-Modell mit allen Haustechnik - Gewerken. Außenanlagen gehören zum Produkt – Bauwerk und sind im Umgebungsmodell enthalten. Eine zusätzliche Gruppe Produktkosten, aus marktorientierter Sicht, ist erforderlich.

4.4.1 Grundsätze zur Terminplanung – Textergänzung: Die Terminplanung erfolgt auf Basis eines projektspezifischen Objektstrukturplanes aus dem ein phasenorientierter Projektstrukturplan abgeleitet wird. Zusammen mit einem Meilensteinplan bildet der Projektstrukturplan die Grundlage für alle Planungsstufen ab dem Terminrahmen. Der Detaillierungsgrad der jeweiligen Planungsstufe richtet sich nach den erforderlichen Prozessen.

4.4.2 in nachfolgender Untergliederung 1-6 wäre Gliederung durch Projektstruktur zu ersetzen. Detaillierungsgrad entspricht Gliederungsebene in der Objektstruktur.

5.1 Allgemeines – Textergänzung: Hierarchische Aufgliederungen erfolgen nach festzulegenden Kriterien. Grobelement durch Modul ersetzen.

5.3 ff Baugliederung – Änderung auf Objektstruktur, Vermischung von verschiedenen Kriterien (Leistungen, Kosten) daher komplette Überarbeitung erforderlich. Trennung nach Objektgliederung, Leistungsgliederung, Kostengliederung.

5.4 ff Leistungsgliederung – Beinhaltet derzeit nur Ausführungsleistungen nach LV. Vervollständigung mit Leistungen aus 5.3.1 Es ist daher eine komplette Überarbeitung erforderlich

5.5 Änderung der Reihenfolge, zuerst Termine dann Kosten

6.3.2 Kostendaten – für die Bildung von Kostenkennwerten werden die Kostendaten bezogen auf die BIM-Modelle verwendet

6.3.3 Kostenkennwerte - Prozesskostenkennwerte werden auf die Ressource produktives Personal bezogen.

14.3.2. Ergänzungen in ÖNORM A 7010-1 Objektbewirtschaftung

Obwohl diese Norm in der Anwendung eine der Ausführung nachgelagerte Regelung ist, gibt es darin normative Verweisungen bzw. Begriffe die, der Anwendung von BIM entsprechend, zur Erzielung einer Durchgängigkeit über den gesamten Lebenszyklus eines Bauwerks mit den anderen Normen zu harmonisieren sind.

2 Normative Verweisungen – Aufnahme der A 6241-2

3.7 Datenbaum – Textergänzung: Der Datenbaum kann nach verschiedenen Gliederungskriterien (Kennungsebene) erstellt werden.

4 Regeln für Datenstrukturen – Ergänzungen bzw. Änderungen

4.1 Gliederungsregeln

4.1.2 Vollständigkeitsregel-Definition lt. Kapitel 7.5.2.1, Seite 38

4.1.3 Disjunktionsregel-Definition lt. Kapitel 7.5.2.1, Seite 38

4.2 Strukturelle Grundlagen der Gliederungsregelung

4.2.1 Informationsrelevante Datengruppen aus der Objekterrichtung

4.2.2 Informationsrelevante Datengruppen der Objektbewirtschaftung

14.3.3. Änderungen und Ergänzungen in ÖNORM A 6241-2 Digitale Bauwerksdokumentation

Pkt.3 Begriffe

3.8 - Korrektur – statt LOD auf LoD Level of Detail

3.9 - Korrektur – auf Großbuchstaben Level of Development = LOD / LOD = LOG + LOI

Ergänzung⁸⁵:

LoC – Level of Coordination / Abstimmungsgrad

Lol – Level of Information / Informationstiefe

Pkt.5 Lebensphasen eines Gebäudes

Beachtung der grundsätzlichen Strukturierungsregeln (Vollständigkeitsregel / Disjunktionsregel), Phasenstruktur beinhaltet Vermischungen von verschiedenen Kriterien

Ergänzung:

Genehmigungsphase fehlt – zwischen 2. u. 3.

Korrektur:

2.06.01 Erstellung der Kostenberechnungsgrundlagen

2.06.01 Erstellung der Termin-u. Ablaufplanung

3.01 Ausschreibungsphase

3.02 Vergabephase

Änderung:

4.01 - Werksplanung und koordinierte Ausführungsplanung

Ist eine Planungsleistung und gehört daher nach 2.07 (siehe Strukturierungsregel – Disjunktionsregel Seite 31. Die zeitliche Überlappung von Phasen soll ja hier nicht definiert werden).

Ergänzung Pkt.6 Objektstruktur

Die Objektstruktur ist die hierarchische Aufgliederung des Objektes in physisch greifbare Elemente / Einzelteile. Basis ist das 3D-Modell. Die Objektstruktur ist die von 3D bis 7D durchgängige Datenbasis.

⁸⁵ [34] P. 4. Hrsg. Goger/Reismann, *Begriffe zu BIM und Digitalisierung, Schrift 08*, Wien: TU Verlag, 2017

Elemente sind Einzelteile von Bauwerken die trotz der Verschiedenartigkeit der Objekte die gleiche Funktion haben (z.B. Fundament, Wand, Rohrleitung)

Pkt.6 - 4D Zeit

Korrektur: Grundlage für die Zeitplanung ist der phasenorientierte Projektstrukturplan nach Pkt.5. Der Detaillierungsgrad richtet sich nach den LOD -Modellen.

Weitere Gliederungen, wie die Leistungsgliederung nach ÖNORM B 1801-1 können als zusätzliche Information verwendet werden.

Objektunabhängige Informationen wie Elemente oder Kalenderdaten werden durch Verknüpfung objektspezifisch.

A.3 Elementklassen

Änderung des Begriffs Erschließungselemente auf vertikale Elemente – nicht nur Treppen auch Installationsschächte und Aufzugsschächte sind Erschließungselemente – siehe auch B 1801.

Nach den Modellierungsregeln des BIM-Modells!

14.3.4. Änderungen und Ergänzungen ÖNORM B 2061 Preisermittlung für Bauleistungen

Durch die Aufnahme der Prozesskostenrechnung erfolgt eine komplette Neufassung des Abschnitts Kostermittlung mit entsprechenden Auswirkungen auf nachfolgende Abschnitte dieser Norm:

1 Anwendungsbereich – Ergänzung: Diese ÖNORM regelt das Verfahren der Kosten- u. Preisermittlung von Bauleistungen.

2 Normative Verweisungen – Aufnahme der A 6241, der A 7010, der A 9009, der B 1801

3 Definitionen – Ergänzung und Neuordnung:

3.1 Ressourcen – Einsatzmittel

3.1.1 Personal aus 4.1 mit den Begriffen Produktives Personal, Aufwand, Auslastungsgrad, Produktivität

3.1.2 Baumaterial

3.1.3 Baugeräte

3.1.4 Fremdleistung

3.2 Kosten – komplette Neuordnung und Ergänzung

3.2.1 Personalkosten

3.2.2 Materialkosten

3.2.3 Gerätekosten

3.2.4 Fremdleistungskosten

3.2.5 Gemeinkosten

3.2.5.1 Geschäftsgemeinkosten

3.2.5.2 Baustellengemeinkosten - um die Begriffe aus 3.2 Baustellengemeinkosten mit Aufgliederung in fixe und variable zeitabhängige Kosten

3.2.6 Prozesskosten

3.2.6.1 Prozesskostensatz

3.2.6.2 Projekt-Prozesskostensatz

3.2.6.3 Produktions-Prozesskostensatz

3.2.6.4 Element-Prozesskosten

3.2.7 Zuschlagskosten – nur mehr 5.5 -5.7 !

4 Aufbau der Kostenermittlung – komplette Neufassung mit Aufnahme der prozessorientierten Baukalkulation

4.1 Einzelkosten

4.2 Elementkosten

4.3 Produktionskosten

4.4 Objektkosten

5 Zuschlagskalkulation

5.1 Zuschlagsträger

5.1.1 Elemente

5.1.2 Prozesskostensätze

6 Kostenkomponenten

6.1 Kosten der Produktionsanlage

6.2 Kosten des produktiven Personals – Mittellohnkosten

6.3 Baumaterialkosten

6.4 Gerätekosten für Leistungsgeräte

6.5 Fremdleistungskosten

Erweiterte Anwendungsmöglichkeiten zur Ermittlung des Angebotspreises und damit verbundene Auswirkungen auf gesetzliche Bestimmungen, wie das Bundesvergabegesetz-BVergG, sind nicht Gegenstand der Dissertation.

14.3.5. Betriebliche Kostenerfassung zur Berechnung des Projekt-Prozesskostensatzes

Über den Baubetriebsabrechnungsbogen (BBAB) findet die Verteilung der Gemeinkosten auf die Kostenträger statt. Der BBAB wird durch eine Geschäftsprozesskosten-Abrechnung GPzA ersetzt.

Grundlage für die Bildung eines Projekt-Prozesskostensatzes ist zunächst die getrennte Erfassung aller Kosten von Prozessen die unmittelbar einer Baustelle (Endkostenstelle) zugeordnet werden können und deren Deckung durch eine direkte Verrechnung gewährleistet ist. Darüber hinaus müssen zur Differenzierung des Projekt-Prozesskostensatzes entsprechend der Prozesslandkarte zwei Kostenblöcke für die Gemeinkosten gebildet werden. Jener Anteil (GGk_f) in dem die Kosten aller Prozesse der gewöhnlichen Geschäftstätigkeit zusammengefasst sind und jener Anteil (GGk_g) in dem die Kosten aller projektinduzierten Prozesse, deren Kosten aber nicht unmittelbar zuordenbar sind, zusammengefasst werden.

Die Nutzung von Synergieeffekten im Multiprojektmanagement (z.B. bei Beschaffungsprozessen) führt dazu, dass die Aufteilung dieser Kosten auf die Kostenträger nicht unmittelbar erfolgen kann. Da die getrennte Erfassung zu aufwendig ist, werden diese Kosten dem Anteil GGK_g zugeordnet.

Aufzunehmen ist die Projektdauer und die in der jeweiligen Abrechnungsperiode angefallenen Projektstage. Bei der Kalkulation des Projekt-Prozesskostensatzes kann dann eine Trennung nach einem fixen Anteil, der von den projektspezifischen Parametern unabhängig ist, und einem gewichteten Anteil, der projektspezifische Parameter berücksichtigt, erfolgen. Alle anderen indirekten Kosten, die durch Bereitstellung von Kapazitäten (Personal, Material, Geräte, Gebäude, Anlagen etc.) zur Erbringung der Bauleistung anfallen, werden zusammengefasst und dienen zur Berechnung des Projekt-Prozesskostensatzes des nächsten Geschäftsjahres.

HAUPTPROZESSE (KA)	Aufwand [h]	je KOSTENSTELLE	
		Projektunabhängige Kosten GGK_f Kosten [WE]	Projektinduzierte Kosten GGK_g Kosten [WE]
HP 0.1 – HP 0.7			
P Personal	0	0,00	0,00
M Material		0,00	0,00
G Geräte		0,00	0,00
F Fremdleistung		0,00	0,00
HP Zwischensumme 1		0,00	0,00
HP 1.0 – HP 5.0		0,00	0,00
P Personal		0,00	0,00
M Material		0,00	0,00
G Geräte		0,00	0,00
F Fremdleistung		0,00	0,00
HP Zwischensumme 2		0,00	0,00
HP SUMME		0,00	0,00
UNTERSTÜTZUNGS- PROZESSE			
1.0 – 8.0			
P Personal	0	0,00	0,00
M Material		0,00	0,00
G Geräte		0,00	0,00
F Fremdleistung		0,00	0,00
UP Zwischensumme		0,00	0,00
HP+UP GESAMTSUMME		0,00	0,00

Abb. 91 Schema zur Kostenerfassung der indirekten baubetrieblichen Geschäftsprozesskosten

Die Abb. 91 zeigt den Zusammenhang zwischen der prozessorientierten Erfassung der indirekten baubetrieblichen Geschäftsprozesskosten zur Berechnung des Projekt-Prozesskostensatz.

14.3.6. Erfassung des Aufwandes und der Kosten der Leistungsprozesse

Die Erfassung der Kosten und Leistungen an der Baustelle erfolgt mit Hilfe eines Bauarbeitsschlüssels - BAS. Mit Hilfe dieses BAS wird der Aufwand für die produktiven Tätigkeiten an der Baustelle erfasst. Für den Aufbau des BAS gibt es eine Empfehlung, er kann jedoch nach spezifischen Anforderungen modifiziert werden. Eine kritische Betrachtung des von der VIBÖ empfohlenen BAS zeigt, dass eine Vermischung von Bauelementen, Tätigkeiten, Hilfsmaterial u. A. vorliegt. Die Aufwandserfassung entspricht damit weder dem derzeitigen Aufbau eines LV, noch ist eine Zuordnung zu Bauelementen möglich.

Der BAS wird durch eine Bauprozesskosten-Abrechnung BPzA ersetzt.

Ziel der BPzA ist die prozessorientierte kalkulationskonforme Erfassung aller bei der Bauproduktion anfallenden Kosten.

Unter Bauproduktion⁸⁶ wird die Gesamtheit aller Einrichtungen, Geräte und Prozesse, die zur Herstellung eines Bauwerkes erforderlich sind, verstanden.

Die Erfassung des Aufwandes und der Kosten für den Personaleinsatz an der Baustelle erfolgt mit der BPzA. Mit Hilfe dieser BPzA wird einerseits der Aufwand für alle produktiven Tätigkeiten an der Baustelle und andererseits alle, einzelnen Elementen nicht zuordenbare Kosten, erfasst.

Der grundsätzliche Aufbau der BPzA kann aus dem BAS abgeleitet werden. Die BPzA - Nummer ergibt sich aus drei Teilen mit Prozessnummer, Elementnummer (aus dem Objektstrukturplan) und Tätigkeitsnummer [Z.Z.ZZZZ.BZZ]

Der Detaillierungsgrad muss im Einzelfall nach objektspezifischen Anforderungen modifiziert werden. Die kreative Aufgabe des Kalkulanten in Zusammenarbeit mit dem Arbeitsvorbereiter besteht darin den Detaillierungsgrad so zu wählen, dass die Kostenerfassung mit der Kalkulation vergleichbar ist.

Element Nr.	Element Bez.	Tät. NR	Tätigkeit	BIM-Modell	Bauphase	BAS Nr.	BAS - Bezeichnung
5.1 Vorbereitungsprozesse							
TEMPORÄRE ELEMENTE				4D			
ZZZZ	Traggerüste	A10	auf-abbauen		Rohbau	590	GERÜSTE
ZZZZ	Arbeitsgerüste	A10	auf-abbauen		Rohbau/Ausbau	590	GERÜSTE
ZZZZ	Schutzgerüste	A10	auf-abbauen		Rohbau/Ausbau	280	SCHUTZARBEITEN
ZZZZ	Hilfskonstruktionen	A10	auf-abbauen		Rohbau		
ZZZZ	Wetterschutz	E06	errichten		Rohbau/Ausbau	150	WITTERUNGSBED.MASSNAHMEN
ZZZZ	Baugrubensicherung	D01	durchführen	Strukturmodell	Rohbau		SICHERUNGSMASSNAHMEN
ZZZZ	Fundamentaushub	D01	durchführen	Strukturmodell	Rohbau	220	AUSHUB
ZZZZ	Aushubmaterial	L01	lagern		Rohbau	220	AUSHUB
ZZZZ	Baugrube	A15	ausheben	Strukturmodell	Rohbau	220	AUSHUB
ZZZZ	Entwässerungsrinnen	H01	herstellen		Rohbau	240	ENTWÄSSERUNG
ZZZZ	Fundament Bestand	A07	abtragen	Strukturmodell	Rohbau	250	ABBRUCH
ZZZZ	Pumpen	B03	betreiben		Rohbau	390	WASSERHALTUNG
ZZZZ	Verputz Bestand	A04	abschlagen	Architekturmodell	Rohbau	250	ABBRUCH
ZZZZ	Durchbrüche	H01	herstellen	Strukturmodell	Rohbau	260	STEMM.+BOHRARBEITEN
ZZZZ	Künetten	H01	herstellen	Strukturmodell	Rohbau	310	PÖLZUNGEN
ZZZZ	Böschung	S03	sichern	Strukturmodell	Rohbau	330	BÖSCHUNGSSICHERUNG
ZZZZ	Spundwände+Dielen	R01	rammen	Strukturmodell	Rohbau	320	SPUNDWÄNDE+DIELEN
ZZZZ	Material	T01	transportieren		Rohbau	290	TRANSPORT
PERMANENTE ELEMENTE				3D			
ZZZZ	Fundamentunterfangung	H01	herstellen	Strukturmodell	Rohbau	270	UNTERFANGUNGEN
ZZZZ	Bodenkonsistenz	V01	verbessern		Rohbau	380	BODENVERBESSERUNG
ZZZZ	Ziegelwand	I01	injizieren	Architekturmodell	Ausbau	770	ABDICHTUNGARBEITEN

Abb. 92 Beispiel für die Zuordnung von Elementen-Tätigkeiten und BAS der Vorbereitungsprozesse

Die Tabelle in Abb. 92 zeigt mögliche Kombinationen von Prozessarten mit Elementen und Tätigkeiten sowie die Zuordnung der vorhandenen BAS-Schlüssel.

Voraussetzung für eine eindeutige Zuordnung des Aufwandes ist eine Verknüpfung Prozess - Bauelement - Tätigkeit (z.B. Fertigung – Fundament – Betonieren). Ausgangspunkt für die BPzA ist daher der Objektstrukturplan in dem Elemente definiert sind. Die zur Herstellung erforderlichen Prozesse und Tätigkeiten müssen mit den Elementen verknüpft werden. Die Beschreibung des Herstellungsprozesses für ein Element z.B. Fundament, beinhaltet daher alle für die Herstellung erforderlichen Prozesse und Tätigkeiten, die mit einem Personal- oder Geräteinsatz verbunden sind, sowie alle Materialien.

⁸⁶ [28] Anton Egger, Walter Egger und Reinbert Schauer, Einführung in die allgemeine Betriebswirtschaftslehre, Linde Verlag, 2006

Element Nr.	Element Bez.	Tät. NR	Tätigkeit	BIM-Modell	Bauphase	BAS Nr.	Bezeichnung
5.2 Fertigungsprozesse							
PERMANENTE ELEMENTE		3D					
ZZZZZ	Pfähle	R01	rammen/bohren	Strukturmodell	Rohbau	360	PFAHLGRÜNDUNG
ZZZZZ	Schlitzwand	H01	herstellen	Strukturmodell	Rohbau	350	SCHLITZWAND
ZZZZZ	Spezialgründung	H01	herstellen	Strukturmodell	Rohbau	370	SPEZIALGRÜNDUNG
ZZZZZ	Kanal	H01	herstellen	TGA-Modell	Rohbau	410	KANAL HOCHBAU
ZZZZZ	Kabel	V02	verlegen	TGA-Modell	Rohbau	420	VERLEGUNG LEITUNG
ZZZZZ	Rohrleitung	V02	verlegen	TGA-Modell	Rohbau	430	GROSSFORMAT-ROHRLEITUNG
ZZZZZ	Leitungsschutz	E01	einbauen	TGA-Modell	Rohbau	440	LEITUNGSSCHUTZ
ZZZZZ	Schächte	H01	herstellen	TGA-Modell	Rohbau	460	SCHÄCHTE, EINBAUTEN
ZZZZZ	Betonpumpe	B01	bedienen	Strukturmodell	Rohbau	620	MASSENBETON
FUNDAMENT							
ZZZZZ	Fundament	E04	einschalen	Strukturmodell	Rohbau	510	SCHALUNG FUNDAMENT
ZZZZZ	Fundament	B04	bewehren	Strukturmodell	Rohbau	610	BAUSTAHL VERLEGEN
ZZZZZ	Fundament	B02	betonieren	Strukturmodell	Rohbau	620	MASSENBETON
ZZZZZ	Fundament	A17	ausschalen	Strukturmodell	Rohbau	510	SCHALUNG FUNDAMENT
WAND							
ZZZZZ	Wand	E04	einschalen	Strukturmodell	Rohbau	520	SCHALUNG WAND
ZZZZZ	Wand	A03	abschalen	Strukturmodell	Rohbau	520	SCHALUNG WAND
ZZZZZ	Wand	B04	bewehren	Strukturmodell	Rohbau	610	BAUSTAHL VERLEGEN
ZZZZZ	Wand	B02	betonieren	Strukturmodell	Rohbau	630	BETON AUFG. BAUTEILE
ZZZZZ	Wand	A17	ausschalen	Strukturmodell	Rohbau	520	SCHALUNG WAND
SÄULE							
ZZZZZ	Säule	E04	einschalen	Strukturmodell	Rohbau	530	SCHALUNG SÄULEN
ZZZZZ	Säule	B04	bewehren	Strukturmodell	Rohbau	610	BAUSTAHL VERLEGEN
ZZZZZ	Säule	B02	betonieren	Strukturmodell	Rohbau	630	BETON AUFG. BAUTEILE
ZZZZZ	Säule	A17	ausschalen	Strukturmodell	Rohbau	530	SCHALUNG SÄULEN
DECKE							
ZZZZZ	Decke	E04	einschalen	Strukturmodell	Rohbau	540	SCHALUNG DECKEN
ZZZZZ	Decke	B04	bewehren	Strukturmodell	Rohbau	610	BAUSTAHL VERLEGEN
ZZZZZ	Decke	B02	betonieren	Strukturmodell	Rohbau	640	BETON PLATTEN
ZZZZZ	Decke	A17	ausschalen	Strukturmodell	Rohbau	540	SCHALUNG DECKEN
ZZZZZ	Elementbezeichnung	E04	einschalen	Strukturmodell	Rohbau	560	SONDERSCHALUNGEN
ZZZZZ	Element-Sonderschalung	Z02	zusammenbauen		Rohbau	560	SONDERSCHALUNGEN
ZZZZZ	Stütze	B02	betonieren	Strukturmodell	Rohbau	631	BETON AUFG. BAUTEILE

Abb. 93 Beispiel für die Zuordnung von Elementen-Tätigkeiten und BAS der Fertigungsprozesse

Die Abb. 93 zeigt die möglichen Kombinationen von Elementen, Tätigkeiten, BIM-Modellen, Bauphasen und traditionellen BAS Nummern. Aus der Tabelle ist erkennbar, dass für sich Elemente und Objekte standardisierte Abwicklungsmodelle entwickeln lassen.

Der Aufbau eines projektspezifischen BPzA muss jedenfalls in Abstimmung mit der Terminplanung erfolgen. Andernfalls ist eine Zuordnung des Aufwandes zu den Prozessen nicht möglich.

Wann?	Was?	Wo?	Wie?	Wer?	Wieviel?
VORBEREITUNGS-PROZESSE					
Datum / Uhrzeit	Element	Bezug zu OSP	Tätigkeit	Personen	Aufwand
		Lage horizontal		Qualifikation	Personal [h]
	Menge	Lage vertikal			Materialmenge [E]
	Gerät				Gerät [h]
FERTIGUNGSPROZESSE					
Datum / Uhrzeit	Element	Bezug zu OSP	Tätigkeit	Personen	Aufwand
		Lage horizontal		Qualifikation	Personal [h]
	Menge	Lage vertikal			Materialmenge [E]
	Gerät				Gerät [h]

MONTAGEPROZESSE					
Datum / Uhrzeit	Element	Bezug zu OSP	Tätigkeit	Personen	Aufwand
		Lage horizontal		Qualifikation	Personal [h]
	Menge	Lage vertikal			Materialmenge [E]
	Gerät				Gerät [h]
NACHBEARBEITUNGS- PROZESSE					
Datum / Uhrzeit	Element	Bezug zu OSP	Tätigkeit	Personen	Aufwand
		Lage horizontal		Qualifikation	Personal [h]
	Menge	Lage vertikal			Materialmenge [E]
	Gerät				Gerät [h]

Abb. 94 Schema zur prozessorientierten Erfassung der Informationen der Bauproduktionskosten

Die Abb. 94 zeigt die elementbezogene prozessorientierte Erfassung der Bauproduktionskosten. Mit den erfassten Daten ist eine planungskonforme Zuordnung der IST-Kosten zu den Elementen möglich.

14.4. Ausblick auf die prozessorientierten Baukalkulation und Kosten-Controlling

14.4.1. IST-Datenerfassung an der Baustelle

Die IST - Kosten des produktiven Personals werden über die neuen Bauprozessabrechnung kalkulationskonform erfasst. Die IST - Kosten für das Baumaterial können über die aus den aktualisierten 3D-Modellen verfügbaren Quantitäten und Qualitäten dem Element zugeordnet werden. Kosten von Leistungsgeräten sind entsprechend den Einsatzbedingungen ebenfalls den Elementen zuordenbar. Damit sind die IST- Kosten der Elemente bekannt.

Für die Berechnung der IST-Produktionskosten ist die Erfassung der fixen IST -Kosten der Baustelleinrichtung für eine Abrechnungsperiode (üblicherweise Monat) erforderlich. Mit der IST - Produktionsdauer (Abrechnungsperiode) kann der zeitabhängige fixe IST- Produktions- Prozesskostensatz errechnet werden.

Mit Kenntnis der variablen IST - Kosten für die gleiche Abrechnungsperiode und der IST - Anzahl der produktiven Personaltage an der Baustelle kann der ressourcenabhängige variable IST - Produktions- Prozesskostensatz ermittelt werden. Dieser kann zur Berechnung der IST - Produktionskosten der Elemente verwendet werden.

Aus den mittels Bauprozessabrechnung neu erfassten Aufwands-Daten und den an der Baustelle verfügbaren Kapazitäten kann der Auslastungsgrad ermittelt werden.

14.4.2. Integriertes Projektcontrolling – die Earned Value Analyse

Die aus den USA stammende, über Leistung, Termine und Kosten, integrierte Methode des Projektcontrolling ist im deutschen Sprachraum unter Fertigstellungswert-Analyse (EV-Earned Value) bekannt⁸⁷. Dabei wird die Leistung (als Plan-Leistung oder Ist-Leistung) in Kosten ausgedrückt und

⁸⁷ [20] Univ. Prof. DI Dr. Gerold Patzak und Dr. Günter Rattay, Projektmanagement, Linde, 2004

bezogen auf die Zeit erfasst. Ziel ist es dem Leistungsfortschritt die entsprechenden Kosten zuzuordnen. Der Ist-Leistungsfortschritt wird mit dem Wert Physisch % Fertig beurteilt.

Die Anwendung dieser Methode als Steuerungsinstrument bei Bauprojekten war bisher nur sehr schwer möglich, da zwischen der Kostenkalkulation und der Leistungsfeststellung sowie der Kostenerfassung an der Baustelle kein unmittelbarer Zusammenhang herstellbar war. Die Verknüpfung der 3D - Daten über das 4D - Modell mit dem 5D - Kostenmodell ermöglicht nun die Anwendung dieser zeitdynamischen Methode zur Feststellung von Leistungs- Termin- u. Kostenabweichungen.

Grundlage ist das 4D-Modell mit den, den Vorgängen des Terminplanes als Ressourcen zugeordneten Kosten, wobei für das 5D-Modell bei der Zuordnung der Kosten zu den geplanten Vorgängen die Trennung nach verschiedenen Prozessen beachtet werden muss.

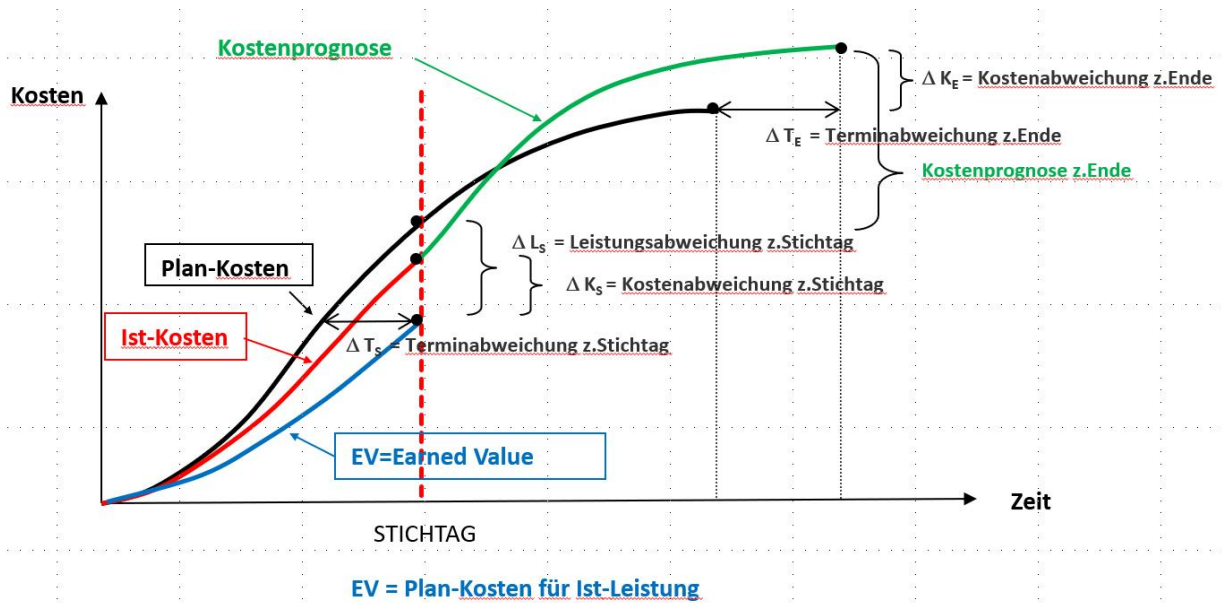


Abb. 95 Projektcontrolling mit Fertigstellungswertanalyse (EV) Rechnung

Die Abb. 95 zeigt den geplanten Kostenverlauf errechnet auf Basis eines Terminplanes.

Neben den stichtagsbezogenen Berechnungsergebnissen und der Prognoserechnung ermöglicht die grafische Darstellung die Verfolgung und Prognose der Kostenentwicklung.

Der Fertigstellungsgrad des Elements kann an der Baustelle beurteilt werden. Wobei vereinfacht bei begonnen = 5%, in Arbeit = 50% und abgeschlossen = 100% physische Fertigstellung angenommen werden kann. Exaktere Angaben richten sich nach den Erfordernissen der verlangten Genauigkeit der Kostenberechnung. Fortschrittsangaben unter 10% sind auf Grund der bereits in der Kostenermittlung vorhandenen Unschärfen nicht sinnvoll.

Die Prozesskostenkalkulation liefert mit dem zeitabhängigen Projekt-Prozesskostensatz und dem Produktions-Prozesskostensatz wesentliche Daten zur Berechnung des Kostenverlaufes. Die Kostendifferenzierung nach Prozessen erschließt jetzt die Möglichkeit über die Verknüpfung mit den Element-Kosten diese direkt den entsprechenden Vorgängen zuordnen zu können. In Abhängigkeit von der eingesetzten Projektmanagementsoftware ist auch eine Unterscheidung nach Kostenarten möglich.

Die Earned-Value Rechnung setzt somit Zeit und Kosten in Relation zur Leistung und kann so als Steuerungsinstrument im Projektverlauf eingesetzt werden.

14.5. Schlussfolgerungen

Die Anwendung des prozessorientierten Modells der Baukalkulation ist zunächst auf den innerbetrieblichen Bereich beschränkt.

Bei privaten Auftraggebern könnte es durch Umrechnung der gesamten Zuschlagskosten auf einen Projekt-Prozesskostensatz und analog dazu bei den Baustellengemeinkosten bereits zu einer Anwendung des Modells kommen.

Im öffentlichen Bereich kann eine Anwendung erst nach Anpassung aller einschlägigen Normen und des Vergaberechts erfolgen.

15. Anwendungsbeispiele

Zur Verifizierung des Modells der prozessorientierten Baukalkulation werden zwei Modelle verwendet. Die IT-gestützte Umsetzung des Berechnungsmodells erfolgt zunächst mit Hilfe der Projektmanagement-Software DELTEK Open Plan V 3.5 und auf Grund fehlender 3D Funktionalität erst beim Beispiel Stützmauer mit dem Produkt ASTA Power Project als integrierte 3D-4D-5D Planung.

15.1. Modellbeispiel Hochbau

Zielsetzung des Modells Hochbau ist das Verfahren der prozessorientierten Baukalkulation an Hand eines einfachen Beispiels darzustellen. Da kein 3D-Modell zur Verfügung steht müssen für die erforderlichen Elemente sinnvolle Annahmen getroffen werden. Die zeitdynamische Kalkulation der Geschäftsgemeinkosten mit Hilfe eines Projekt-Prozesskostensatzes (PjPkS) und die zeit- und einsatzmittelabhängige Kalkulation der Baustellengemeinkosten mit Hilfe eines Produktions-Prozesskostensatzes (PdPkS) kann aber trotzdem simuliert werden.

15.1.1. Grundlagen und Annahmen

Als Objekt wurde ein mehrgeschossiger Hochbau gewählt. Die zeitliche Abgrenzung ist durch die Meilensteine „MS Beauftragung Architekt“ und „MS Abnahme und Übergabe“ definiert. Die Projektdauer erstreckt sich über mehr als ein Kalenderjahr. Die inhaltliche Abgrenzung ergibt sich aus der Beschränkung der Vorgänge auf die zur Herstellung des Rohbaus (TWP-Modell) erforderlichen Elemente im Erdgeschoss.

Für die Kostenkalkulation wurden entsprechende Prozesskostensätze (PkS), die in den nachstehenden Abbildungen der Ressourcendefinitionen ersichtlich sind, angenommen.

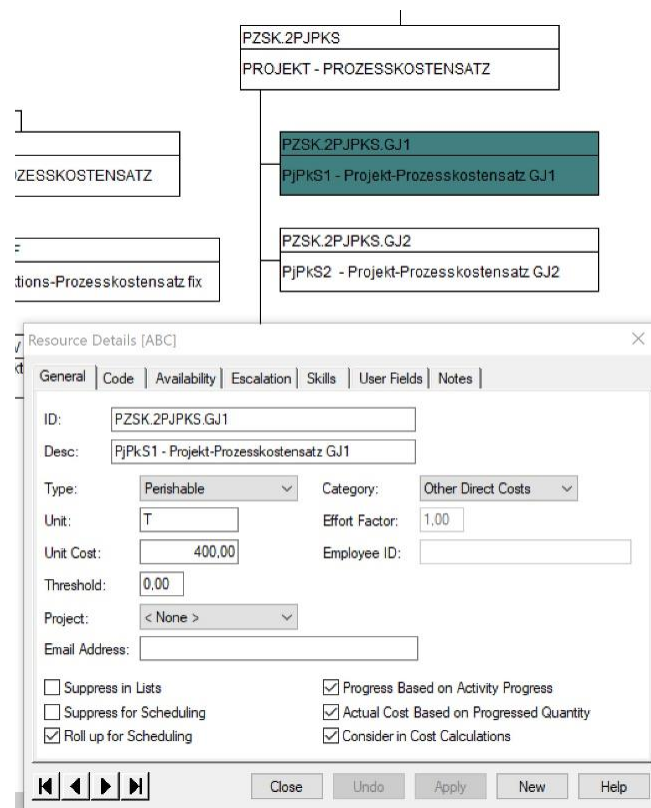


Abb. 96 Ressourcendefinition für den Projekt-Prozesskostensatz im Geschäftsjahr 1

Die Abb. 96 zeigt die Definition des Projekt-Prozesskostensatzes ($PjPkS_{GJ1}$). Als Type ist im System die Auswahl von „Perishable“ möglich, was so viel wie verderblich bedeutet. Damit kann das Ende der Gültigkeit des Projekt-Prozesskostensatzes fixiert werden. Das heißt seine Gültigkeit kann mit der Dauer des längsten mit diesem Projekt-Prozesskostensatz berechneten Projektes begrenzt werden. Im Beispiel wäre der festgelegte Projekt-Prozesskostensatz ($PjPkS_1$) von WE 400/AT danach nicht mehr verfügbar.

Es wurde vereinfacht kein gewichteter Anteil, auf Grund projektspezifischer Parameter, für den Projekt-Prozesskostensatz angenommen.

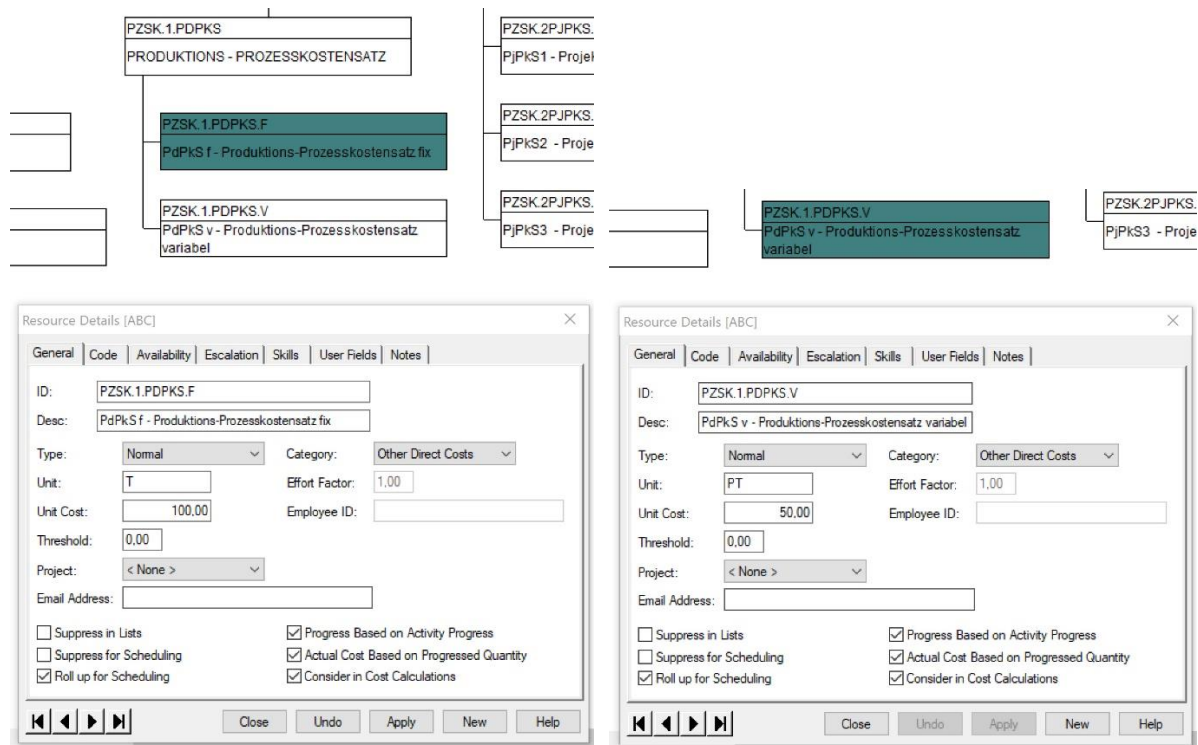


Abb. 97 Ressourcendefinition für die Produktions-Prozesskostensätze

Die Abb. 97 zeigt die Definition der beiden Anteile des Produktions-Prozesskostensatzes (PdPKS). Der fixe zeitabhängige Anteil ($PdPKS_f$) ist mit WE 100/AT festgelegt. Der variable ressourcen-gebundenen Anteil ($PdPKS_v$) der Baustellengemeinkosten ist mit WE 50/PT festgelegt.

Da kein 3D-Modell vorliegt, mussten zur Kalkulation der Elementkosten entsprechende Mengen und für die Kostenarten entsprechende Kostensätze, die ebenfalls in der Ressourcendefinition ersichtlich sind, angenommen werden. Es wurden bei der Kalkulation der Elementkosten nur die Kostenarten Personal, Material und Gerät berücksichtigt.

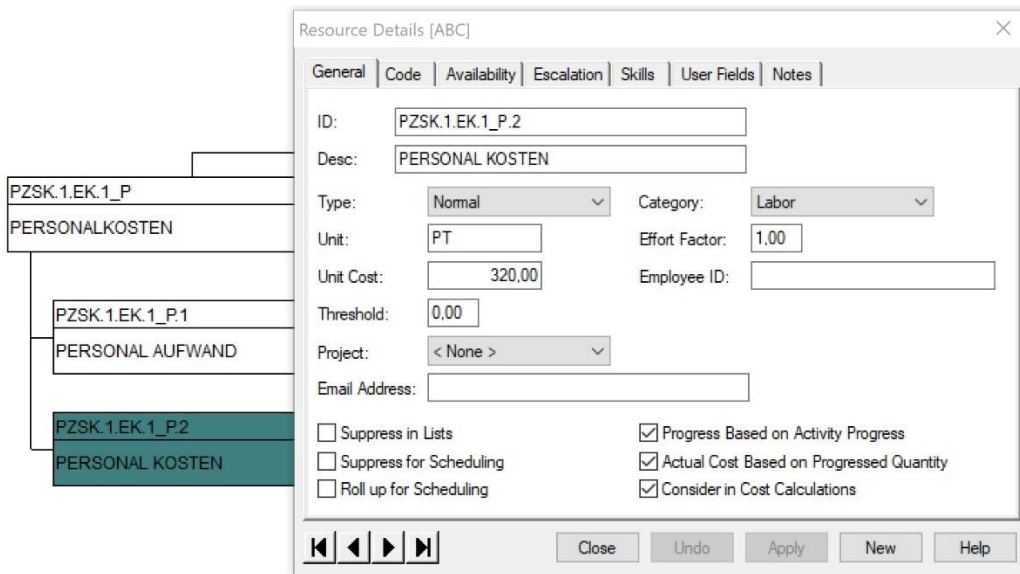


Abb. 98 Ressourcendefinition für die Kostenarten Personal

Die Abb. 98 zeigt die Ressourcendefinition für die Personalkosten in WE 320/PT.

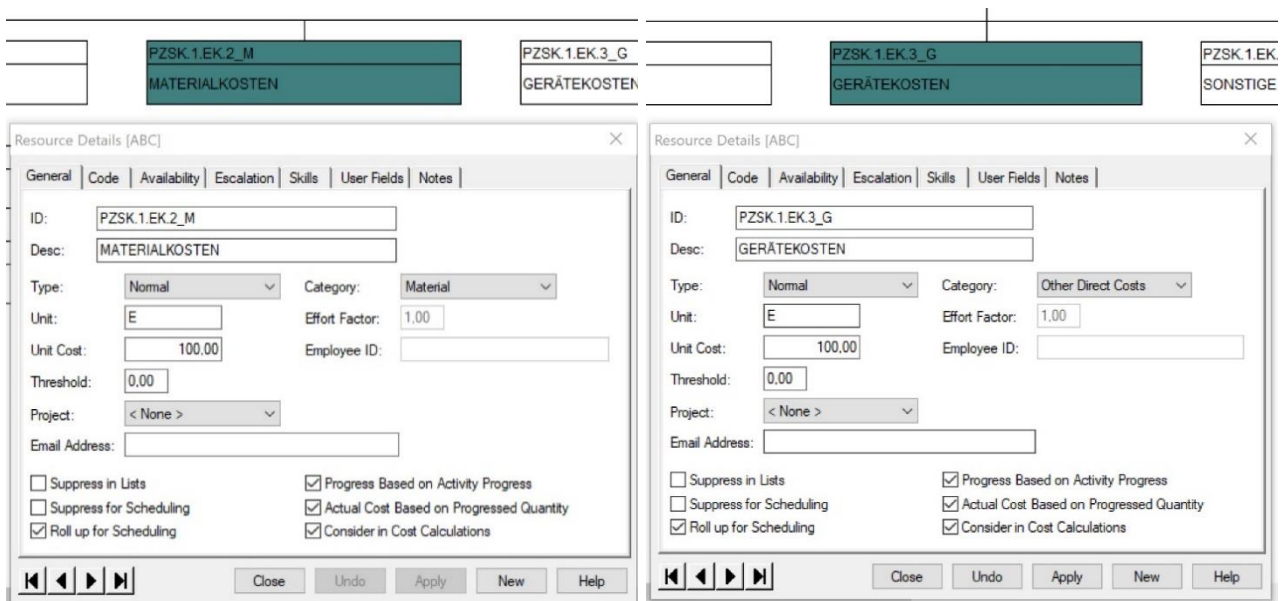


Abb. 99 Ressourcendefinition für die Kostenarten Material, Gerät

Die Abb. 99 zeigt die Ressourcendefinition für die Material- und Gerätekosten in 100 WE /E. Bei Vorliegen entsprechender Kostendaten aus einem 3D-Modell können den Elementen auch absolute Beträge in WE pro Element zugeordnet werden. Damit würde die mengenabhängige Berechnung der Elementkosten nicht im 4D-Modell erfolgen.

15.1.2. Objektstrukturplan

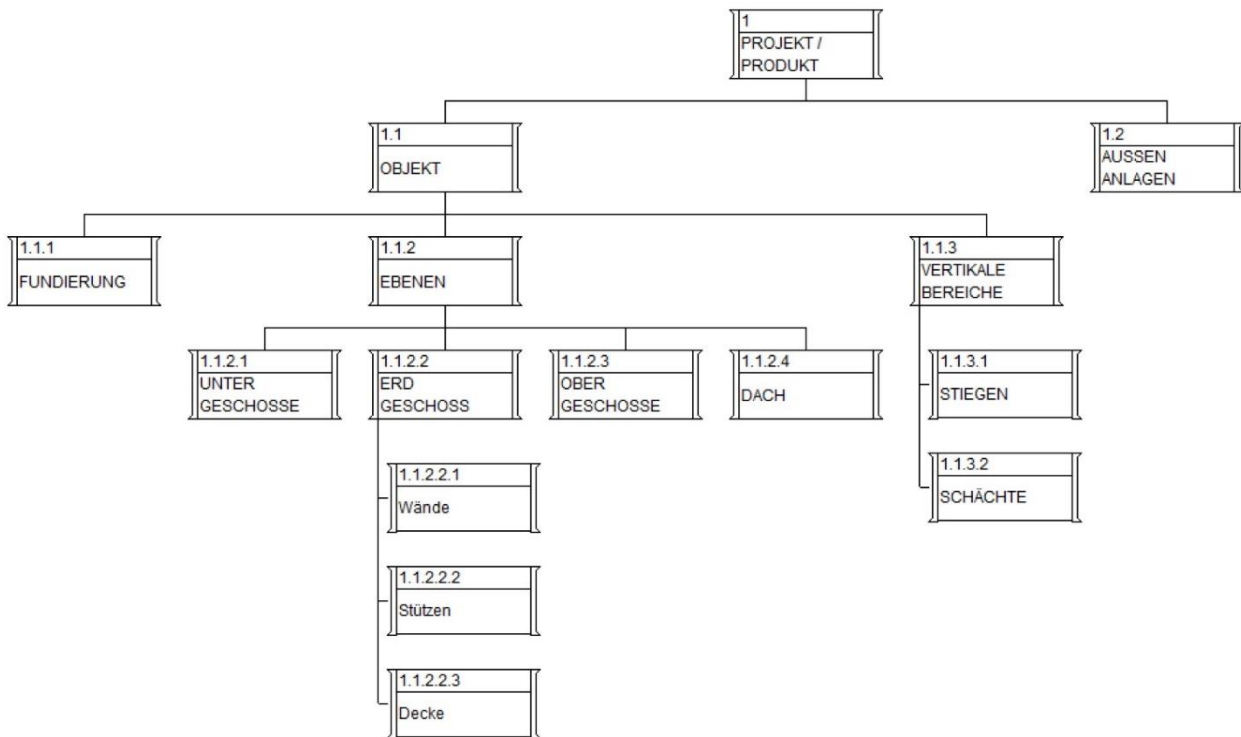


Abb. 100 Objektstrukturplan für einen Hochbau

Die Abb. 100 zeigt die Aufgliederung des Modellbeispiels Hochbau nach topografischen Kriterien im Erdgeschoss bis auf die Elementebene.

15.1.3. Projektstrukturplan

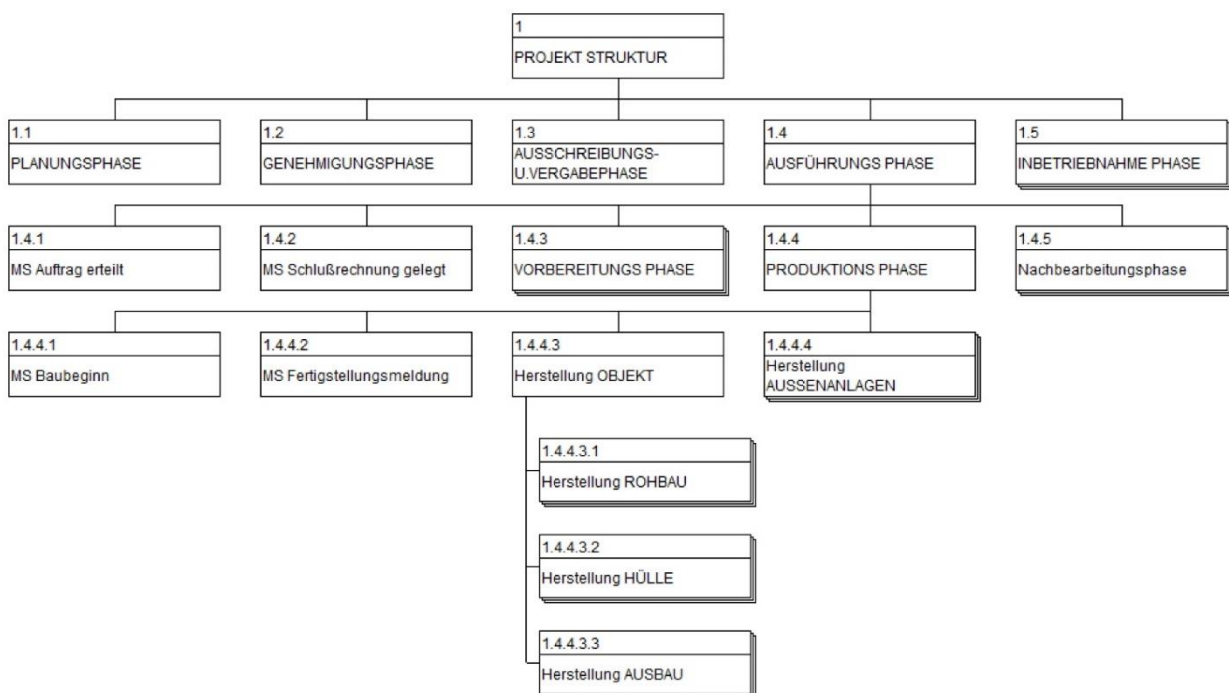


Abb. 101 Projektstrukturplan für einen Hochbau

Die Abb. 101 zeigt den Projektstrukturplan zeitlich aufgegliedert nach zeitlichen Projektphasen mit den zur Abgrenzung erforderlichen Meilensteinen (MS).

Die Meilensteine entsprechen der zeitlichen Abgrenzung für die Kalkulation der zeitgebundenen Geschäftsgemeinkosten mittels Projekt-Prozesskostensatz und der Baustellengemeinkosten mittels Produktions-Prozesskostensatz.

15.1.4. Termin-u. Ablaufplanung

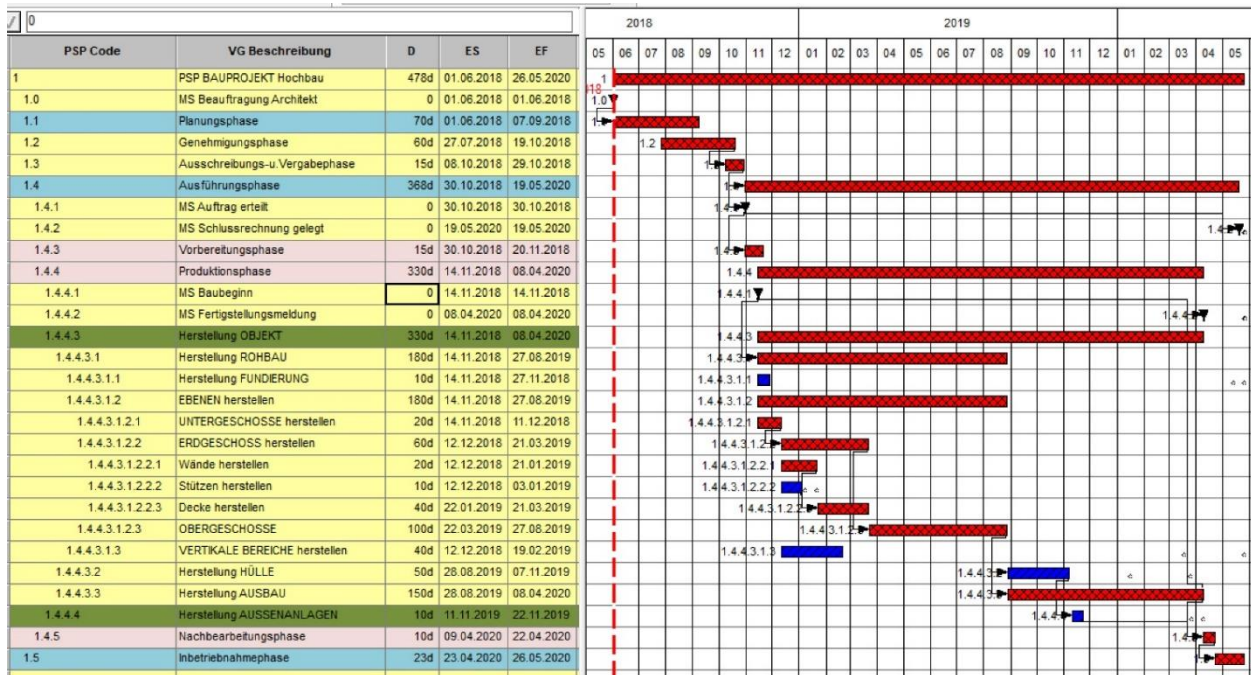


Abb. 102 Termin-u. Ablaufplan für einen Hochbau

Die Abb. 102 zeigt den Termin- u. Ablaufplan auf Basis der Projektstruktur. Die Berechnung erfolgte auf Basis eines Arbeitskalenders mit kurzer/langer Woche und den gesetzlichen Nicht-Arbeitstagen, wie er im Bauwesen üblich ist.

Die Abhängigkeiten (logischen Verknüpfungen) wurden auf Grund der technologischen Abhängigkeiten gewählt.

15.1.5. Einsatzmittel- (Ressourcen-) Zuordnung zu den Vorgängen

Zur Verknüpfung der Kosten mit den Vorgängen des Terminplanes stehen zwei Zuordnungsmöglichkeiten zur Verfügung. Zur zeitabhängigen Berechnung der Kosten ist eine Zuordnung / Zeiteinheit der Kostensätze erforderlich.

Der Projekt-Prozesskostensatz PjPkS wird dem Vorgang Ausführungsphase dessen Dauer durch den „MS Auftrag erteilt“ und den „MS Schlussrechnung gelegt“ bestimmt wird, zugeordnet.

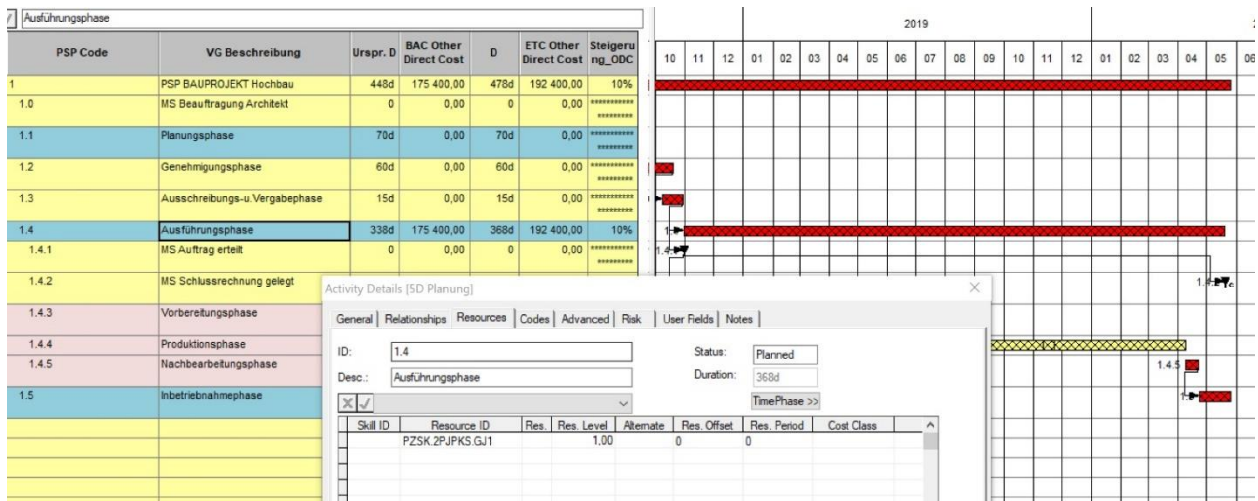


Abb. 103 Zuordnung des Projektprozesskostensatzes PjPk_SG_{J1} zum Vorgang Ausführungsphase

Die Abb. 103 zeigt die Zuordnung des im Feld Resource ID PZSK.2PJPKS.GJ1 als Ressource definierten Projekt-Prozesskostensatzes des ersten Geschäftsjahres, mit dem Betrag eins pro Zeiteinheit im Feld Res. Level, zum Vorgang Ausführungsphase.

Analog dazu erfolgt nachfolgend die Zuordnung des Produktions-Prozesskostensatzes PdPk_S zur Produktionsphase.

Der aus der Kalkulation der zeitabhängigen Kosten der Baustelleinrichtung abgeleitete zeitabhängige variable Produktions-Prozesskostensatz wurde im Beispiel mit EUR 50/PT angenommen. Die Zuordnung des PdPk_S erfolgt als Ressource zu den Elementen im Ausmaß der für die Leistungserbringung erforderlichen PT. Über die Anzahl des erforderlichen produktiven Personals und die Vorgangsdauer wird die Anzahl der PT je Vorgang, im Beispiel ident mit dem Element, errechnet. Im Beispiel ergibt für das Element Wand mit Resource ID PZSK.EK_1.PK_1 und 4 Personen/Tag für eine Dauer von 20 Tagen einen 80 PT Aufwand. Bei Änderung der Vorgangsdauer errechnet sich bei gleichbleibendem Personaleinsatz ein entsprechend anderer Wert.

Dieser errechnete Betrag wird dem Vorgang als Aufwand für die Produktions-Prozesskosten mit linearer Verteilung (T) über die Vorgangsdauer zugeordnet. Mit dem Produktions-Prozesskostensatz PdPk_S von EUR 50/PT errechnen sich daraus die anteiligen Produktionskosten für das Element.

Für die Kalkulation der gesamten Elementkosten erfolgt die Zuordnung aller übrigen Ressourcen als Betrag, (T) verteilt über die gesamte Vorgangsdauer. Der Betrag für die Material- u. Gerätekosten ergibt sich auf Basis der im 3D-Modell ermittelten Quantitäten. Im Beispiel sind dies Annahmen, da diese Daten nicht zur Verfügung stehen.

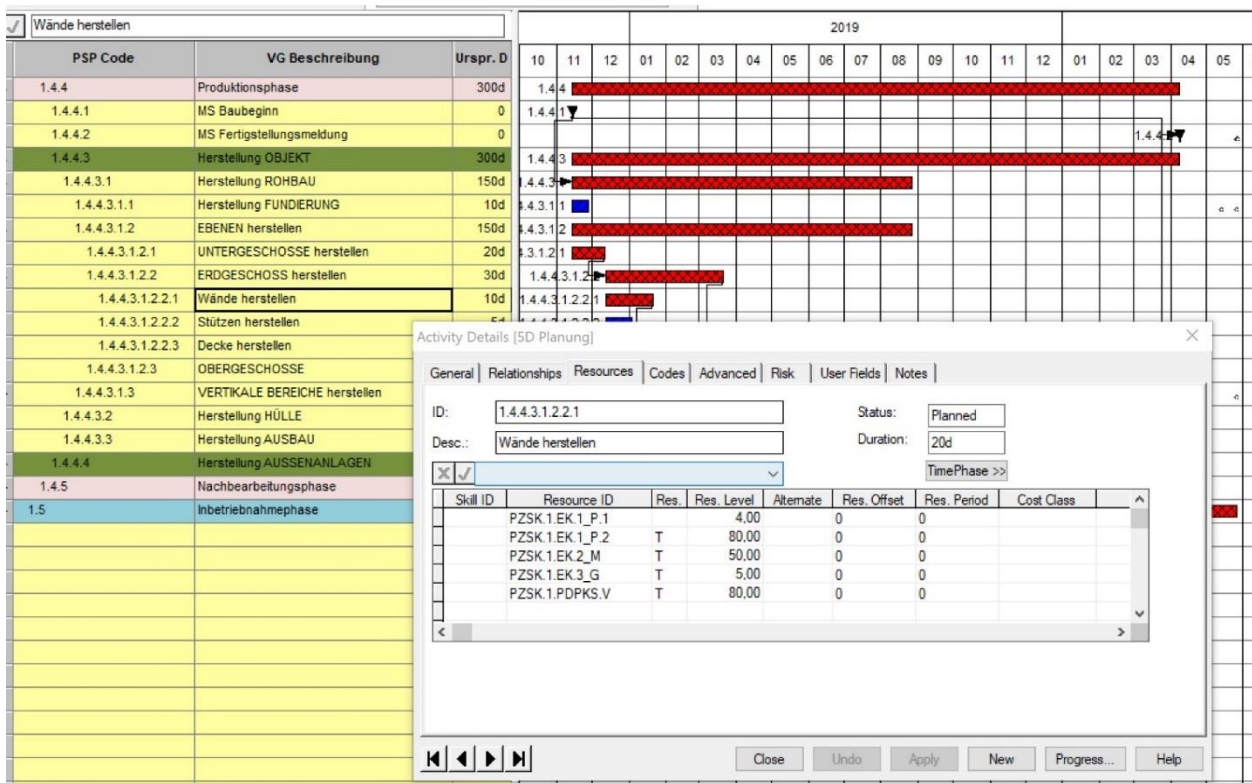


Abb. 104 Zuordnung der Ressourcen zum Vorgang Wand herstellen

Die Abb. 104 zeigt die Zuordnung der Kosten mit einer Resource ID. In der ersten Zeile wird im Feld Res. Level mit dem Betrag 4,00 die Anzahl des produktiven Personals zugeordnet. In den folgenden Zeilen erfolgt die Zuordnung der Beträge mit linearer Verteilung (T) über das Feld Res. Level. In der letzten Zeile wird der aufwandsabhängige Produktions-Prozesskostensatz PdPKS_v zum Vorgang Wände herstellen mit dem auf Grund der Zuordnung in Zeile 1 errechneten Betrag zugeordnet.

15.1.6. Prozessorientierte Kalkulation der Herstell- und der Selbstkosten

Mit dieser Ressourcenzuordnung können zeitabhängig die Herstellkosten der Elemente berechnet werden. Über die Summation der Kosten entsprechend der Projektstruktur können die Herstellkosten in der Produktionsphase für vorher definierte Module und das Objekt ermittelt werden.

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



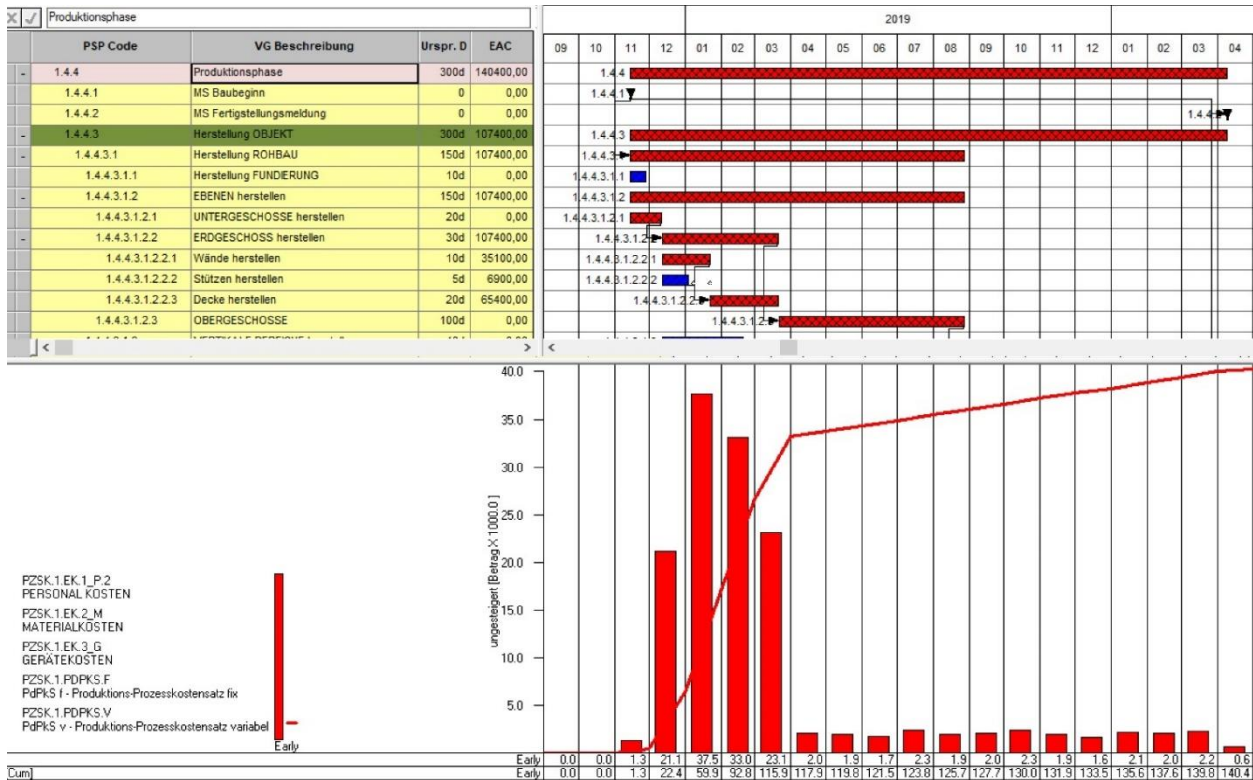


Abb. 105 Kostenanfall und Kostenverlauf auf Basis prozessorientierter Element-Kalkulation

Die Abb. 105 zeigt in den Tabellenspalten die Summation der Herstellkosten Bottom-Up bis auf Objektebene. Auf Grund der zeitlichen Verteilung ergibt sich im Histogramm der Kostenanfall und der Kostenverlauf der Herstellkosten für die Produktionsphase.

Eine weitere Summation der Kosten bis auf den Vorgang Ausführungsphase zeigt das Ergebnis der zeitdynamischen Kalkulation der Selbstkosten.

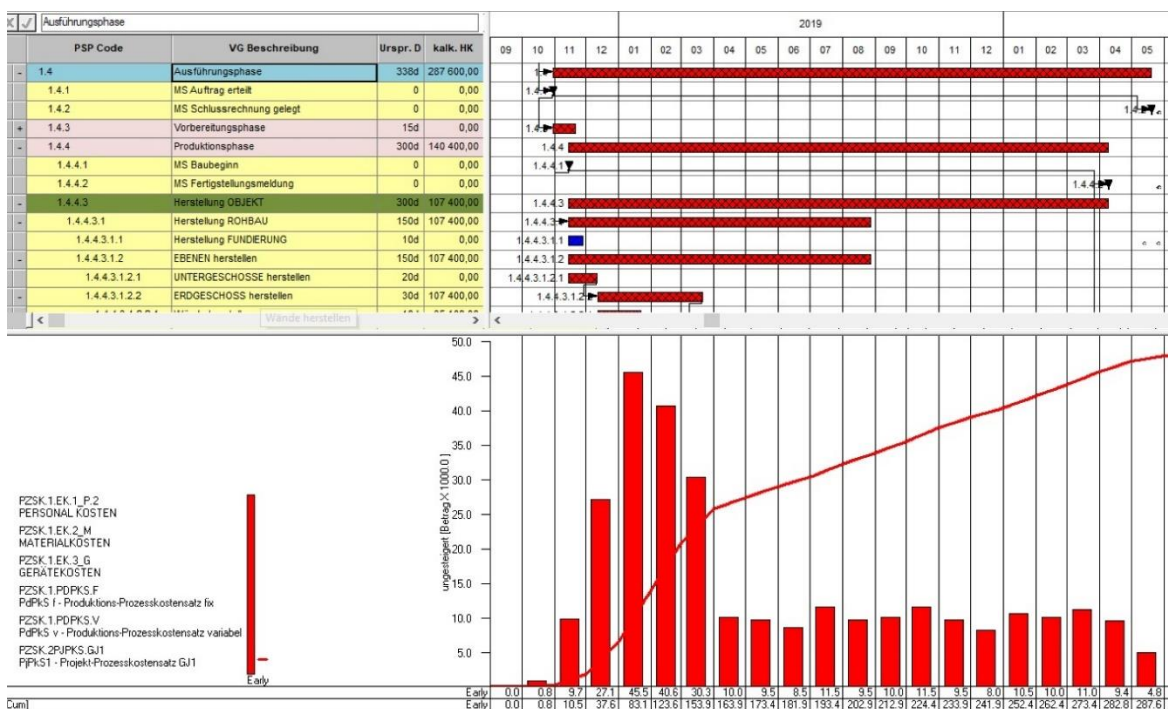


Abb. 106 Kostenanfall und Kostenverlauf bei prozessorientierter Objekt-Kalkulation

Die Abb. 106 zeigt in den Tabellenspalten des Balkenplanes die Summation der prozessorientierten Kostenkalkulation bis auf Projekt-/Auftragsebene. Auf Grund der zeitlichen Verteilung ergibt sich im Histogramm der Kostenanfall und der Kostenverlauf der Selbstkosten für die Ausführungsphase.

15.1.7. Prozesskostenauswertung

Die Anwendung der prozessorientierten Baukalkulation ermöglicht bei zeitlichen Abweichungen in der Herstellung den Nachweis der zeitabhängigen Kostenänderungen. Im Modellbeispiel wurde die Vorgangsdauer bei gleichbleibender Leistung verdoppelt.

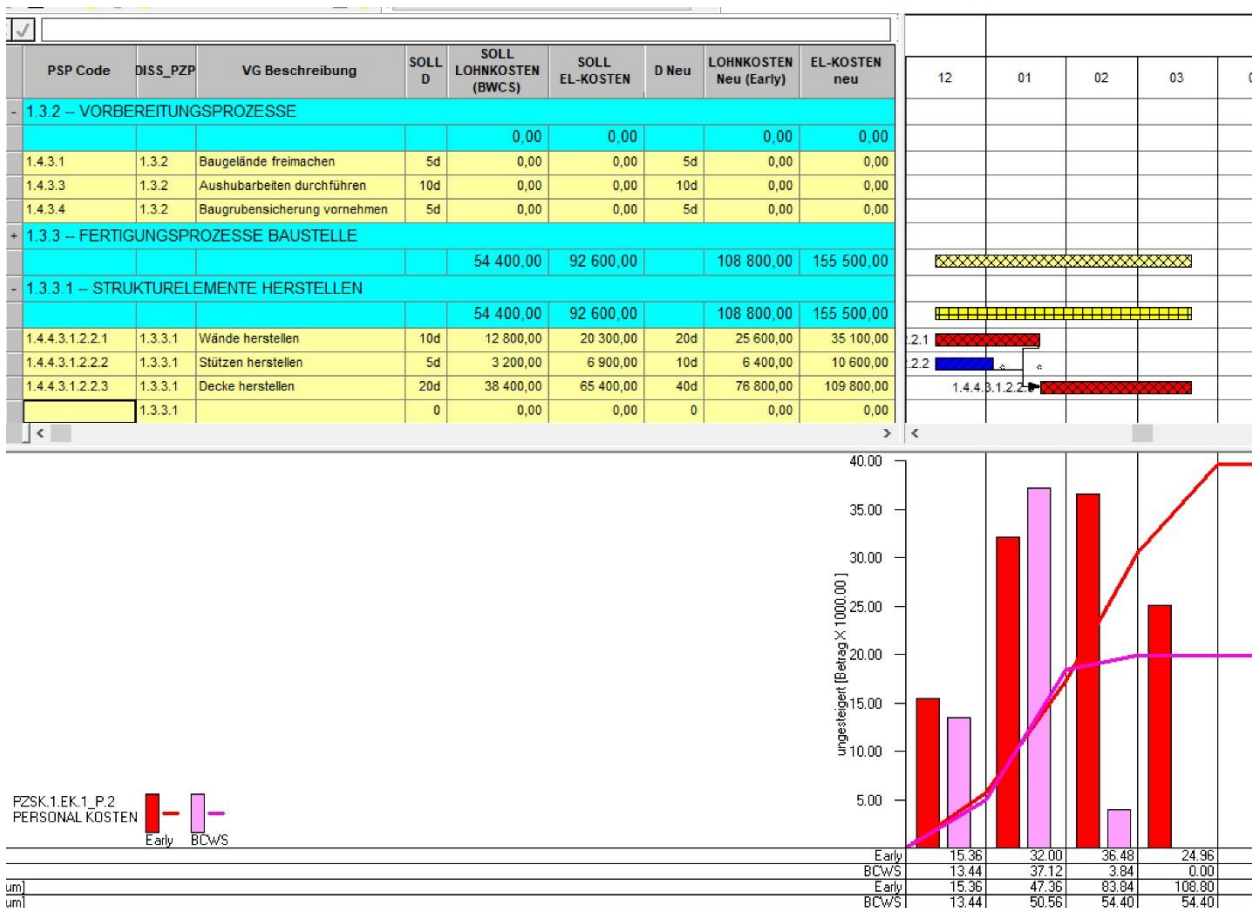


Abb. 107 Kostenänderung bei Verdoppelung der Vorgangsdauer der Elemente

Die Abb. 107 zeigt das Ergebnis der prozessorientierten Baukalkulation bei Veränderung der Vorgangsdauer. Betrachtet werden die Personal- und Elementkosten. Durch die Verdoppelung der Vorgangsdauer verdoppeln sich auch die zeitabhängigen Personalkosten. Durch den zeitabhängigen Produktionsprozesskostensatz steigen die Elementkosten jedoch stärker als nur um die Verdoppelung des Aufwandes.

Für das gesamte Objekt ergibt sich im Beispiel nicht nur eine Verlängerung der Produktionsdauer, sondern auch der Ausführungsphase, womit durch den Einsatz des Projekt-Prozesskostensatzes eine zusätzliche zeitabhängige Kostensteigerung entsteht.

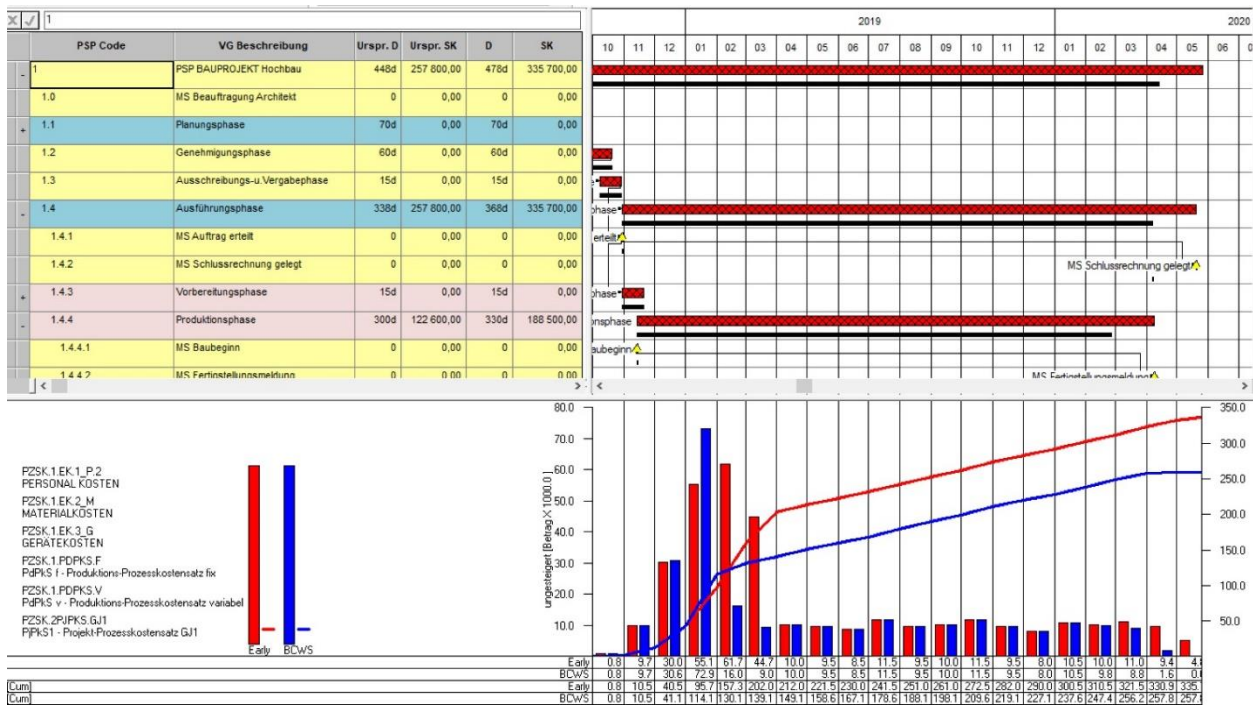


Abb. 108 Kostensteigerung durch Verlängerung der Ausführungsphase

Die Abb. 108 zeigt, wie in der Produktionsphase durch Verdoppelung der Vorgangsdauern der Elemente die Kosten ansteigen und diese Verzögerung auch auf die Selbstkosten Auswirkungen hat. Somit sind die Auswirkungen von zeitlichen Verschiebungen berechenbar und damit besser nachweisbar.

Das elementbasierte Modell der prozessorientierten Baukalkulation ist grundsätzlich IT-gestützt abbildbar und berechenbar. Auf Grund der zeitdynamischen Verknüpfung der Kosten mit dem Terminplan können die Auswirkungen von Ablaufänderungen sichtbar und nachvollziehbar gemacht werden. Damit ist schon im Angebotsstadium eine Simulationsrechnung möglich die das Kostenminimum bei optimaler Bauzeit aufzeigen kann.

Diese Simulationsrechnung wird im nachfolgenden Beispiel Stützmauer durchgeführt.

15.2. Anwendungsbeispiel Stützmauer

15.2.1. Objektinformationen – Stützmauer

Zum Vergleich der beiden Kalkulationsarten, Zuschlagskalkulation und prozessorientierte Baukalkulation, wird die Herstellung einer Stützmauer herangezogen⁸⁸. Die 5,4 m hohe Stützwand besitzt eine Länge von 200m und wird in 20 Abschnitten à 10m hergestellt. Ein Abschnitt besteht aus dem Fundament mit Wandsockel und der aufgehenden Wand und wird in 2 Arbeitsschritten hergestellt. Der Erdaushub ist Bestandteil der Leistung, nicht jedoch die Hinterfüllung. Als Herstellungszeitraum sind 4,5 Monate vorgegeben.

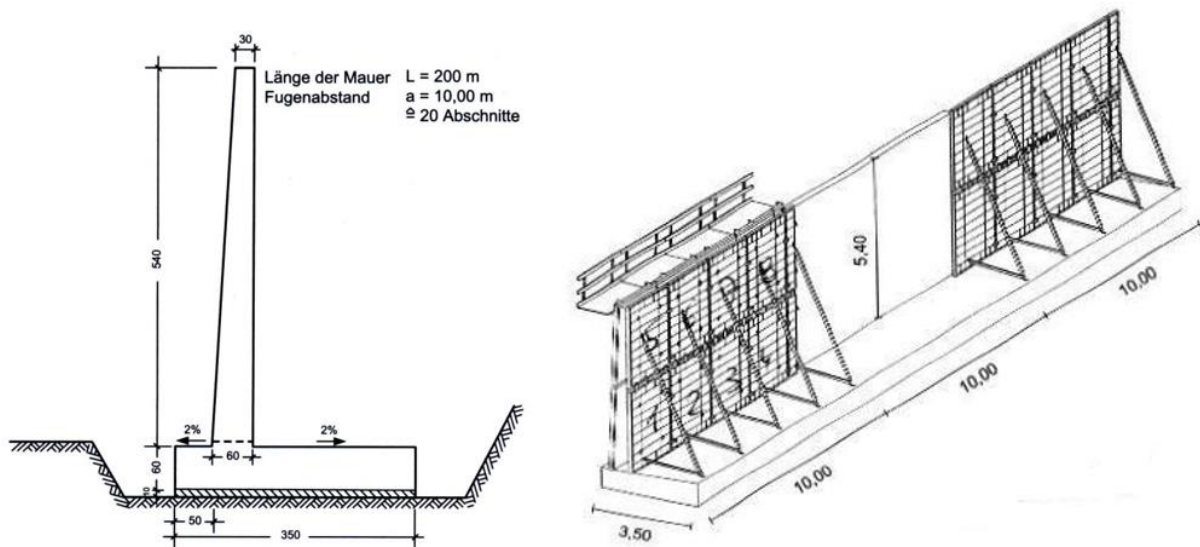


Abb. 109 Stützmauer Querschnitt

Die Abb. 109 zeigt den Querschnitt in 2D-Darstellung und die Ansicht der Stützmauer mit Einsatz von drei Schalungselementen zur Herstellung der Wand.

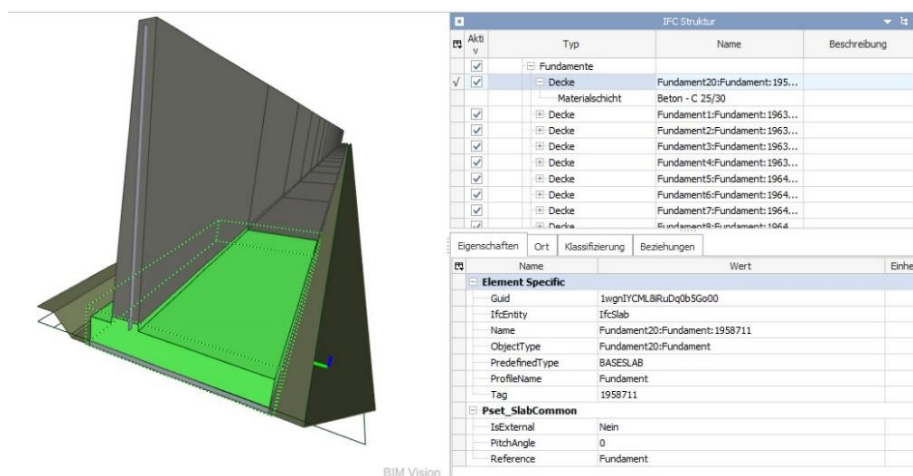


Abb. 110 Stützmauer Querschnitt

⁸⁸ [10] Gerhard Drees und Wolfgang Paul, Kalkulation von Baupreisen, Beuth Verlag, 2011

Die Abb. 110 zeigt das aus den Abmessungen des 2D-Modells entwickelte 3D-Modell der Stützmauer und im eingeblendeten Fenster die digitalen Planungsdaten (IFC – Daten).

Folgende Mengenangaben sind aus dem Leistungsverzeichnis bekannt ⁸⁹.

Das Leistungsverzeichnis ist vereinfacht wiedergegeben und enthält nur die wichtigsten Positionen.

Leistungsbereich Baustelleneinrichtung	
1 Baustelleneinrichtung vorhalten für Leistungen des AN.	pauschal
2 Einrichten und Räumen der Baustelle für Leistungen des AN, einschl. Freimachen des Geländes.	pauschal
Leistungsbereich Erdarbeiten	
3 Boden für Fundamente profilgerecht lösen, Boden wird Eigentum des AN und ist zu beseitigen, Aushub ab Geländeoberfläche, Bodenklasse 3 bis 6.	1.000 m ³
Leistungsbereich Betonarbeiten	
4 Ortbeton der Sauberkeitsschichten, aus unbewehrtem Beton als Normalbeton DIN 1045 C 12/15, Dicke über 5 bis 10 cm.	70 m ³
5 Ortbeton des Streifenfundaments, obere Betonfläche geneigt, aus Stahlbeton als Normalbeton DIN 1045 C 20/25.	420 m ³
6 Ortbeton der Stützwand, eine Seitenfläche geneigt, aus Stahlbeton als Normalbeton DIN 1045 C 20/25, Dicke über 30 bis 60 cm.	490 m ³
7 Schalung des Streifenfundaments, Höhe bis 1,00 m.	240 m ²
8 Schalung der Wand, Seitenfläche geneigt, als glatte Schalung, Betonfläche sichtbar bleibend, möglichst absatzfrei, einschl. zusätzlicher Maßnahmen beim Herstellen und Verarbeiten des Betons, Höhe bis 6,00 m.	2.200 m ²
9 Betonstabstahl IV S, Durchmesser über 10 bis 20 mm, Längen bis 14,00 m, liefern, schneiden, biegen und verlegen.	70,5 t
10 Betonstahlmatten IV M, Ausführung als Listmatten, liefern, schneiden, biegen und verlegen.	12,5 t
11 Fugenband mit Randverstärkung aus PVC, Bandbreite 350 mm.	110 m
Leistungsbereich Abdichtung gegen nicht drückendes Wasser	
12 Abdichtung gegen seitliche Feuchtigkeit auf Wänden, Ausführungshöhe bis 7,00 m, aus 3 Kaltaufstrichen aus Bitumenlösung, Flächen senkrecht, Untergrund Beton.	1.080 m ²

Kalkulationsgrundlagen: MLK – Mittellohnkosten, Zuschläge, Ablaufüberlegungen, Detailterminplan

15.2.2. Zuschlagskalkulation Stützmauer nach ON B 2061

Mittellohnkosten EUR 31,50, Zuschläge auf L, M, G, F.

⁸⁹ [10] Gerhard Drees und Wolfgang Paul, Kalkulation von Baupreisen, Beuth Verlag, 2011

PREISERMITTLUNG				FORMBLATT K 7				
Bau: Stützmauer				Angebot Nr.: DISS		Währung: EUR		Seite:
Pos.-Nr.	Menge	Einheit	Positionsstichwort	h/EH	Anteil Lohn Betrag	Anteil Sonstiges Betrag	Einheitspreis Betrag	
Kostenentwicklung je Einheit								
					31,50			
1	1,00	P	Baustelleneinrichtung vorh.					
		Mo		4,5	40,00			
			Lohnaufwand:					
			Aufräumen u. Reinigen	180,00	5.670,00			
			Gerätekosten:					
			Vorhaltekosten			22.651,90		
			Betriebskosten:					
			Strom	107,50		483,75		
			Diesel	1.655,29		7.448,81		
					5.670,00	30.584,46	36.254,46	
			Einzelkosten				36.254,46	
			Zuschlag Lohn	25,44%	1.442,45			
			Zuschlag Geräte	15,00%		4.587,67		
			EP:		7.112,45	35.172,12	42.284,57	
			PP:				42.284,57	
2	1,00	P	Baustellen einrichten/räumen					
		t		33,20	0,5	20,00		
			Lohnaufwand:					
			Ladekosten	16,60		664,00		
			Auf- Abbau Anschlüsse	50,00				
			Auf- Abbau Geräte	70,00				
				136,60	4.302,90			
			Materialkosten:					
			Frachtkosten			120,00		
			Wasser-Stromanschluß			250,00		
			Gerätefundamente			450,00		
					4.302,90	1.484,00	5.786,90	
			Einzelkosten				5.786,90	
			Zuschlag Lohn	25,44%	1.094,66			
			Zuschlag Material	15,00%		222,60		
			EP:		5.397,56	1.706,60	7.104,16	
			PP:				7.104,16	

Summe Einzelkosten der Pos.1-2 EUR 42.041,36

ÖNORM B 2061

PREISERMITTLUNG				FORMBLATT K 7			
Bau: Stützmauer				Angebot Nr.: DISS		Währung: EUR	
Seite:							
Pos.-Nr., Menge, Einheit, Positionsschwort	Kostenerwicklung je Einheit			m/EH	Anteil Lohn Betrag	Anteil Sonstiges Betrag	Einheitspreis Betrag
3	1.000,00	m ²	Fundamentaushub				
		m ² /d	200,00				
			Lohnaufwand: 8h/d				
			Baggerführer	0,04			
			Beihilfe	0,04			
				0,08	2,52		
			Geräteaufwand:				
			AV+Rep			0,85	
			Betriebsstoffe			0,47	
			Frachtkosten			0,12	
						1,44	
			Fremdleistung				
			Verfuhr- u. Deponiekosten			24,00	
					2,52	25,44	27,96
			Einzelkosten				27.962,94
			Zuschlag Lohn	25,44%	0,64		
			Zuschlag Gerät	15,00%		0,22	
			Zuschlag Fremdleistung	10,00%		2,40	
			EP:		3,16	28,06	31,22
			PP:				31.220,47
4	70,00	m ³	Sauberkeitsschicht				
			Lohnaufwand:				
			Hilfsarbeiter	2,50	78,75		
			Materialkosten:				
			Beton C 8/10			40,00	
					78,75	40,00	118,75
			Einzelkosten				8.312,50
			Zuschlag Lohn	25,44%	20,03		
			Zuschlag Material	15,00%		6,00	
			EP:		98,78	46,00	144,78
			PP:				10.134,88
5	420,00	m ³	Ortbeton Fundament				
			Lohnaufwand:				
			Hilfsarbeiter	0,70	22,05		
			Materialkosten:				
			Beton C 20/25			47,00	
					22,05	47,00	69,05
			Einzelkosten				29.001,00
			Zuschlag Lohn	25,44%	5,61		
			Zuschlag Material	15,00%		7,05	
			EP:		27,66	54,05	81,71
			PP:				34.318,00

PREISERMITTLUNG				FORMBLATT K 7				
Bau: Stützmauer				Angebot Nr.: DISS		Währung: EUR		Seite:
Pos.-Nr., Menge, Einheit, Positionsschloßwort	Kostenentwicklung je Einheit			m/EH	Anteil Lohn Betrag	Anteil Sonstiges Betrag	Einheitspreis Betrag	
6	490,00	m²	Ortbeton Wand					
			<u>Lohnaufwand:</u>					
			Hilfsarbeiter	0,75	23,63			
			<u>Materialkosten:</u>					
			Beton C 20/25			47,00		
					23,63	47,00		70,63
			Einzelkosten					34.606,25
			Zuschlag Lohn	25,44%	6,01			
			Zuschlag Material	15,00%		7,05		
			EP:		29,64	54,05		83,69
			PP:					41.005,75
7	240,00	m²	Schalung Fundament					
			<u>Lohnaufwand:</u>					
			Facharbeiter	0,80	25,20			
			<u>Materialkosten:</u>					
			Fu-Schalung			4,10		
					25,20	4,10		29,30
			Einzelkosten					7.032,00
			Zuschlag Lohn	25,44%	6,41			
			Zuschlag Material	15,00%		0,62		
			EP:		31,61	4,72		36,33
			PP:					8.718,21
8	2.200,00	m²	Schalung Wand					
			<u>Lohnaufwand:</u>					
			Facharbeiter	0,34	10,71			
			<u>Materialkosten:</u>					
			Fu-Schalung			4,20		
					10,71	4,20		14,91
			Einzelkosten					32.802,00
			Zuschlag Lohn	25,44%	2,72			
			Zuschlag Material	15,00%		0,63		
			EP:		13,43	4,83		18,26
			PP:					40.182,17
9	70,50	t	Bewehrung 500 S					
			<u>Lohnaufwand:</u>					
			Facharbeiter	14,00	441,00			
			<u>Materialkosten:</u>					
			Betonstahl 500S			550,00		
					441,00	550,00		991,00
			Einzelkosten					69.865,50
			Zuschlag Lohn	25,44%	112,19			
			Zuschlag Material	15,00%		82,50		
			EP:		553,19	632,50		1.185,69
			PP:					83.591,17

PREISERMITTLUNG			FORMBLATT K 7		
Bau: Stützmauer		Angebot Nr.: DISS	Währung: EUR		Seite:
Pos.-Nr., Menge, Einheit, Positionsstichwort Kostenentwicklung je Einheit	I/VEH	Anteil Lohn Betrag	Anteil Sonstiges Betrag	Einheitspreis Betrag	
10	12,50 t	Bewehrung 500M			
		Lohnaufwand			
		Facharbeiter	12,00	378,00	
		Materialkosten:			
		Betonstahl 500M		590,00	
			378,00	590,00	968,00
		Einzelkosten			12.100,00
		Zuschlag Lohn	25,44%	96,16	
		Zuschlag Material	15,00%	88,50	
		EP:	474,16	678,50	1.152,66
		PP:			14.408,29
11	110,00 m	Fugenband			
		Lohnaufwand			
		Facharbeiter	0,50	15,75	
		Materialkosten:			
		Fugenband		24,00	
			15,75	24,00	39,75
		Einzelkosten			4.372,50
		Zuschlag Lohn	25,44%	4,01	
		Zuschlag Material	15,00%	3,60	
		EP:	19,76	27,60	47,36
		PP:			5.209,25
12	1.080,00 m ²	Abdichtung			
		m ² /h	3,00	0,10	
		Lohnaufwand			
		Hilfsarbeiter	0,30	9,45	
		Materialkosten:			
		kg/m ²	3,00		
		Bitumenanstrich		2,50	
				7,50	
			9,45	7,50	16,95
		Einzelkosten			18.306,00
		Zuschlag Lohn	25,44%	2,40	
		Zuschlag Material	15,00%	1,13	
		EP:	11,85	8,63	20,48
		PP:			22.117,41
		Einzelkosten der Teilleistungen			286.402,05
		Angebotspreis			340.294,33

15.2.3. Berechnungsgrundlagen für das 4D-Modell

Zur Erstellung der Termin- u. Ablaufplanung ist nach der Bottom-Up Methode die Analyse der zur Herstellung erforderlichen Tätigkeiten und Prozesse erforderlich.

Mit den in der Kalkulation geplanten Aufwänden kann die Dauer einzelner Tätigkeiten oder Teilprozesse sowie die gesamte Dauer einzelner Prozesse bestimmt werden.

Ausgangspunkt ist der aus dem 3D-Modell abgeleitete Objektstrukturplan, der alle physisch greifbaren Ergebnisse mit, im oder am Bauwerk verbleibenden Baumaterialien, beinhaltet. Für die Aufgliederung wurde in der ersten Ebene -herstellungsorientiert - das Kriterium Element gewählt.

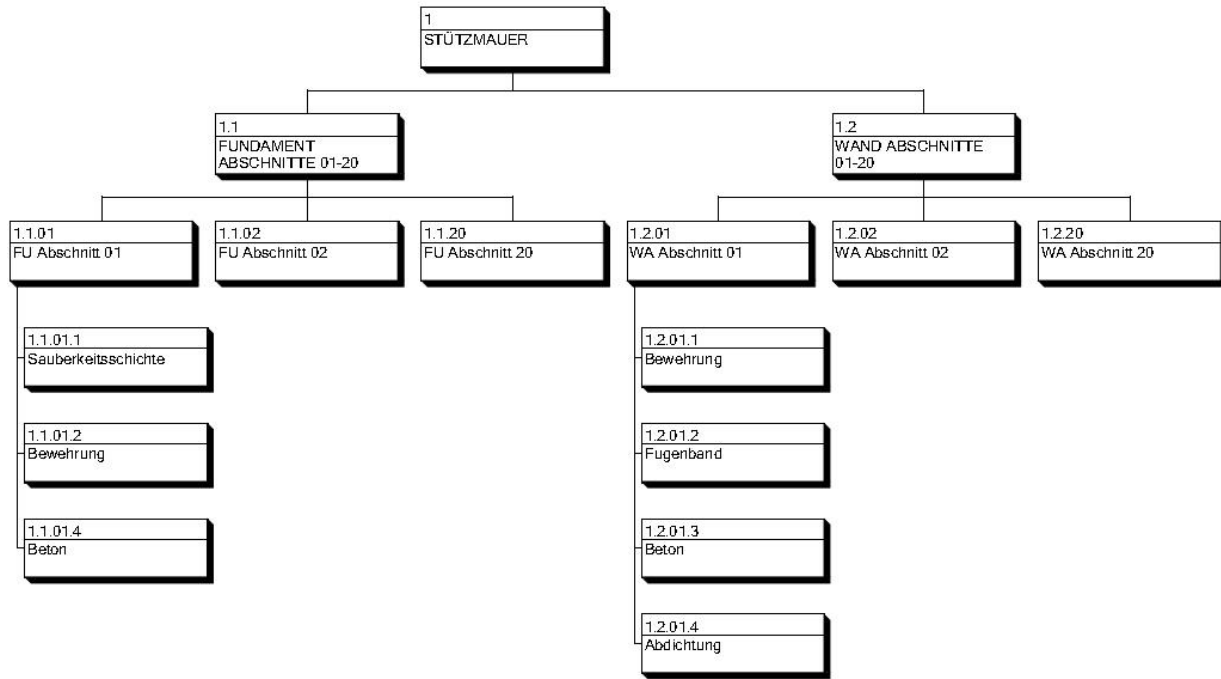


Abb. 111 Objektstrukturplan Stützmauer

Die Abb. 111 zeigt den Objektstrukturplan für die Stützmauer mit allen physisch greifbaren Elementen. Aus dem Objektstrukturplan abgeleiteter phasenorientierter Projektstrukturplan unter Berücksichtigung der zum Verfahren der prozessorientierten Baukalkulation erforderlichen Parameter.

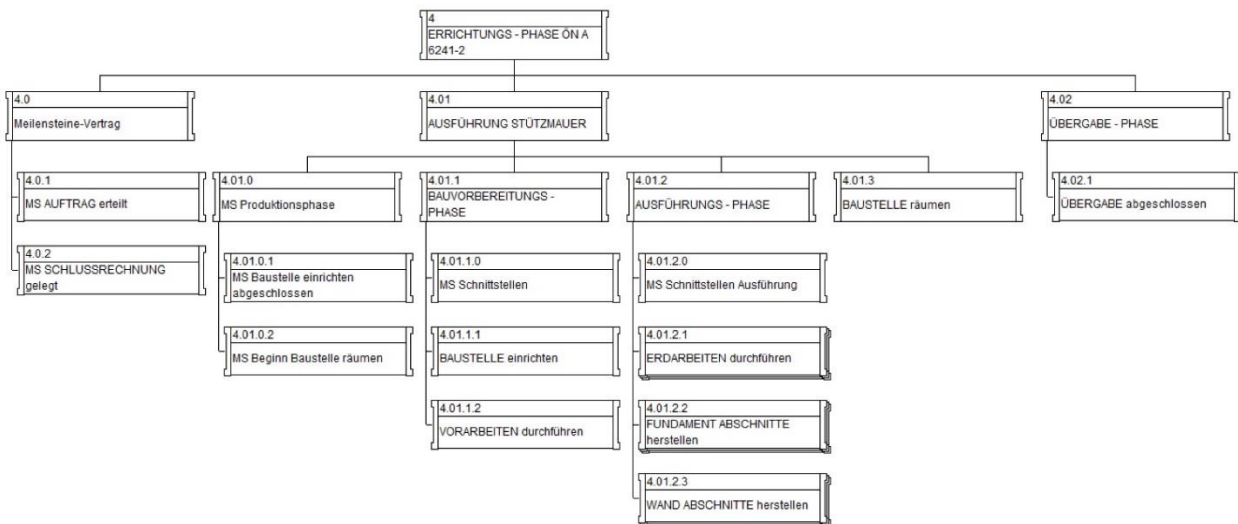


Abb. 112 Phasenorientierter Projektstrukturplan Stützmauer

Die Abb. 112 zeigt einen komprimierten Projektstrukturplan, in dem auch einzelne Prozesse (z.B. Erdarbeiten durchführen) erkennbar sind. Im Projektstrukturplan sind nur Meilensteine und Prozesse beinhaltet, die zur Abbildung des Prozessmodells erforderlich sind. Zur Erstellung des Termin- u. Ablaufplanes ist eine detaillierte Analyse der Teilprozesse erforderlich.

Bau- produktions- prozess	Haupt- prozesse	Modul- prozesse		Element- prozesse	Objekte	Tätigkeiten
BP	HP	MP		EP		
HERSTELLUNG EINER STÜTZMAUER	Objekt Stützmauer herstellen HP2	StützmauerWand Abschnitte herstellen MP01-20	01	Fundament Abschnitt 01 herstellen	-Fundamentplatte	-Ausheben -Sauberkeitsschicht herstellen -Fundamentschalung aufstellen -Bewehrung verlegen -Beton einbringen -Fundamentschalung entfernen
				Fu-Abschnitt 02-19		
			20	Fundament Abschnitt 20 herstellen		wie Abschnitt 01
			01	Wand Abschnitt 01 herstellen	-Wandabschnitt	-Innenschalung aufstellen -Bewehrung verlegen -Aussenschalung schließen, ankern -seitliche Schalung mit Fugenband herst. -Beton einbringen -Anker lösen -Innenschalung entfernen -Aussenschalung entfernen -Abdichtung aufbringen
				Wa-Abschnitt 02-19		
			20	Wand Abschnitt 20 herstellen		wie Abschnitt 01

Abb. 113 Herstellungsprozesse für die Stützmauer⁹⁰

Die Abb. 113 beinhaltet die gesamte Aufgliederung des Bauproduktionsprozesses. Der Vorbereitungsprozess beinhaltet das abschnittsweise Ausheben des Fundaments und Herstellen der Sauberkeitsschicht, im Terminplan zusammengefasst auf jeweils 5 Arbeitsabschnitte der Stützmauer. Die Fertigungsprozesse beinhalten die Elemente Fundament und Wand. Die Herstellungsreihenfolge wird durch den Schalungseinsatz bestimmt und ist daher nicht fortlaufend. Es wurden keine Nachbearbeitungsprozesse geplant. Der Berechnung wurde ein Kalender auf Basis Normalarbeitszeit mit Nicht-Arbeitstagen gem. Kollektivvertrag zu Grunde gelegt.

⁹⁰ [10] Gerhard Drees und Wolfgang Paul, Kalkulation von Baupreisen, Beuth Verlag, 2011

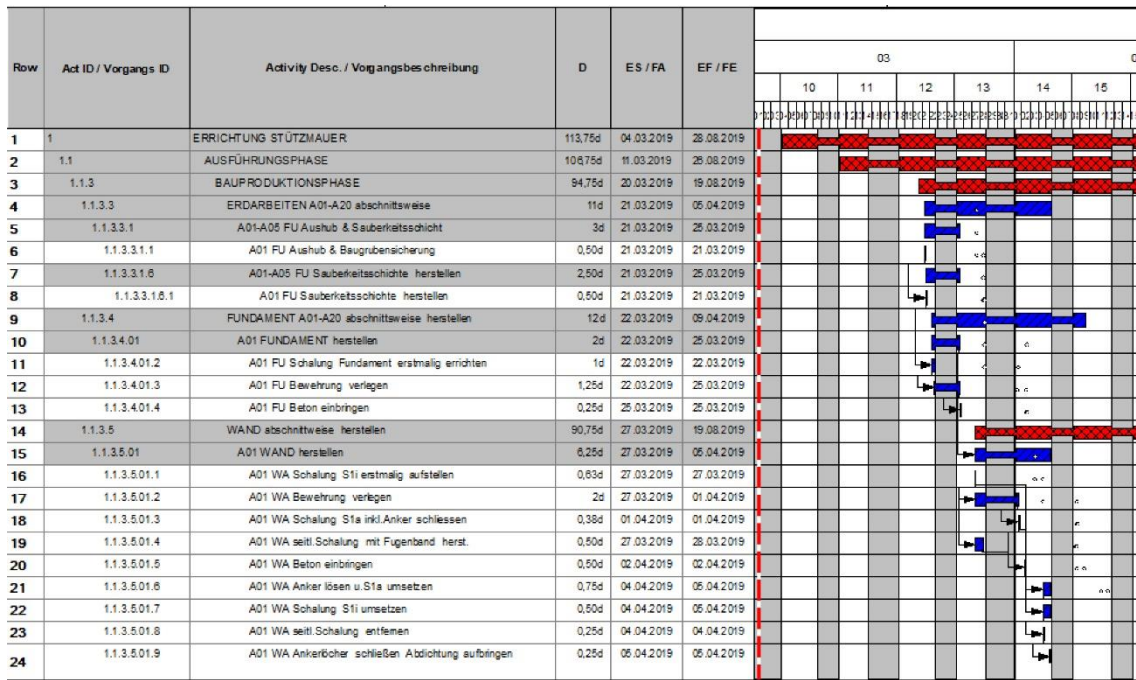


Abb. 114 4D-Modell Detailablauf zur Herstellung der Stützmauer

Die Abb. 114 zeigt den Detailablauf für die Herstellung eines Abschnittes der Stützmauer auf Basis der analysierten Herstellungsprozesse.

Die im Beispiel angegebene Gesamtdauer von 4,5 Mo wurde als Planungsvorgabe verwendet. Zwischen Beauftragung und Beginn der Baustelleinrichtung wird eine entsprechende Dispositionszeit eingeplant. Nach Fertigstellung des letzten Wandabschnittes ist für die Abnahme und Übergabe ein entsprechender Zeitraum vorgesehen. Die aus den Detailabläufen ermittelte Projektdauer und Produktionsdauer dient zur Berechnung der entsprechenden Prozesskostensätze.

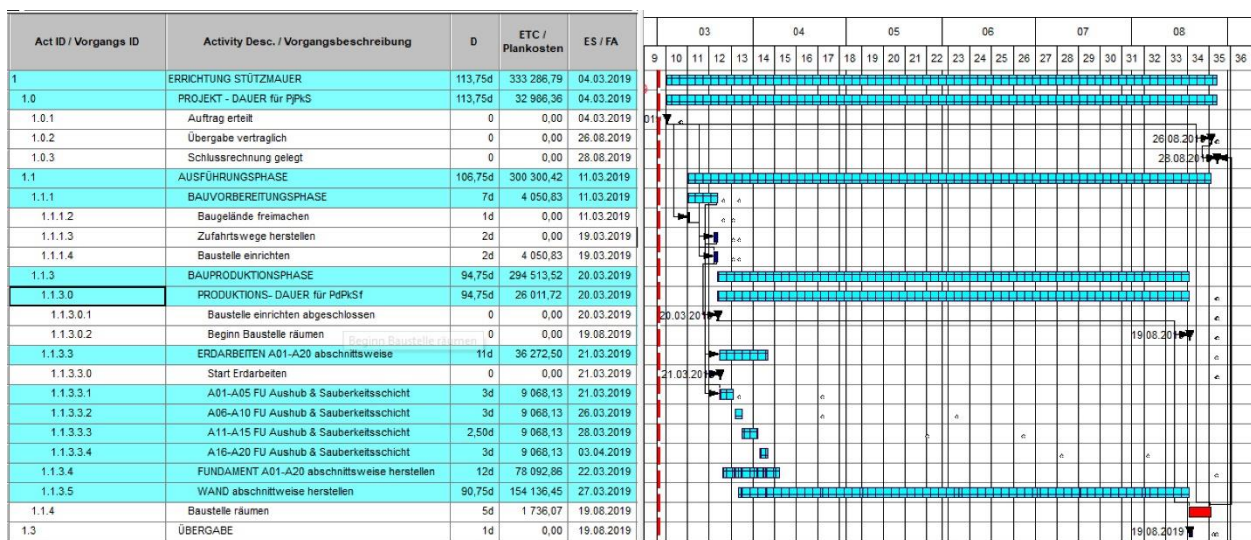


Abb. 115 Phasenorientierter Grobterminplan zur Herstellung der Stützmauer

In der Abb. 115 ist die Berechnung der PROJEKT-DAUER und der PRODUKTIONS-DAUER für die Anwendung der Prozesskostensätze erkennbar.

15.2.4. Kalkulationsgrundlagen für das 5D-Modell

Zur Umsetzung der vorliegenden Daten in das prozessorientierte Modell müssen aus den K7-Blättern die Kosten zuschlagsfrei und elementbezogen ermittelt werden. Die errechneten Gesamtsummen werden zur Kontrolle des Modells herangezogen.

Aus den auf Basis eines Netzplans berechneten Daten werden die

berechnete Projektdauer D_{Pj} (gerundet auf ganze Tage) 114 AT und die

berechnete Produktionsdauer D_{PdPh} (gerundet auf ganze Tage) 95 AT

für die weitere Kalkulation verwendet.

				ELEMENTKALKULATION ohne Umlagen und Zuschläge									
BP	Prozessart		MP	Pos. Nr.	Kurztext Einzelkostenentwicklung	Plandaten Abmessungen	Mengenangabe						
	HP	MP					Menge	Einheit					
HERSTELLUNG STÜTZWAND	HP1	BAUSTELLEN EINRICHTUNG	MP1	EINRICHT.	2	Baustelle einrichten u.räumen		1	pauschal				
			MP3	RÄUMEN									
			MP2	VORHALT.				1	pauschal				
	HP2	HERSTELLUNG FUNDAMENT	MP4	FUNDAMENT ABSCHNITT herstellen	VP	3	Fundamentaushub	$10,0 \times 5,0 \times 1,0 =$	50,00	m ³			
						4	Sauberkeitsschicht	$10,0 \times 3,50 =$	3,50	m ³			
						5	Ortbeton Fundament	$10,0 \times 3,50 \times 0,60 =$	21,00	m ³			
						7	Schalung Fundament	$(10,0 \times 2 + 3,5) \times 0,70 =$	12,00	m ²			
					FP	9	Betonstahl 500 IV S	$(10,0 \times 3,50 \times 0,60) \times 0,80 =$	1,68	t			
						Gesamt je Element							
					20x		FUNDAMENT gesamt		20	Stk			
					HERSTELLUNG STÜTZWAND	MP5	STÜTZMAUER ABSCHNITT herstellen	FP	6	Ortbeton Wand	$10 \times ((0,9+0,6) \times 0,5) \times 5,40 =$	24,50	m ³
									8	Schalung Wand	$(10 \times 5,40) \times 2 + ((0,9+0,6) \times 0,5) \times 5,40 =$	110,00	m ²
									9	Betonstahl 500 IV S	$(10 \times ((0,9+0,6) \times 0,5) \times 5,40) \times 0,753 =$	1,85	t
									10	Betonstahl 500 IV M	$(10 \times ((0,9+0,6) \times 0,5) \times 5,40) \times 0,255 =$	0,63	t
									11	Fugenband	5,5 =	5,50	m
	12	Abdichtung	$10 \times 5,40 =$	54,00					m ²				
	Gesamt je Element												
	20x		STÜTZMAUER gesamt		20	Stk							

Abb. 116 Prozesse und Elemente mit 3D-Daten

In der Abb. 116 erfolgt die Zuordnung der Pos. Nr. des LV zu den Prozessen der Herstellung

15.2.5. Prozessorientierte Kostenkalkulation Stützmauer

TEILSCHRITT 1 Ermittlung der Elementkosten

Bei der Ermittlung der Elementkosten müssen die Teilprozesse des Herstellungsablaufes berücksichtigt werden.

ELEMENTKALKULATION ohne Umlagen und Zuschläge				Kostenarten je Einheit															
Pos. Nr.	Kurztext Einzelkostenentwicklung	Mengenangabe		Material		Personal			Fremdl.		Geräte		Soko						
		Menge	Einheit	[€/E]	[€]	[h/E]	[h]	[€/h]	[€]	[€/E]	[€]	[€/E]	[€]	[€/E]	[€]	[€]			
2	Baustelle einrichten u. räumen	1	pauschal				136,60	136,60	31,50	4	302,90					1 484,00	1 484,00	5 786,90 €	
1	Vorhalten der Baustelleneinrichtung	1	pauschal				180,00	180,00	31,50	5	670,00			22 651,90	22 651,90	7 932,56	7 932,56	36 254,46 €	
FUNDAMENTABSCHNITT				1,00					1,00		1,00		1,00						
VP	3 Fundamentaushub	50,00	m³	0,00	0,00	0,08	4,00	31,50	126,00	24,00	1 200,00	0,85	42,50	0,59	29,50			1 398,00	
	4 Sauberkeitsschicht	3,50	m²	40,00	140,00	2,50	8,75	31,50	275,63	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	415,63	
FP	5 Ortbeton Fundament	21,00	m³	47,00	987,00	0,70	14,70	31,50	483,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1 450,05	
	7 Schalung Fundament	12,00	m²	0,00	0,00	0,80	9,60	31,50	302,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,10	49,20	0,00	351,60	
	9 Betonstahl 500 IV S	1,66	t	550,00	924,00	14,00	23,52	31,50	740,88	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1 664,88	
	Gesamt je Element			1 911,00			47,82		1 506,33		0,00		0,00					49,20	3 466,53
	FUNDAMENT gesamt	20	Stk	41 020,00			60,57		1 907,96	1 200,00		42,50		78,70		5 280,16		105 603,10	
STÜTZMAUERABSCHNITT				1,15					1,10		1,15		1,15						
FP	6 Ortbeton Wand	24,50	m³	47,00	1 151,50	0,75	18,38	31,50	578,81	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1 730,31	
	8 Schalung Wand	110,00	m²	0,00	0,00	0,34	37,40	31,50	1 178,10	0,00	0,00	0,00	0,00	4,10	451,00	0,00	1 629,10		
	9 Betonstahl 500 IV S	1,85	t	550,00	1 014,75	14,00	25,83	31,50	813,65	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1 828,40	
	10 Betonstahl 500 IV M	0,63	t	590,00	368,75	12,00	7,50	31,50	236,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	605,00	
	11 Fugenband	5,50	m	24,00	132,00	0,50	2,75	31,50	86,63	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	218,63	
	12 Abdichtung	54,00	m²	7,50	405,00	0,30	16,20	31,50	510,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	915,30	
Gesamt je Element			3 072,00			109,06		3 403,73		0,00		0,00					451,00	6 926,73	
STÜTZMAUER gesamt	20	Stk	61 440,00			2 161,10		68 074,65	24 000,00		0,00		9 020,00		138 534,65		244 137,75		
Kontrolle				102 480,00		3 372,50			106 233,75		24 000,00		850,00		10 594,00				

Abb. 117 Elementkostenkalkulation nach Prozessen

Die Abb. 117 zeigt die Zuordnung der Kosten aus den LV-Positionen zu den Elementen des Objektes.

Gesamter geplanter Personalaufwand AA

3.372,5 h

Personalaufwand für den Vorbereitungsprozess VP eines Fundamentelements 12,75 h = 1,59 PT

Personalaufwand für den Fertigungsprozess FP eines Fundamentelements 47,82 h = 5,98 PT

Personalaufwand für den Fertigungsprozess FP eines Wandelements 108,06 h = 13,51 PT

TEILSCHRITT 2 Ermittlung der Herstellkosten

Für die Berechnung des Produktions-Prozesskostensatzes P_jP_kS werden die in der Kalkulation ermittelten Werte für das Vorhalten der Baustelleneinrichtung verwendet.

Mit der aus dem Terminplan errechneten Produktionsdauer D_{PdPh} und dem aus der Kalkulation bekannten anteiligen Arbeitsaufwand können die beiden Komponenten des Produktions-Prozesskostensatzes $PdPkS$ berechnet werden.

Die Umrechnung in Personentage (PT) wird vorgenommen, damit einerseits ein Vergleich mit der Kostenerfassung möglich wird und andererseits die Verrechnung auf Basis des täglichen Personalstandes vorgenommen werden kann.

Aus der Angabe der Projektdauer in Monaten ist, für die Kalkulation der Prozesskostensätze, auf Basis eines 5-Tage Kalenders mit Feiertagen die Projekt- bzw. Produktionsdauer in Arbeitstagen (AT) zu berechnen.

PROZESS-KOSTENSÄTZE und SELBSTKOSTEN				
D _{Pd}	Produktionsdauer lt Vorgabe	4,5	Mo	
	Produktionsdauer lt Vorgabe in Kalendertagen	136,40	KT	
	Produktionsdauer lt Vorgabe in Arbeitstagen (5T-Woche)	97,43	AT	
	Vorlaufzeit (Annahme)	7,00	AT	
	Nachlaufzeit (Annahme)	6,00	AT	
	Projektdauer mit Vorgabe Produktionsdauer	110,43	AT	
D _{Pj}	Projektdauer in Arbeitstagen lt.4D-Berechnung	113,75	AT	
D _{Pd}	Produktionsdauer lt.4D-Berechnung	94,75	AT	
	Produktions-Prozesskosten			
	fixe zeitabhängige Baustellengemeinkosten			26 011,92
PdPK _f	zeitabhängiger Produktions-Prozesskostensatz	94,75		274,53
	variable Baustellengemeinkosten	3 372,50	h	24 337,93
PdPK _v	ressourcenabhängiger Produktions-Prozesskostensatz	421,56	PT	57,73
	Einzelkosten Fundament 3D - Modell			5 280,16
VP	Aufwand FU-Vorbereitungsprozess	1,59	PT	92,01
FP	Aufwand FU-Fertigungsprozess	5,98	PT	345,10
HP	Summe ressourcenabh. Produktion-Prozesskosten	7,57	PT	437,11
	FERTIGUNGSKOSTEN FUNDAMENT			5 717,26
	Einzelkosten Wand 3D - Modell			6 937,73
	Aufwand WA-Fertigungsprozess	13,51	PT	779,79
	FERTIGUNGSKOSTEN WAND			7 717,52
	Modulkosten FU + WA Abschnitt			13 434,78
	OBJEKTKOSTEN	20	Stk	268 695,68
D _{Pd}	Produktionsdauer lt Berechnung 4D - Modell	94,75	AT	
PdPK _f	zeitabhängige Produktions-Prozesskosten			26 011,92
	Baustelle einrichten und räumen			5 786,90
	HERSTELLKOSTEN			300 494,50

Abb. 118 Prozessorientierte Baukalkulation der Herstellkosten der Stützmauer

In der Abb. 118 werden aus den Ergebnissen der Berechnung des Terminplanes die Berechnungsgrundlagen für das 5D-Modell ermittelt

TEILSCHRITT 3 Ermittlung der Selbstkosten

Die gesamten Gemeinkosten sind aus der Zuschlagskalkulation berechnet und werden für die Ermittlung des Projekt-Prozesskostensatzes verwendet.

	Projekt-Prozesskosten			
	Gemeinkosten aus Zuschlagskalkulation			32 986,11
D_{Pj}	Projektdauer lt. Berechnung	113,75	AT	
$PjPkS$	zeitabhängiger Projekt-Prozesskostensatz			289,99
	zeitabhängige Projekt-Prozesskosten			32 986,11
	SELBSTKOSTEN nach Zuschlagskalkulation			333 480,70
	SELBSTKOSTEN nach Prozesskostenkalkulation			333 480,61
	SELBSTKOSTEN mit 5D-Modell			333 286,79
	Zuschlag W+G auf HK	2,27%		6 821,23
	Angebotspreis nach Prozesskostenrechnung			340 301,84
KONT	Angebotspreis Zuschlagskalkulation			340 287,19
	Rundungsdifferenz			14,65

Abb. 119 Prozessorientierte Berechnung der Selbstkosten der Stützmauer

Die Kontrollzeile in Abb. 119 zeigt, dass das Ergebnis der prozessorientierten Kalkulation bis auf eine Rundungsdifferenz der Zuschlagskalkulation entspricht.

Dies deshalb, weil im Beispiel für die Gemeinkosten bei der Berechnung des Projekt-Prozesskostensatzes kein unternehmensbezogener Wert zur Verfügung steht, sondern diese aus den Zuschlägen errechnet wurden.

Die Teilergebnisse können nun zur integrierten Planung von Leistung, Terminen und Kosten verwendet werden.

Weitere Auswertungen zur integrierten Planung siehe Beilagen 2 – 6.

HP	MP	EP	GESAMTKOSTEN DER HERSTELLUNG STÜTZMAUER				
HP1	BAUSTELLENEINRICHTUNG (Produktionsanlage)						
Hauptprozess Baustelleneinrichtung	MP1	EP		M	E		
	Modulprozess		Baustelle einrichten 2/3 aus LV-Kalk	1 P	3 857,93	3 857,93	
	MP2	EP					
	Modulprozess		Baustelleneinrichtung vorhalten	1 P	36 254,48		
			BGK: Baustellengemeinkosten				
			ressourcenabhängige variable Kosten		14 095,38		
			zeitgebundene fixe Kosten		22 159,10		
			Imi PdPkS _v Prozesskostensatz BGK		57,73 WE/PT		
		Imu PdPkS _r Prozesskostensatz BGK		274,53 WE/AT			
	MP4	EP					
Modulprozess		Baustelle räumen 1/3 aus LV-Kalk	1 P	1 928,97 WE/E	1 928,97		
KOSTEN DER PRODUKTIONSANLAGE					5 786,90		
HP2	ERMITTLUNG DER OBJEKTKOSTEN						
Hauptprozess Stützmauer herstellen	MP1	EP	ABSCHNITT 1				
	Modulprozesskosten Abschnitt herstellen	Element Fundament	P	Arbeitsaufwand	60,57 h	31,50 WE/h	1 907,96
			M	Materialbedarf (Sonstiges)	1,00 Div	2 129,70 WE/E	2 129,70
			G	Geräteinsatz	50,00 m ³	0,85 WE/h	42,50
			F	Fremdleistung	50,00 m ³	24,00 WE	1 200,00
				EINZELKOSTEN FUNDAMENT SUMME			5 280,16
			Imi PdPkS _v Produktions-Prozesskostensatz	7,6 PT	57,73 WE/PT	437,11	
	ELEMENTKOSTEN FUNDAMENT					5 717,26	
	Element Wand	P	Arbeitsaufwand	108,06 h	31,50 WE/h	3 403,89	
		M	Materialbedarf (Sonstiges)	1,00 Div	3 534,00 WE/E	3 534,00	
		G	Geräteinsatz				
		F	Fremdleistung				
			EINZELKOSTEN WAND SUMME			6 937,89	
		Imi PdPkS _v Produktions-Prozesskostensatz	13,5 PT	57,73 WE/PT	779,82		
	ELEMENTKOSTEN WAND					7 717,71	
MODULKOSTEN = SUMME ELEMENTKOSTEN					13 434,98		
MP	EP	ABSCHNITT 1-20			20 Stk.	268 699,55	
		Imu PdPkS _r Produktions-Prozesskostensatz	94,75 AT	274,53	26 011,92		
OBJEKTKOSTEN = HERSTELLKOSTEN (HK)					300 498,37		
		Imu PjPkS Projekt-Pozesskostensatz (GGK)	113,75 AT	289,99	32 986,11		
SELBSTKOSTEN					333 484,49		

Abb. 120 Prozessorientiertes Kalkulationsschema zur Berechnung der Selbstkosten (ohne Zuschlag)

Die Abb. 120 zeigt die Anwendung des Kalkulationsschemas der Prozesskostenrechnung auf das Beispiel Stützmauer.

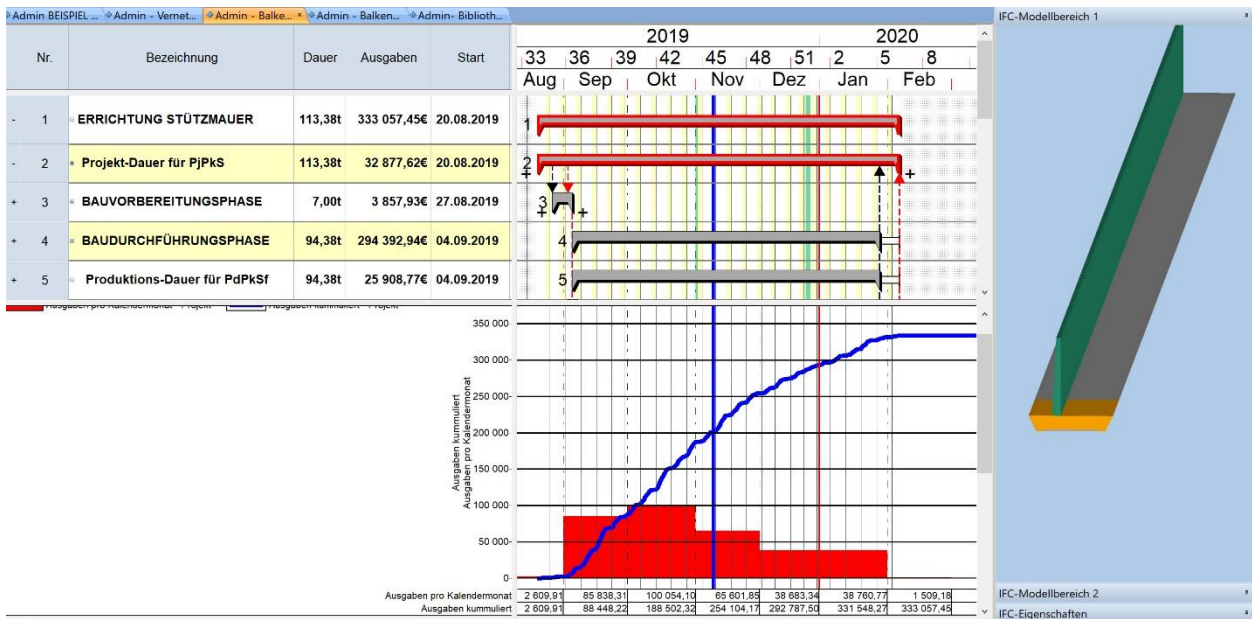


Abb. 121 5D-Modell mit prozessorientierter Kalkulation mit ASTA Power Project

Die Abb. 121 beinhaltet eine kombinierte Darstellung des 3D-, 4D- und 5D-Modells auf Basis der prozessorientierten Kostenkalkulation.

15.2.6. Kostencontrolling mit der Fertigstellungswertanalyse

Zum Nachweis der Anwendbarkeit der Fertigstellungswertanalyse bei Bauprojekten wurde im Anwendungsbeispiel Stützmauer ein Fortschritt angenommen. Für die abgeschlossenen und die zum Stichtag (rote strichlierte Linie) in Arbeit befindlichen Vorgänge wurden keine wesentlichen Abweichungen eingegeben. Das Beispiel zeigt jedoch die grundsätzliche Anwendbarkeit der Fertigstellungswertanalyse bei Bauprojekten wenn der Berechnung ein zeitdynamisches Kostenmodell zu Grunde liegt.

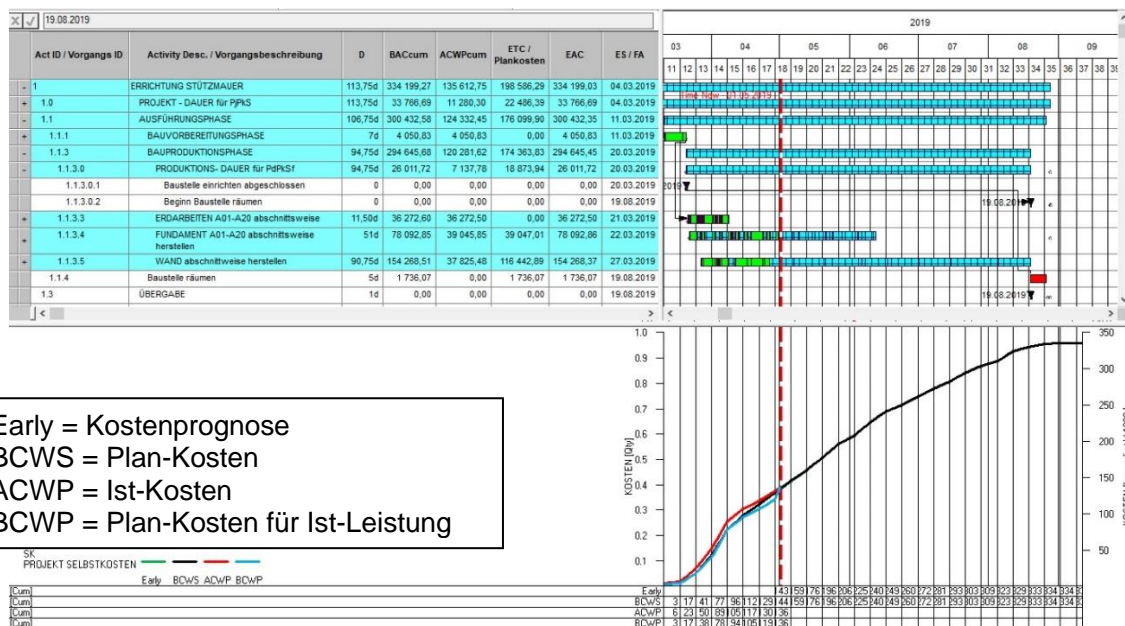


Abb. 122 Kostencontrolling mit prozessorientierter Baukalkulation

Die Abb. 122 zeigt mit den Plan-kosten (schwarze Linie) den Kostenverlauf beim Beispiel Stützmauer. Vor dem Stichtag (rote strichlierte Linie) ist der Kostenverlauf der Ist-Kosten (rote durchgehende Linie) und des EV (blaue durchgehende Linie) zusätzlich erkennbar. Auf Grund der geringfügigen Abweichung gibt es nach dem Stichtag zwischen Plan-Kosten und Kostenprognose keine erkennbare Abweichung.

15.2.7. Simulationsrechnung mit dem 5D – Modell

Auf Basis des 5D-Modells lässt sich durch Simulationsrechnung auch die Frage nach den Kosten bei technologisch kürzester Bauzeit und dem Kostenminimum bei optimaler Bauzeit beantworten.

Die technologisch kürzeste Bauzeit ist unter der konstruktiven Vorgabe, dass die Wandabschnitte „auf Lücke“ hergestellt werden müssen mit dem Einsatz von 10 Schalungen erzielbar. Die Schalungen werden nur einmal umgesetzt. Das Fundament muss in 5 gleichen Teilen zu je 4 Wand-Abschnitten hergestellt werden.

Aus dem Detailablaufplan mit Einsatz von drei Schalungen ist erkennbar, dass es durch Einhaltung der Ausschulfristen⁹¹ von zwei Tagen, bei Einsatz nur einer Außenschalung für die Wandelemente, zu unnötigen Wartezeiten kommt.

Die optimale Bauzeit bei minimalen Kosten wird daher vermutlich beim Einsatz von vier Schalungselementen (je zwei Außen- und Innenschalungen) erzielt werden können.

Die Simulationsrechnung erfolgte mit dem, aus der Zuschlagkalkulation errechneten, gleichen Projekt-Prozesskostensatz bei allen drei Ausführungsvarianten. Der fixe Produktions-Prozesskostensatz wurde bei den Varianten 3S und 4S, da die Herstellung mit vier Schalungen wohl mit der gleichen Baustelleneinrichtung möglich ist, gleich beibehalten. Bei der Variante 10S wurde der fixe Produktions-Prozesskostensatz gegenüber der Variante 3S verdreifacht.

Während der Einsatz eines vierten Schalungselementes wohl keinen Einfluss auf die Baustelleneinrichtung hat, ist beim Einsatz von zehn Schalungselementen davon auszugehen, dass dies mit einer Erhöhung der einmaligen als auch der zeitabhängigen Kosten der Baustelleneinrichtung verbunden ist. Diesem Umstand wurde in der Simulationsrechnung durch die Annahme einer Verdreifachung der jeweiligen Kosten Rechnung getragen.

Der variable Produktions-Prozesskostensatz für die Elemente wurde für alle drei Varianten gleich gehalten.

⁹¹ [21] Prof. DI Michael Duschel und DI Wolf Plettenbacher, Handbuch Arbeitsvorbereitung im Baubetrieb, Linde, 2012

Prozessdefinition:	SCHALUNGSEINSATZ			EH		3S	4S	10S
Version :	Entwurf							
Datum:	TT.MM.JJJJ							
ZIELSETZUNG	Ermittlung der Prozesskosten für ein Element							
Prozessverantwortl.:	Bauleiter							
ABGRENZUNG	nur bei mehr als 3 gleichen Bauteilen							
Beginn	Schalungsmaterial auf der Baustelle verfügbar							
Ende	Schalungsmaterial bereit zum Abtransport							
INPUT	3D - Daten der Elemente (Oberfläche, Anzahl)	n, A_{El}		20	110			
	Gesamtschafffläche aller gleichen Elemente	$A_S = n \cdot A_{El}$	[m ²]		2200			
Start	TÄTIGKEITEN mit spez. Stundenaufwand							
	Ermittlung der Vorhaltemenge	M_v	[m ²]			165,00	220,00	1 100,00
Teilschritt 1 GRUNDMONTAGE	spez. Stundenaufwand Grundmontage	t_{GM}	[h/m ²]		0,47			
	Aufwand für Grundmontage	$S_{GM} = t_{GM} \cdot M_v$	[h]			77,55	103,40	517,00
Teilschritt 2 EINSCHALEN DES ELEMENTS	spez. Stundenaufwand einschalen	t_E	[h/m ²]					
	versetzen	t_v	[h/m ²]					
	ausrichten	t_a	[h/m ²]					
	ölen	t_o	[h/m ²]					
	ankern Anker/ m ² h/Anker	t_{Aa}	[h/m ²]					
	Aussparungen h/E umgelegt auf m ²	$t_{Aussparung}$	[h/m ²]					
	Arbeitsgerüst h/Stk umgelegt auf m ²	$t_{Gerüst}$	[h/m ²]					
spez. Stundenaufwand einschalen	$t_E = t_v + t_a + t_o + t_{Aa} + t_{Aussparung} + t_{Gerüst} + t_{Sicherheit}$		[h/m ²]		0,18			
	Aufwand für Einschalen	$S_E = t_E \cdot A_S$	[h]			396,00	396,00	396,00
Teilschritt 3 UMSETZEN	spez. Stundenaufwand umsetzen	t_U	[h/m ²]					
	Spielzeit	t_s	[h/E]					
	Elementgröße	A_d	m ² /E]					
	Einsatzzahl	n_e	[-]			13,33	10,00	2,00
	horizontaler Element-Transport	t_E	[h/E]					
spez. Stundenaufwand umsetzen	$t_U = (t_s + t_E) / A_d$				0,03			
	Aufwand für Umsetzen	$S_U = t_U \cdot M_v \cdot n_e$	[h]			66,00	66,00	66,00
Teilschritt 4 AUSSCHALEN	spez. Stundenaufwand ausschalen	t_A	[h/m ²]					
	Anker lösen Anker/ m ² h/Anker	t_{Al}	[h/m ²]					
	Schalung lösen h/ E umgelegt auf m ²	t_{sl}	[h/m ²]					
	spez. Stundenaufwand ausschalen	$t_A = t_{Al} + t_{sl}$				0,08		
	Aufwand für Ausschalen	$S_A = t_A \cdot A_S$	[h]			176,00	176,00	176,00
Teilschritt 3 ZERLEGEN U. REINIGEN	spez. Stundenaufwand zerlegen und reinigen	t_{ZR}	[h/m ²]		0,20			
	Aufwand für Zerlegen und Reinigen	$S_Z = t_{ZR} \cdot M_v$	[h]			32,18	42,90	214,50
	Gesamtaufwand für die Schalung für aller Elemente	$T_{proz} = (S_{GM} + S_E + S_U + S_A + S_Z)$	[h]			747,73	784,30	1 369,50
	Kostensatz	KS_S	[WE/h]		31,50			
Ende	Prozesskosten für den Anteil Schalung					23 553,34	24 705,45	43 139,25
OUTPUT	Prozesskostensatz für ein Wandelement					1 177,67	1 235,27	2 156,96
direkt nachgel.Prozess	Kalkulation der gesamten Elementkosten (Schalung/Bewehrung/Beton)							
Folgeprozesse	Ermittlung der Modulkosten, Ermittlung der gesamten Fertigungskosten							
				KONT.		23 553,34	24 705,45	43 139,25

Abb. 123 Kalkulation des Element-Prozesskostensatzes für die Schalung

Die Abb. 123 zeigt die Kalkulation für den Einsatz von drei, vier und zehn Schalungselementen zur Herstellung der Stützmauer.

Die Beilage 8 beinhaltet das Berechnungsergebnis aller drei Ausführungsvarianten. Die Höhe des fixen Produktions-Prozesskostensatzes für die Variante mit zehn Schalungen lässt sich erst mit Kenntnis der Produktions-Dauer von 21,25 AT ermitteln.

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



MODULPROZESSE	Menge	P	M	G	S	F	EIPkS _s	Einzelkosten		PdPkSv	Produktions-	
	E	EUR/E	EUR/E	EUR/E	EUR/E	EUR/E	EUR/E	EUR/E	PT/E		kosten	EUR
BAUSTELLE EINRICHTEN	1,00							4 050,83				4 050,83
BAUSTELLE RAUMEN	1,00							1 736,07				1 736,07
Variante 3S												
FU ELEMENT	20,00	1 605,56	2 080,50		91,84	1 200,00	302,49	5 280,38	7,57	436,89	5 717,28	114 345,53
WAND ELEMENT	20,00	2 225,63	3 072,00		462,58		1 177,67	6 937,88	13,51	779,82	7 717,70	154 354,02
MODUL / ABSCHNITT								12 218,26			13 434,98	
PdPkSf	94,75									274,53		26 011,92
HERSTELLKOSTEN												300 498,37
PjPkS	113,75									296,85		33 766,36
SELBSTKOSTEN												334 264,73
Variante 4S												
Aushub & Sauberkeit		401,63	169,50	42,50		1 200,00		1 813,63				
Fundament		1 203,93	1 911,00		0,00			3 114,93				
FU ELEMENT	20,00	1 605,56	2 080,50		42,50	1 200,00	302,49	5 231,05	7,57	436,89	5 667,94	113 358,83
	45,00						39,63					1 783,37
												115 142,20
WAND ELEMENT	20,00	2 225,63	3 072,00		0,00		1 235,27	6 532,91	13,51	779,82	7 312,73	146 254,58
	86,00						31,65					2 722,21
												148 976,79
MODUL / ABSCHNITT								11 763,95			12 980,67	
PdPkSf	77,75									274,53		21 344,87
HERSTELLKOSTEN												291 250,77
PjPkS	96,75									296,85		28 719,96
SELBSTKOSTEN												319 970,73
Variante 10S												
BAUSTELLE EINRICHTEN	5,00							4 050,83				20 254,15
BAUSTELLE RAUMEN	5,00							1 736,07				8 680,35
Aushub & Sauberkeit		401,63	169,50	42,50		1 200,00		1 813,63				
Fundament		1 203,93	1 911,00		0,00			3 114,93				
FU ELEMENT	20,00	1 605,56	2 080,50	42,50	0,00	1 200,00	439,43	5 367,99	7,57	436,89	5 804,88	116 097,54
	12,50						695,27					8 690,88
												124 788,42
WAND ELEMENT	20,00	2 225,63	3 072,00		0,00		2 156,96	7 454,60	13,51	779,82	8 234,42	164 688,38
	30,50						422,05					12 872,53
												177 560,91
MODUL / ABSCHNITT								7 454,60			8 234,42	
PdPkSf	21,25									1 372,66		29 169,04
HERSTELLKOSTEN												360 452,86
PjPkS	40,25									296,85		11 948,10
SELBSTKOSTEN												372 400,96

Abb. 124 Tabelle zur Kalkulation der Ausführungsvarianten

Die Abb. 124 zeigt die Kalkulation mit Prozesskostensätzen für die Simulationsrechnung des 5D-Modells.

Die nachstehende Abb. 125 zeigt das Ergebnis der Simulationsrechnungen das beweist, dass mit dem Einsatz von vier Schalungselementen das Kostenminimum bei optimaler Bauzeit erreicht wird. Somit kann die Darstellung in Abb. 39 rechnerisch nachvollzogen werden.

		Technologisch	Wirtschaftlich	Vorgabe
		10S	4S	3S
		Max	Min	
PRODUKTIONSDAUER	x	22	75	95
HERSTELLKOSTEN	y	362 564	290 359	300 498
PROJEKTDAUER	x	41	94	114
SELBSTKOSTEN	y	374 809	318 114	334 265

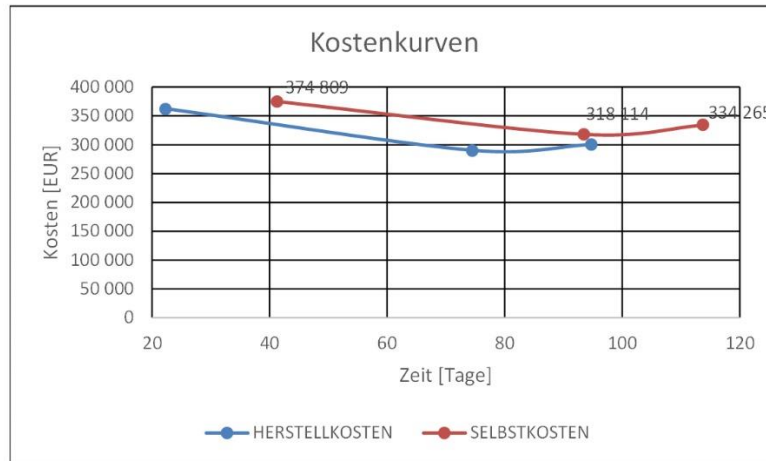


Abb. 125 Ergebnis der Simulationsrechnung mit dem 5D-Modell

Die Abb. 125 zeigt das Ergebnis der Simulationsrechnung der drei verschiedenen Ausführungsvarianten. Aus der Differenz zwischen Herstellkosten und Selbstkosten ist auch ersichtlich, dass der Abstand mit zunehmender Projektdauer größer wird obwohl die Differenz zwischen Produktionsdauer und Projektdauer nahezu gleichbleibt.

15.3. Interpretation der Ergebnisse

Die Ergebnisse des Modellbeispiels Hochbau zeigen, dass mit der in Kapitel 14 beschriebenen Methode der Terminplanung und dem Einsatz eines Projekt-Prozesskostensatzes die Anforderungen an eine zeitdynamische Kostenkalkulation der Geschäftsgemeinkosten erfüllt werden können.

Die Hypothese 1 zu den Gemeinkosten ist damit verifiziert.

Ebenso gelingt der Nachweis, dass mit Einsatz eines Produktions-Prozesskostensatzes durch die Zuordnung der Kostenarten (P/M/G/F) die Kalkulation der Produktionskosten je Element und der Herstellkosten für das Objekt gelingt.

Die Hypothesen 2 und 3 zur Kalkulation der Baustellengemeinkosten und der elementbasierten Einzelkosten ist damit verifiziert.

Mit der am Beispiel vorgenommenen Fortschrittsannahme kann gezeigt werden, dass auf Basis der prozessorientierten Baukalkulation ein integrierte Kostenplanung und Kostenkontrolle der Selbstkosten möglich ist.

Die Hypothese 4 zur Kostenplanung und -Abrechnung ist damit verifiziert.

Die Simulationsrechnung im 5D-Modell beim Beispiel Stützmauer zeigt, dass trotz höherem Materialeinsatz (mit vier Schalungselemente) durch Verkürzung der Produktionsdauer eine Kostenreduktion erzielbar ist. Ein Effekt der mit den Daten einer Zuschlagskalkulation nicht nachweisbar wäre.

Die im Beispiel vorgenommene Veränderung der Produktionsdauer zeigt auch den unterschiedlichen Einfluss der Prozesskostensätze auf die Herstellkosten und Selbstkosten des Objektes. Damit gelingt der Nachweis von Mehrkosten zufolge zeitlicher Änderungen.

Die Hypothese 5 zu den Herstellkosten und Selbstkosten ist damit verifiziert.

16. Zusammenfassung, Schlussfolgerungen und Ausblicke

16.1. Zusammenfassung

Die Anwendung einer prozessorientierten Kostenkalkulation für Bauprojekte vereinigt Elemente aus den Fachgebieten Prozessmanagement und Projektmanagement mit der Baukalkulation. Die 3D-Modelle stellen mit Angabe von Quantitäten und Qualitäten jene Berechnungsgrundlagen zur Verfügung die zur Erstellung eines 4D-Modells als für ein 5D-Modell verwendet werden.

Auf Basis der Objektstruktur aus dem 3D-Modell kann mit Kenntnis der Herstellungsprozesse ein 4D-Modell entwickelt werden das der Schlüssel für die weiteren Berechnungen des 5D-Modells ist. Ziel der Simulationsrechnung im 5D-Modell ist die Ermittlung der optimalen Bauzeit bei minimalen Kosten. Voraussetzung dafür ist der Einsatz eines zeitabhängigen Projekt-Prozesskostensatzes für die Gemeinkosten als Ersatz für den mengenabhängigen Zuschlagsatz.

Die Berechnung dieses Prozesskostensatzes kann für Einzelprojekte entweder aus dem mit traditioneller Kalkulation ermittelten gesamten Zuschlag und der vorgegebenen Bauzeit erfolgen oder auf unternehmensebene mit den für ein Geschäftsjahr ermittelten Prozesskosten der Haupt- und Unterstützungsprozesse und der zugehörigen Anzahl von beauftragten Projekttagen.

Zur Vervollständigung eines Gesamtmodells der prozessorientierten Baukalkulation ist auch bei der Herstellung der Elemente eines Objektes die Berücksichtigung von zeitabhängigen Kostenkomponenten erforderlich. Die zeitabhängigen Kosten der Produktionsanlage Baustelleneinrichtung werden durch einen Produktions-Prozesskostensatz berücksichtigt. Dieser wird in zwei Anteile gesplittet um einerseits den fixen leistungsunabhängigen Anteil der Baustellengemeinkosten und andererseits, dem Beanspruchungsprinzip der Prozesskostenrechnung folgend, den variablen, von der Anzahl des eingesetzten produktiven Personals, abhängigen Anteil der Baustellengemeinkosten abzubilden.

Zur Analyse und Minimierung der Prozesskosten ist eine Detaillierung bis auf Elementebene erforderlich. Erst die Kenntnis der Produktionskosten auf Elementebene ermöglicht die Identifikation von Optimierungspotenzialen und die Beurteilung der Effektivität von getroffenen Annahmen zur Herstellung des Objektes. Diese Annahmen können ebenfalls durch die Simulationsrechnung mit dem 5D-Modell verifiziert werden.

Auf Seite des Auftragnehmers eröffnet sich die Möglichkeit, durch Optimierung von Prozessen Einsparungspotenziale sowohl auf Unternehmensebene als auch in der Ausführung zu lukrieren. Die Begründung und der Nachweis von Mehrkostenforderungen bei Änderung der Bauzeit (Verzögerung/Beschleunigung) und/oder Leistungsänderungen wird besser rechnerisch nachweisbar. Optimierung der Bauzeit kann gegenüber dem Auftraggeber auch mit Kostenreduktion argumentiert werden.

Auf Seite des Auftraggebers eröffnet sich die Möglichkeit Angebote nicht nur über den Preis, sondern auch über die Prozesskosten zu beurteilen. Bessere Prozessleistung vermindert Kosten. Gleiche Abgrenzung der Projektdauer für alle Anbieter und die Angabe von Prozesskostensätzen sorgt für mehr Kostensicherheit auf Auftraggeberseite.

Der kombinierte Einsatz eines 5D-Modells mit der Earned-Value Methode befreit sowohl den Auftragnehmer als auch den Auftraggeber von den traditionellen Abrechnungsmethoden.

16.2. Schlussfolgerungen

Grundlage eines integrierten Gesamtmodells ist die Methode der elementbasierten Planung sowohl im Bereich der Fachplanung als auch der Terminplanung und der Kostenplanung. Die Verknüpfung quantitativer und qualitativer Informationen mit den Kostendaten erfolgt auf Elementbasis. Für die Berechnung zeitabhängiger Kosten ist die Kenntnis der jeweiligen gesamten Prozesskosten und die aus der Berechnung des 4D-Modells ermittelten Prozessmengen erforderlich.

Zur Abdeckung der Geschäftsgemeinkosten kommt ein zeitabhängige Projekt-Prozesskostensatz zur Anwendung. Mit Kenntnis der gesamten Kosten der Geschäftsprozessen und der mit Hilfe von 4D-Modellen errechneten Prozessmenge kann der Projekt-Prozesskostensatz kalkuliert werden. Der zeitabhängige Projekt-Prozesskostensatz ist für alle anzubietenden und beauftragten Projekte innerhalb eines Geschäftsjahres gleich. Mengenänderungen bei der Herstellung von Objekten haben keinen Einfluss auf die Gesamtkosten des Objektes. Kostenänderungen ergeben sich nur aus Änderungen der Projekt-Dauer. Damit wird die Abdeckung der Geschäftsgemeinkosten aus den beauftragten Projekten besser kalkulierbar. Die Gültigkeit des Projekt-Prozesskostensatzes für jeweils eine Geschäftsperiode ermöglicht die Anpassung an betriebliche Änderungen bei zukünftigen Projekten des folgenden Geschäftsjahres

Die Produktionskosten bedingt durch den Betrieb der Produktionsanlage Baustelleinrichtung werden auf Objektebene durch einen geteilten Produktions-Prozesskostensatz berücksichtigt. Mit den zeitabhängigen fixen Produktionsprozesskosten und der Produktions-Dauer als Prozessmenge wird der zeitabhängige fixe Anteil des Produktions-Prozesskostensatzes kalkuliert. Änderungen des Produktions-Prozesskostensatzes ergeben sich nur bei Umbau der Baustelleinrichtung. Kostenänderungen für das Objekt ergeben sich bei Änderungen der Produktions-Dauer. Verzögerungen wirken sich durch einen linearen Anstieg der Objektkosten aus. Dem Belastungsprinzip der Prozesskostenrechnung folgend wird für jenen variablen Anteil der Betriebskosten der Baustelle der durch die Anzahl des produktiven Personals bestimmt wird ein ressourcenabhängiger Produktions-Prozesskostensatz definiert. Prozessmenge zur Berechnung des variablen Produktions-Prozesskostensatzes ist der Gesamtaufwand des an der Baustelle tätigen produktiven Personals. Der einem Element zuordenbare Anteil der Produktionskosten ergibt sich mit dem für die Herstellung des Elements kalkulierten Aufwand multipliziert mit dem variablen Produktions-Prozesskostensatz. Damit ist die geplante Produktivität mit den Produktionskosten verknüpft. Abweichungen in der Produktivität können damit nachgewiesen und besser begründet werden.

Die Elementkosten setzen sich aus den, auf Basis eines traditionellen Leistungsverzeichnisses, mit Hilfe der Elementmengen ermittelten Kosten und den anteiligen Produktionskosten zusammen. Die Kosten weitgehend gleicher Elemente können in der zeitdynamischen Kostenplanung durch einen Element-Prozesskostensatz berücksichtigt werden. Die Kosten von temporären von mehreren Elementen beanspruchten Geräten oder Einrichtungen können ebenfalls mit einem Element-Prozesskostensatz berücksichtigt werden. Da diese Kosten ebenfalls zeitabhängige Anteile beinhalten ist mit der Methode der prozessorientierten Baukalkulation eine durchgängige Berücksichtigung zeitdynamischer Kostenänderungen gegeben.

Erst das Modell der prozessorientierten Baukalkulation ermöglicht ein realistisches 5D-Modell das entsprechende Simulationsrechnungen ermöglicht.

16.3. Ausblicke

Das Modell der prozessorientierten Baukalkulation ist primär auf die Anwendung in der Angebotskalkulation gerichtet. An der Konzeption des Modells zeigt sich, dass eine Fülle von bereits vorhandenen Informationen nicht in der erforderlichen Form zur Verfügung stehen. Bei der Umsetzung in den beiden Anwendungsmodellen waren mehrere „händisch“ durchgeführte Verknüpfungen von Daten erforderlich.

Im Bereich der modellbasierten Fachplanung ist bei der Erstellung der 3D-Modelle bereits darauf zu achten, dass die geforderten Inhalte des LoD 300 wie Bezeichnung der Elemente, phasenbezogene Detaillierung, Verortung, etc. auch den Anforderungen des 4D-Modells und des 5D-Modells entsprechen.

Mit dem Einsatz von KI (Künstlicher Intelligenz) ist eine wesentliche Unterstützung bei der Erstellung von 4D-Modellen zu erwarten. Technologische Abhängigkeiten können elementbasiert erkannt und automatisiert hergestellt werden. Die kreative Aufgabe des Bearbeiters erstreckt sich auf die Berücksichtigung vorab nicht spezifizierbarer objektspezifischer Parameter.

Für die Verknüpfung von Kostendaten mit den 3D-Modell ist in Zukunft ebenfalls mit einer zunehmenden Automatisierung zu rechnen.

Nicht weiter untersucht wurde das Optimierungspotenzial das durch die unternehmensinterne Anwendung der Prozesskostenrechnung entsteht. Der Projekt-Prozesskostensatz als Ergebnis der innerbetrieblichen Prozesskostenrechnung könnte auch zur Beurteilung der betrieblichen Effizienz herangezogen werden.

Der Übergang von einem unternehmensinternen zu einem bei Bauprojekten allgemein verwendeten Kalkulationsverfahren ist mit einer Reihe von normativen Änderungen und Ergänzungen verbunden. Vorteile ergäben sich sowohl auf Auftraggeber- als auch Auftragnehmerseite.

Für Auftraggeber könnte der Projekt-Prozesskostensatz als zukünftiges Beurteilungskriterium von Angeboten dienen. Bei Mengenänderungen erfolgt keine zusätzliche Kostensteigerung durch Zuschläge. Die elementbasierte Kostenplanung ermöglicht eine fortschrittskonforme Abrechnung.

Für Auftragnehmer böte die Simulationsrechnung bereits im Angebotsstadium die Möglichkeit Optimierungsmöglichkeiten aufzuspüren und damit konkurrenzfähiger zu sein. In der Ausführungsphase könnten Kostenänderungen die durch Störungen oder Verzögerungen auf Seiten des AG verursacht wurden besser nachgewiesen werden.

Literaturverzeichnis

- [1] D. I. Stimpfl, Kalkulation im Hochbau, 1946.
- [2] I. R. Lugner, Kalkulation im Hochbau, 1983.
- [3] D. I. Stimpfl, „Österreichische Baupreisanordnung,“ *Wiener Zeitung*, 1948.
- [4] Maculan-Frey, Die Normgemäße Baupreiskalkulation, Österreichischer Gewerbeverlag, 1950.
- [5] „ÖNORM B 1801-1,“ *Österreichisches Normungsinstitut (ON)*, 2009.
- [6] „ÖNORM B 2061,“ *Österreichisches Normungsinstitut (ON)*, 1999.
- [7] Wolfgang Oberndorfer, Hans Georg Jodl, Handwörterbuch der Bauwirtschaft: Interdisziplinäre Begriffswelt des Bauens, Austrian Standards Plus Publishing, 2010.
- [8] Ing. Mag. Herbert Wolkerstorfer, Ing. Christian Lang, Praktische Baukalkulation, Linde, 2008.
- [9] D. I. M. Duschel, „Ausgewählte Kapitel aus Bauwirtschaft, Baubetrieb und Planungsmanagement,“ BOKU 875.309VU, 2008.
- [10] Gerhard Drees und Wolfgang Paul, Kalkulation von Baupreisen, Beuth Verlag, 2011.
- [11] „Vergabe u. Vertragshandbuch für die Baumaßnahmen des Bundes (VHB),“ Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, Ausgabe 2008 - Stand Mai 2010.
- [12] Gerhard Girmscheid und Christoph Motzko, „Kalkulation, Preisbildung und Controlling in der Bauwirtschaft,“ Springer Vieweg, 2013.
- [13] „ÖNORM B 2061,“ *Österreichisches Normungsinstitut*, 20.11.1947.
- [14] A. Kropik, Baukalkulation und Kostenrechnung, Eigenverlag, 2016.
- [15] Kerstin Hausknecht und Thomas Liebich, BIM Kompendium, Fraunhofer IRB Verlag, 2016.
- [16] Karl Werner Wagner und Gerold Patzak, Performance Excellence, Carl Hanser Verlag München, 2007.
- [17] „ÖNORM A 9009 - Prozesse in Managementsystemen,“ *Österreichisches Normungsinstitut*, 2013-0101.
- [18] „ÖNORM ISO 9000 - Qualitätsmanagementsysteme - Grundlagen und Begriffe,“ *Österreichisches Normungsinstitut*, 2015-11-15.
- [19] Ian Campbell und Alexander Scheibeler, Prozessorientiertes Qualitätsmanagement nach ISO 9000:200, Weka Verlag, 2005.
- [20] Univ. Prof. DI Dr. Gerold Patzak und Dr. Günter Rattay, Projektmanagement, Linde, 2004.
- [21] Prof. DI Michael Duschel und DI Wolf Plettenbacher, Handbuch Arbeitsvorbereitung im Baubetrieb, Linde, 2012.
- [22] „ÖNORM B 1801-5,“ *Österreichisches Normungsinstitut*.
- [23] „ÖNORM A 6241-2, BIM-Level 3,“ *Österreichisches Normungsinstitut*, Nr. 2015.
- [24] „Informationsmanagement und Controlling,“ Online-Lehrbuch, [Online]. Available: <http://www.online-lehrbuch-bwl.de/lehrbuch/kap5/prkst/prkst.pdf>.
- [25] Robert S. Kaplan, Robin Cooper und Friedrich Mader, Prozesskostenrechnung als Managementinstrument, Campus Verlag, 1999.

- [26] „Netzplantechnik DIN 69900,“ *Beuth Verlag*.
- [27] A. Kropik, „Kalkulation und Kostenrechnung,“ WS 2014/2015.
- [28] Anton Egger, Walter Egger und Reinbert Schauer, Einführung in die allgemeine Betriebswirtschaftslehre, Linde Verlag, 2006.
- [29] I. C. Prof., „Allgemeine Geschäftskosten: Kalkulation nach neuem Verfahren,“ *UnternehmerBrief Bauwirtschaft*, pp. 3-9, 2016.
- [30] Oberndorfer/Haring, Preisbildung & Preisumrechnung von Bauleistungen, Wien: Manz, 2014.
- [31] M. Fiedler, Lean Construction - Das Managementhandbuch, Berlin: Springer Gabler, 2018.
- [32] T. Hrsg. Univ.Prof.Dr.-Ing. Detlef Heck, BAUEN NEU DENKEN, 5.Internationaler BBB-Kongress, Graz: Technische Universität Graz, 2019.
- [33] P. 4. Hrsg. Goger/Reismann, *AVVA radikal - digital, Schrift 14*, Wien: TU Verlag, 2019.
- [34] P. 4. Hrsg. Goger/Reismann, *Begriffe zu BIM und Digitalisierung, Schrift 08*, Wien: TU Verlag, 2017.
- [35] P. 4. Hrsg. Goger/Reismann, *Analyse und Vorschläge zur kurzfristigen Verbesserung, Schrift 03*, Wien: TU Verlag, 2017.
- [36] D. BM für Verkehr und digitale Infrastruktur, „Reformkommission Bau von Großprojekten,“ BM für Verkehr und digitale Infrastruktur, Berlin, 2015.
- [37] „ÖNORM B 1801-1,“ *Österreichisches Normungsinstitut*, 2015.
- [38] M. D. S. L. (. Günther H.O., Supply Chain Management und Logistik., Heidelberg: Physica-Verlag, 2007.
- [39] R. Vahrenkamp, Logistik - Management und Strategien, 6.Aufl., München: Oldenburg Verlag, 2007.
- [40] D.-I. E. C.Meyer, „Baumstrukturen als Beschreibungsgrundlage für Objekte in Projektmanagement- und Informationssystemen (PMIS),“ *PROJEKT MANAGEMENT*, Nr. 1, pp. 31-39, 1995.
- [41] C. Hofstadler, Produktivität im Baubetrieb, Berlin: Springer Vieweg, 2014.
- [42] D. Remer, Einführen der Prozesskostenrechnung, 3.Auflage, Stuttgart: Schäffer-Poeschel Verlag, 2017.

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1 Die Darstellung zeigt die Komponenten des Einheitspreises nach Maculan/Frey	6
Abb. 2 Beispiel K3-Blatt Ermittlung des Bruttomittellohnpreises Maculan/Frey	7
Abb. 3 Beispiel K8 Mengen- und Preisermittlung der Teilleistungen Maculan/Frey	8
Abb. 4 Aufbau der Kosten- und Baupreisermittlung nach ÖNORM B2061	10
Abb. 5 Die Zusammensetzung der Angebots- u. Abrechnungssumme aus verschiedenen Sichtweisen .	11
Abb. 6 Kostenkalkulation nach ÖNORM B 2061	12
Abb. 7 Preiskalkulation für Positionspreis	13
Abb. 8 Detaillierte Kostenkalkulation für die Kostenart Material	14
Abb. 9 Detaillierte Kostenkalkulation für die Kostenart Gerät	14
Abb. 10 Detaillierte Kostenkalkulation für die Kostenart Fremdleistungen	15
Abb. 11 Vergleich des Inhalts der Kalkulations-Formblätter in Österreich, Deutschland, Schweiz	16
Abb. 12 Bild 1 Planungssystem aus der ÖNORM B 1801-1- ergänzt durch zwei Rahmen.....	18
Abb. 13 aus der ÖNORM B 1801-1- Bild 4 Kostengruppierung	19
Abb. 14 ÖNORM B 1801-1- Bild 6 Gliederungssystem	20
Abb. 15 ÖNORM B 1801-1- Anhang B Bild B.1 Elementtyp	21
Abb. 16 Vergleich der Baugliederung Bauwerk-Rohbau mit Leistungsgliederung und Leistungsverzeichnis	25
Abb. 17 Auszug aus dem von der VIBÖ für Argon empfohlenen Bauarbeitsschlüssel (BAS)	26
Abb. 18 aus der ÖNORM B 1801-1- Bild 1 Planungssystem ergänzt durch zwei Rahmen und den Prozessablauf für die Kosten	28
Abb. 19 Fachbereiche und Anwendungsbereiche.....	30
Abb. 20 Modifiziertes Beispiel einer Checkliste für eine Prozessidentifikation	33
Abb. 21 Pfeildarstellung für sequentielle Prozessabläufe	34
Abb. 22 Beispiel für eine vertikale detaillierte Prozessablaufdarstellung	34
Abb. 23 Beispiel für eine detaillierte Prozessbeschreibung mittels BPMN	35
Abb. 24 Beispiel für eine Prozesslandkarte	36
Abb. 25 Prozessgruppen nach PMI@.....	38
Abb. 26 Beispiel für die grafische Darstellung einer Projektstruktur	38
Abb. 27 Beispiel für die Reduktion des Aufwandes / Zeiteinheit bei Veränderung der Vorgangsdauer	41
Abb. 28 Beispiel für die Zuordnung eines Kostensatzes zu einem Vorgang	42
Abb. 29 Bild 4 der ÖNORM A 9009:2013 Seite 14 – Entwicklungsstufen eines prozessbasierten Managementsystems	43
Abb. 30 Prozesskostenrechnung Kalkulationsverfahren.....	49
Abb. 31 Aufgliederung der Prozesse in der Prozesskostenrechnung	50
Abb. 32 Prozesskostenrechnung - Qualitative Parameter	51
Abb. 33 Verdichtung von Aktivitäten zu Hauptprozessen (Bottom-Up).....	52
Abb. 34 Prozesskostenrechnung - Verrechnungsregeln (Top-Down).....	53
Abb. 35 Berechnungsschema für einen Gesamtprozesskostensatz.....	54
Abb. 36 Prozesslandschaft im Bauunternehmen	62

Abb. 37 Beispiel für eine Prozesslandkarte im Bauunternehmen	63
Abb. 38 Beispiel Haupt- und Teilprozesse im Bauunternehmen.....	64
Abb. 39 Kosten des Unternehmers und Kostenverlauf in Abhängigkeit von der Bauzeit	65
Abb. 40 Beispiel Objektstrukturplan Hochbau (Elemente)	66
Abb. 41 Beispiel phasenorientierter Projektstrukturplan für einen Hochbau (Phasen und Prozesse)	67
Abb. 42 Zusammenhang Objekt - Objektstruktur – Projektstrukturplan.....	68
Abb. 43 Beispiel Projektstrukturplan mit Meilensteinen	69
Abb. 44 Beispiel Terminplan Hochbau	69
Abb. 45 HP 3.0 Akquisitionsprozess mit Teilprozessen im Bauunternehmen	71
Abb. 46 Strategisches Prozessmodell Angebotsprozess Bauunternehmen	71
Abb. 47 Schematische Darstellung des Angebotsprozesses auf AG Seite	72
Abb. 48 Beispiel für ein operatives Prozessmodell für den Angebotsprozess	73
Abb. 49 Operatives Prozessmodell der AV im Angebotsprozess	74
Abb. 50 Traditioneller Aufgabenstrukturplan für die zentrale Kostenstelle Arbeitsvorbereitung.....	74
Abb. 51 Detaillierte Prozessbeschreibung für die AV bei einer prozessorientierten Kalkulation in der Angebotsphase	75
Abb. 52 Abhängigkeit der Kosten und Ressourcen von der Baustelleneinrichtung.....	77
Abb. 53 Prozesslandkarte für Baustelle	77
Abb. 54 Beispiel für Leistungsprozesse an der Baustelle mit Detaillierung für LP1,2,6,7	78
Abb. 55 Teilprozesse des LP3 Produktionsanlage -Baustelleneinrichtung herstellen, umbauen, räumen	79
Abb. 56 LP4 Baustelleneinrichtung vorhalten aufgegliedert in Teilprozesse	80
Abb. 57 Beispiel für Modul- u. Elementprozesse bei der Bauproduktion	81
Abb. 58 Beispiel für Teil- u. Modulprozesse bei der Objektherstellung (Hochbau).....	82
Abb. 59 Prozesshierarchie zur Objektherstellung und Produktionsprozesse	83
Abb. 60 Beispiel für die Tätigkeitsanalyse bei einem Elementprozess	84
Abb. 61 Auflistung von Tätigkeiten zur Beschreibung von Vorgängen	85
Abb. 62 Lebenszyklus eines Bauwerks und BIM mit eigenen Ergänzungen	86
Abb. 63 BIM-Modelle und Projektstruktur am Beispiel Hochbau.....	90
Abb. 64 Relationen der Leistungsprozesse.....	91
Abb. 65 Bauprozesse und Kostenstellen.....	95
Abb. 66 Qualitative Prozessanalyse der Hauptprozesse	96
Abb. 67 KST Kalkulation Einsatz phasenbezogen	97
Abb. 68 KST Arbeitsvorbereitung Einsatz phasenbezogen	97
Abb. 69 Qualitative Prozessanalyse der unterstützenden Prozesse	98
Abb. 70 Qualitative Prozessanalyse der LP Baustelle	99
Abb. 71 Qualitative Analyse des Leistungsprozess LP 4.0 Produktionsanlage betreiben	100
Abb. 72 Qualitative Analyse des Leistungsprozess LP 5.0 Bauproduktion - Objektherstellung	101
Abb. 73 Kostenzurechnung von Teilprozessen zu Hauptprozessen.....	102
Abb. 74 Verdichtung von Aktivitäten/Tätigkeiten zu Produktions-, Modulprozessen und zum Hauptprozess Objektherstellung (Bottom-Up).....	103
Abb. 75 Beispiel für die Ermittlung der Projektstage pro Kalenderjahr	106

Abb. 76 Prozess- u. Kostenanalyse der zeitgebundenen Kosten der Produktionsanlage.....	110
Abb. 77 Zusammenhang Element – Prozess – Tätigkeiten – LV-Pos - Elementkosten.....	113
Abb. 78 Ermittlung eines Element - Prozesskostensatzes am Beispiel Schalung.....	115
Abb. 79 Datenfluss zur Kalkulation der Elementkosten.....	118
Abb. 80 Prozessorientiertes Kalkulationsschema zur Kalkulation der gesamten Elementkosten.....	119
Abb. 81 Datenfluss zur Ermittlung der Herstellkosten.....	121
Abb. 82 Prozessorientiertes Kalkulationsschema zur Ermittlung der Herstellkosten des Objekts.....	121
Abb. 83 Datenfluss zur Ermittlung der Selbstkosten.....	122
Abb. 84 Prozessorientiertes Kalkulationsschema zur Ermittlung der Selbstkosten.....	123
Abb. 85 Kalkulationsschema für die Selbstkosten eines Einzelobjektes.....	123
Abb. 86 Prozessbeschreibung der prozessorientierten Baukalkulation.....	125
Abb. 87 Beispiel zur Projektstruktur mit zeitlicher Abgrenzung durch Meilensteine.....	129
Abb. 88 Nicht planbare Vorgangsdauer zum Einsatz zeitabhängiger Kosten.....	130
Abb. 89 Kostengruppierungen nach ÖNORM B 1801-1 mit farblicher Ergänzung.....	131
Abb. 90 Baugliederung und Bauwerkskosten BWK nach B1801-1.....	131
Abb. 91 Schema zur Kostenerfassung der indirekten baubetrieblichen Geschäftsprozesskosten.....	138
Abb. 92 Beispiel für die Zuordnung von Elementen-Tätigkeiten und BAS der Vorbereitungsprozesse..	139
Abb. 93 Beispiel für die Zuordnung von Elementen-Tätigkeiten und BAS der Fertigungsprozesse.....	140
Abb. 94 Schema zur prozessorientierten Erfassung der Informationen der Bauproduktionskosten.....	141
Abb. 95 Projektcontrolling mit Fertigstellungswertanalyse (EV) Rechnung.....	142
Abb. 96 Ressourcendefinition für den Projekt-Prozesskostensatz im Geschäftsjahr 1.....	144
Abb. 97 Ressourcendefinition für die Produktions-Prozesskostensätze.....	145
Abb. 98 Ressourcendefinition für die Kostenarten Personal.....	146
Abb. 99 Ressourcendefinition für die Kostenarten Material, Gerät.....	146
Abb. 100 Objektstrukturplan für einen Hochbau.....	147
Abb. 101 Projektstrukturplan für einen Hochbau.....	147
Abb. 102 Termin-u. Ablaufplan für einen Hochbau.....	148
Abb. 103 Zuordnung des Projektprozesskostensatzes PjPkS _{GJ1} zum Vorgang Ausführungsphase.....	149
Abb. 104 Zuordnung der Ressourcen zum Vorgang Wand herstellen.....	150
Abb. 105 Kostenanfall und Kostenverlauf auf Basis prozessorientierter Element-Kalkulation.....	151
Abb. 106 Kostenanfall und Kostenverlauf bei prozessorientierter Objekt-Kalkulation.....	151
Abb. 107 Kostenänderung bei Verdoppelung der Vorgangsdauer der Elemente.....	152
Abb. 108 Kostensteigerung durch Verlängerung der Ausführungsphase.....	153
Abb. 109 Stützmauer Querschnitt.....	154
Abb. 110 Stützmauer Querschnitt.....	154
Abb. 111 Objektstrukturplan Stützmauer.....	160
Abb. 112 Phasenorientierter Projektstrukturplan Stützmauer.....	160
Abb. 113 Herstellungsprozesse für die Stützmauer.....	161
Abb. 114 4D-Modell Detailablauf zur Herstellung der Stützmauer.....	162
Abb. 115 Phasenorientierter Grobterminplan zur Herstellung der Stützmauer.....	162
Abb. 116 Prozesse und Elemente mit 3D-Daten.....	163

<i>Abb. 117 Elementkostenkalkulation nach Prozessen</i>	<i>164</i>
<i>Abb. 118 Prozessorientierte Baukalkulation der Herstellkosten der Stützmauer</i>	<i>165</i>
<i>Abb. 119 Prozessorientierte Berechnung der Selbstkosten der Stützmauer</i>	<i>166</i>
<i>Abb. 120 Prozessorientiertes Kalkulationsschema zur Berechnung der Selbstkosten (ohne Zuschlag)</i>	<i>167</i>
<i>Abb. 121 5D-Modell mit prozessorientierter Kalkulation mit ASTA Power Project.....</i>	<i>168</i>
<i>Abb. 122 Kostencontrolling mit prozessorientierter Baukalkulation</i>	<i>168</i>
<i>Abb. 123 Kalkulation des Element-Prozesskostensatzes für die Schalung</i>	<i>170</i>
<i>Abb. 124 Tabelle zur Kalkulation der Ausführungsvarianten</i>	<i>171</i>
<i>Abb. 125 Ergebnis der Simulationsrechnung mit dem 5D-Modell.....</i>	<i>172</i>

Softwareverzeichnis

PRODUKTE

MS Word

MS Excel

MS Power Point

Lucid Chart, Visio

MS Project 2013

Open Plan Professional 3.5

GRANEDA Dynamic

WBS Schedule Pro

Hardcopy

BIM Vision

ASTA PowerProject

EINSATZBEREICH

Textteile

Tabellen

Grafische Darstellungen

Prozessdarstellungen

Terminplanung

Terminplanung, Balkenpläne, Strukturpläne, integrierte Planung

Strukturplanung

Strukturdarstellung

Bildausschnitte von Excel und Power-Point Dateien

3D-Darstellung

Integrierte 3D-4D-5D Darstellung

Beilagenverzeichnis

- Beilage 1 – Stützmauer Detailablaufplan
- Beilage 2 – Stützmauer Grobterminplan mit HK-Verlauf
- Beilage 3 – Stützmauer Grobterminplan mit Prozesskostenverlauf
- Beilage 4 – Stützmauer Grobterminplan Elemente mit Kostenverlauf
- Beilage 5 – Stützmauer Detailablaufplan Abschnitt
- Beilage 6 – Stützmauer Plankosten nach Kostenarten
- Beilage 7 – Stützmauer Abschnitt Prozesskosten
- Beilage 8 – Stützmauer Simulationsrechnung

Dipl.-Ing. Michael DUSCHEL Breitenfurterstr. 394 1230 WIEN michael@duschel.com			PROZESSORIENTIERTE BAUKALKULATION Beilage 1 BEISPIEL STÜTZMAUER DETAILTERMINPLAN mit 3 Schalungen				Dissertationsvorhaben TU WIEN ibb Inst.f.interdisziplinäres Bauprojektmanagement Univ.Prof.KROPIK																																
Row	Act ID / Vorgangs ID	Activity Desc. / Vorgangsbeschreibung	D	ETC / Plankosten	ES / FA	EF / FE	2019																																
							02			03			04			05			06			07			08			09											
							6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38
1	1	ERRICHTUNG STÜTZMAUER	113,75d	333 286,79	04.03.2019	28.08.2019	[Gantt bar with red cross-hatch pattern]																																
2	1.0	PROJEKT - DAUER für PjPks	113,75d	32 986,36	04.03.2019	28.08.2019	[Gantt bar with red cross-hatch pattern]																																
3	1.0.1	Auftrag erteilt	0	0,00	04.03.2019	04.03.2019	[Gantt bar]																																
4	1.0.2	Übergabe vertraglich	0	0,00	26.08.2019	26.08.2019	[Gantt bar]																																
5	1.0.3	Schlussrechnung gelegt	0	0,00	28.08.2019	28.08.2019	[Gantt bar]																																
6	1.1	AUSFÜHRUNGSPHASE	106,75d	300 300,42	11.03.2019	26.08.2019	[Gantt bar with red cross-hatch pattern]																																
7	1.1.1	BAUVORBEREITUNGSPHASE	7d	4 050,83	11.03.2019	20.03.2019	[Gantt bar with blue cross-hatch pattern]																																
8	1.1.1.2	Baugelände freimachen	1d	0,00	11.03.2019	11.03.2019	[Gantt bar]																																
9	1.1.1.3	Zufahrtswege herstellen	2d	0,00	19.03.2019	20.03.2019	[Gantt bar]																																
10	1.1.1.4	Baustelle einrichten	2d	4 050,83	19.03.2019	20.03.2019	[Gantt bar]																																
11	1.1.3	BAUPRODUKTIONSPHASE	94,75d	294 513,52	20.03.2019	19.08.2019	[Gantt bar with red cross-hatch pattern]																																
12	1.1.3.0	PRODUKTIONS- DAUER für PdPksf	94,75d	26 011,72	20.03.2019	19.08.2019	[Gantt bar with blue cross-hatch pattern]																																
13	1.1.3.0.1	Baustelle einrichten abgeschlossen	0	0,00	20.03.2019	20.03.2019	[Gantt bar]																																
14	1.1.3.0.2	Beginn Baustelle räumen	0	0,00	19.08.2019	19.08.2019	[Gantt bar]																																
15	1.1.3.3	ERDARBEITEN A01-A20 abschnittsweise	11d	36 272,50	21.03.2019	05.04.2019	[Gantt bar with blue cross-hatch pattern]																																
16	1.1.3.3.0	Start Erdarbeiten	0	0,00	21.03.2019	21.03.2019	[Gantt bar]																																
17	1.1.3.3.1	A01-A05 FU Aushub & Sauberkeitsschicht	3d	9 068,13	21.03.2019	25.03.2019	[Gantt bar with blue cross-hatch pattern]																																
18	1.1.3.3.1.1	A01 FU Aushub & Baugrubensicherung	0,50d	1 398,00	21.03.2019	21.03.2019	[Gantt bar]																																
19	1.1.3.3.1.2	A02 FU Aushub & Baugrubensicherung	0,50d	1 398,00	21.03.2019	21.03.2019	[Gantt bar]																																
20	1.1.3.3.1.3	A03 FU Aushub & Baugrubensicherung	0,50d	1 398,00	22.03.2019	22.03.2019	[Gantt bar]																																
21	1.1.3.3.1.4	A04 FU Aushub & Baugrubensicherung	0,50d	1 398,00	22.03.2019	22.03.2019	[Gantt bar]																																
22	1.1.3.3.1.5	A05 FU Aushub & Baugrubensicherung	0,50d	1 398,00	25.03.2019	25.03.2019	[Gantt bar]																																
23	1.1.3.3.1.6	A01-A05 FU Sauberkeitsschichte herstellen	2,50d	2 078,13	21.03.2019	25.03.2019	[Gantt bar with blue cross-hatch pattern]																																
24	1.1.3.3.1.6.1	A01 FU Sauberkeitsschichte herstellen	0,50d	415,63	21.03.2019	21.03.2019	[Gantt bar]																																
25	1.1.3.3.1.6.2	A02 FU Sauberkeitsschichte herstellen	0,50d	415,63	22.03.2019	22.03.2019	[Gantt bar]																																
26	1.1.3.3.1.6.3	A03 FU Sauberkeitsschichte herstellen	0,50d	415,63	22.03.2019	22.03.2019	[Gantt bar]																																
27	1.1.3.3.1.6.4	A04 FU Sauberkeitsschichte herstellen	0,50d	415,63	25.03.2019	25.03.2019	[Gantt bar]																																
28	1.1.3.3.1.6.5	A05 FU Sauberkeitsschichte herstellen	0,50d	415,63	25.03.2019	25.03.2019	[Gantt bar]																																
29	1.1.3.3.2	A06-A10 FU Aushub & Sauberkeitsschicht	3d	9 068,13	26.03.2019	28.03.2019	[Gantt bar with blue cross-hatch pattern]																																
30	1.1.3.3.2.1	A06-A10 FU Aushub & Baugrubensicherung	2,50d	6 990,00	26.03.2019	28.03.2019	[Gantt bar with blue cross-hatch pattern]																																
31	1.1.3.3.2.2	A06-A10 FU Sauberkeitsschichte herstellen	2,50d	2 078,13	26.03.2019	28.03.2019	[Gantt bar with blue cross-hatch pattern]																																
32	1.1.3.3.2.2.1	A06 FU Sauberkeitsschichte herstellen	0,50d	415,63	26.03.2019	26.03.2019	[Gantt bar]																																
33	1.1.3.3.2.2.2	A07 FU Sauberkeitsschichte herstellen	0,50d	415,63	27.03.2019	27.03.2019	[Gantt bar]																																
34	1.1.3.3.2.2.3	A08 FU Sauberkeitsschichte herstellen	0,50d	415,63	27.03.2019	27.03.2019	[Gantt bar]																																
35	1.1.3.3.2.2.4	A09 FU Sauberkeitsschichte herstellen	0,50d	415,63	28.03.2019	28.03.2019	[Gantt bar]																																
36	1.1.3.3.2.2.5	A10 FU Sauberkeitsschichte herstellen	0,50d	415,63	28.03.2019	28.03.2019	[Gantt bar]																																
37	1.1.3.3.3	A11-A15 FU Aushub & Sauberkeitsschicht	2,50d	9 068,13	28.03.2019	02.04.2019	[Gantt bar with blue cross-hatch pattern]																																
38	1.1.3.3.3.1	A11-A15 FU Aushub & Baugrubensicherung	2,50d	6 990,00	28.03.2019	02.04.2019	[Gantt bar with blue cross-hatch pattern]																																
39	1.1.3.3.3.2	A11-A15 FU Sauberkeitsschichte herstellen	1,50d	2 078,13	29.03.2019	02.04.2019	[Gantt bar with blue cross-hatch pattern]																																
40	1.1.3.3.3.2.1	A11 FU Sauberkeitsschichte herstellen	0,50d	415,63	29.03.2019	29.03.2019	[Gantt bar]																																
41	1.1.3.3.3.2.2	A12 FU Sauberkeitsschichte herstellen	0,50d	415,63	29.03.2019	29.03.2019	[Gantt bar]																																
42	1.1.3.3.3.2.3	A13 FU Sauberkeitsschichte herstellen	0,50d	415,63	01.04.2019	01.04.2019	[Gantt bar]																																
43	1.1.3.3.3.2.4	A14 FU Sauberkeitsschichte herstellen	0,50d	415,63	01.04.2019	01.04.2019	[Gantt bar]																																

erstellt von
Dipl.-Ing. Michael DUSCHEL

Dipl.-Ing. Michael DUSCHEL Breitenfurterstr.394 1230 WIEN michael@duschel.com			PROZESSORIENTIERTE BAUKALKULATION Beilage 1 BEISPIEL STÜTZMAUER DETAILTERMINPLAN mit 3 Schalungen				Dissertationsvorhaben TU WIEN ibb Inst.f.interdisziplinäres Bauprojektmanagement Univ.Prof.KROPIK																																
Row	Act ID / Vorgangs ID	Activity Desc. / Vorgangsbeschreibung	D	ETC / Plankosten	ES / FA	EF / FE	2019																																
							02			03			04			05			06			07			08			09											
							6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38
130	1.1.3.4.18.4	A18 FU Beton einbringen	0,25d	1 450,05	08.04.2019	08.04.2019																																	
131	1.1.3.4.19	A19 FUNDAMENT herstellen	2d	3 904,70	05.04.2019	09.04.2019																																	
132	1.1.3.4.19.2	A19 FU Schalung Fundament erstmalig errichten	1d	351,60	05.04.2019	08.04.2019																																	
133	1.1.3.4.19.3	A19 FU Bewehrung verlegen	1,25d	1 664,88	08.04.2019	09.04.2019																																	
134	1.1.3.4.19.4	A19 FU Beton einbringen	0,25d	1 450,05	09.04.2019	09.04.2019																																	
135	1.1.3.4.20	A20 FUNDAMENT herstellen	2d	3 904,70	08.04.2019	09.04.2019																																	
136	1.1.3.4.20.2	A20 FU Schalung Fundament erstmalig errichten	1d	351,60	08.04.2019	08.04.2019																																	
137	1.1.3.4.20.3	A20 FU Bewehrung verlegen	1,25d	1 664,88	08.04.2019	09.04.2019																																	
138	1.1.3.4.20.4	A20 FU Beton einbringen	0,25d	1 450,05	09.04.2019	09.04.2019																																	
139	1.1.3.5	WAND abschnittsweise herstellen	90,75d	154 136,45	27.03.2019	19.08.2019																																	
140	1.1.3.5.001	Start Wandherstellung	0	0,00	27.03.2019	27.03.2019																																	
141	1.1.3.5.01	A01 WAND herstellen	6,25d	7 706,82	27.03.2019	05.04.2019																																	
142	1.1.3.5.01.1	A01 WA Schalung S1i erstmalig aufstellen	0,63d	814,55	27.03.2019	27.03.2019																																	
143	1.1.3.5.01.2	A01 WA Bewehrung verlegen	2d	2 433,40	27.03.2019	01.04.2019																																	
144	1.1.3.5.01.3	A01 WA Schalung S1a inkl.Anker schliessen	0,38d	814,55	01.04.2019	01.04.2019																																	
145	1.1.3.5.01.4	A01 WA seilt. Schalung mit Fugenband herst.	0,50d	218,63	27.03.2019	28.03.2019																																	
146	1.1.3.5.01.5	A01 WA Beton einbringen	0,50d	1 730,47	02.04.2019	02.04.2019																																	
147	1.1.3.5.01.6	A01 WA Anker lösen u. S1a umsetzen	0,75d	0,00	04.04.2019	05.04.2019																																	
148	1.1.3.5.01.7	A01 WA Schalung S1i umsetzen	0,50d	0,00	04.04.2019	05.04.2019																																	
149	1.1.3.5.01.8	A01 WA seilt. Schalung entfernen	0,25d	0,00	04.04.2019	04.04.2019																																	
150	1.1.3.5.01.9	A01 WA Ankerlöcher schließen Abdichtung aufbringen	0,25d	915,30	05.04.2019	05.04.2019																																	
151	1.1.3.5.02	A02 WAND herstellen	6,25d	7 488,20	10.04.2019	23.04.2019																																	
152	1.1.3.5.02.1	A02 WA Schalung S2i aufstellen	0,63d	814,55	10.04.2019	11.04.2019																																	
153	1.1.3.5.02.2	A02 WA Bewehrung verlegen	2d	2 433,40	11.04.2019	15.04.2019																																	
154	1.1.3.5.02.3	A02 WA Schalung S1a inkl.Anker	0,38d	814,55	15.04.2019	15.04.2019																																	
155	1.1.3.5.02.5	A02 WA Beton einbringen	0,50d	1 730,47	15.04.2019	16.04.2019																																	
156	1.1.3.5.02.6	A02 WA Anker lösen u. S1a umsetzen	0,75d	0,00	18.04.2019	23.04.2019																																	
157	1.1.3.5.02.7	A02 WA Schalung S2i umsetzen	0,50d	0,00	18.04.2019	23.04.2019																																	
158	1.1.3.5.02.8	A02 WA seilt. Schalung entfernen	0,25d	0,00	18.04.2019	18.04.2019																																	
159	1.1.3.5.02.9	A02 WA Ankerlöcher schließen Abdichtung aufbringen	0,25d	915,30	18.04.2019	23.04.2019																																	
160	1.1.3.5.03	A03 WAND herstellen	8,88d	7 925,45	28.03.2019	10.04.2019																																	
161	1.1.3.5.03.01	A03 WA Schalung S2i erstmalig aufstellen	0,63d	814,55	28.03.2019	28.03.2019																																	
162	1.1.3.5.03.02	A03 WA Bewehrung verlegen	2d	2 433,40	01.04.2019	03.04.2019																																	
163	1.1.3.5.03.03	A03 WA seilt. Schalung mit Fugenband herst.	0,50d	437,25	28.03.2019	01.04.2019																																	
164	1.1.3.5.03.05	A03 WA Schalung S1a inkl.Anker	0,38d	814,55	05.04.2019	05.04.2019																																	
165	1.1.3.5.03.06	A03 WA Beton einbringen	0,50d	1 730,47	05.04.2019	08.04.2019																																	
166	1.1.3.5.03.07	A03 WA Anker lösen u. S1a umsetzen	0,75d	0,00	10.04.2019	10.04.2019																																	
167	1.1.3.5.03.08	A03 WA Schalung S2i umsetzen	0,50d	0,00	10.04.2019	10.04.2019																																	
168	1.1.3.5.03.09	A03 WA seilt. Schalung entfernen	0,25d	0,00	10.04.2019	10.04.2019																																	
169	1.1.3.5.03.10	A03 WA Ankerlöcher schließen Abdichtung aufbringen	0,25d	915,30	10.04.2019	10.04.2019																																	
170	1.1.3.5.04	A04 WAND herstellen	22,50d	7 488,20	28.03.2019	03.05.2019																																	

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



<p>Dipl.-Ing. Michael DUSCHEL Breitenfurterstr. 394 1230 WIEN michael@duschel.com</p>	<p>PROZESSORIENTIERTE BAUKALKULATION Beilage 1 BEISPIEL STÜTZMAUER DETAILTERMINPLAN mit 3 Schalungen</p>	<p>Dissertationsvorhaben TU WIEN ibb Inst.f.interdisziplinäres Bauprojektmanagement Univ.Prof.KROPIK</p>
--	---	--

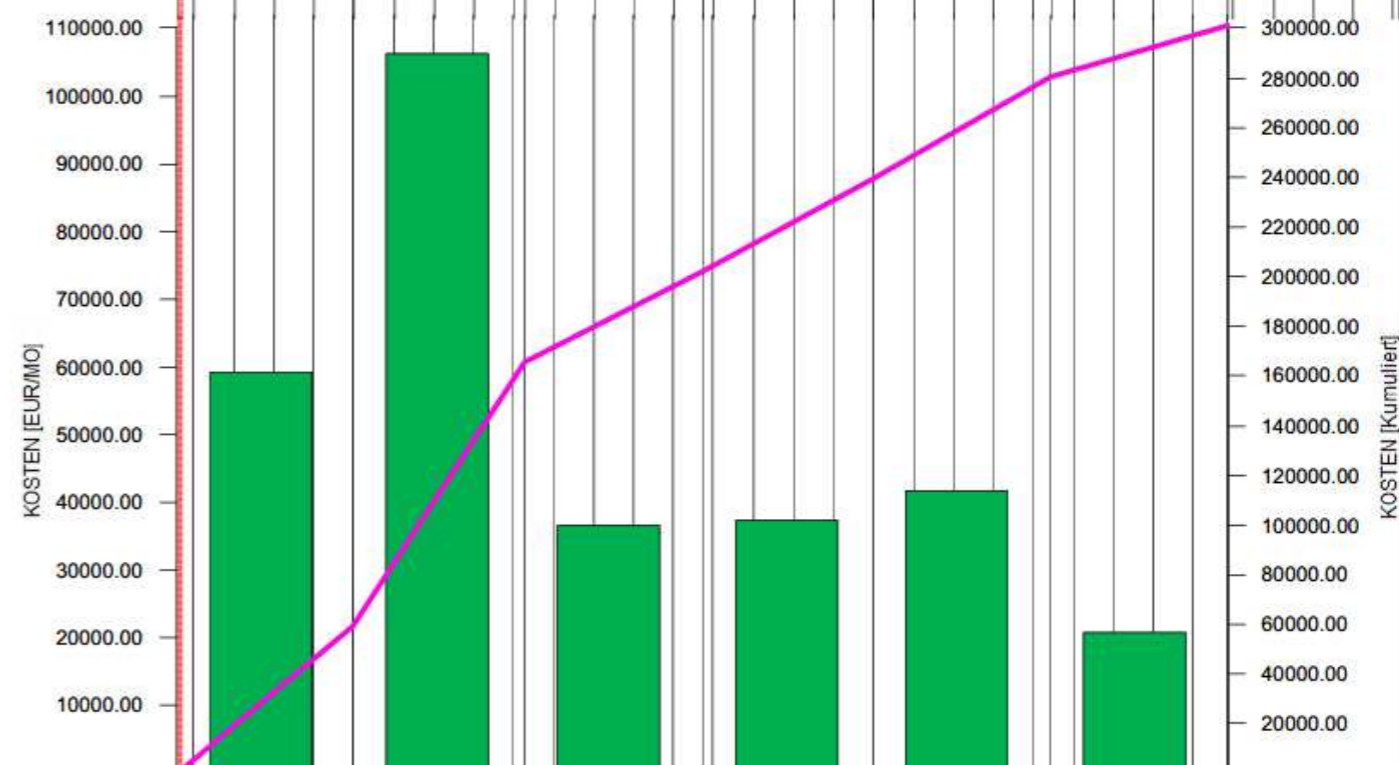
Row	Act ID / Vorgangs ID	Activity Desc. / Vorgangsbeschreibung	D	ETC / Plankosten	ES / FA	EF / FE	2019																																
							02			03			04			05			06			07			08			09											
							6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38
251	1.1.3.5.12.6	A12 WA Anker lösen u.S1a umsetzen	0,75d	0,00	01.07.2019	01.07.2019																																	
252	1.1.3.5.12.7	A12 WA Schalung S1i umsetzen	0,50d	0,00	01.07.2019	01.07.2019																																	
253	1.1.3.5.12.8	A12 WA seitl.Schalung entfernen	0,25d	0,00	01.07.2019	01.07.2019																																	
254	1.1.3.5.12.9	A12 WA Ankerlöcher schließen Abdichtung aufbringen	0,25d	915,30	01.07.2019	01.07.2019																																	
255	1.1.3.5.13	A13 WAND herstellen	9,63d	7 925,45	06.06.2019	24.06.2019																																	
256	1.1.3.5.13.1	A13 WA Schalung S1i aufstellen	0,63d	814,55	06.06.2019	06.06.2019																																	
257	1.1.3.5.13.2	A13 WA Bewehrung verlegen	2d	2 433,40	06.06.2019	11.06.2019																																	
258	1.1.3.5.13.3	A13 WA Schalung S1a inkl.Anker	0,38d	814,55	17.06.2019	18.06.2019																																	
259	1.1.3.5.13.4	A13 WA seitl.Schalung mit Fugenband herst.	0,50d	437,25	18.06.2019	18.06.2019																																	
260	1.1.3.5.13.5	A13 WA Beton einbringen	0,50d	1 730,47	18.06.2019	19.06.2019																																	
261	1.1.3.5.13.6	A13 WA Anker lösen u.S1a umsetzen	0,75d	0,00	24.06.2019	24.06.2019																																	
262	1.1.3.5.13.7	A13 WA Schalung S1i umsetzen	0,50d	0,00	24.06.2019	24.06.2019																																	
263	1.1.3.5.13.8	A13 WA seitl.Schalung entfernen	0,25d	0,00	24.06.2019	24.06.2019																																	
264	1.1.3.5.13.9	A13 WA Ankerlöcher schließen Abdichtung aufbringen	0,25d	915,30	24.06.2019	24.06.2019																																	
265	1.1.3.5.14	A14 WAND herstellen	5,75d	7 488,20	05.07.2019	15.07.2019																																	
266	1.1.3.5.14.1	A14 WA Schalung S2i aufstellen	0,63d	814,55	05.07.2019	08.07.2019																																	
267	1.1.3.5.14.2	A14 WA Bewehrung verlegen	2d	2 433,40	08.07.2019	10.07.2019																																	
268	1.1.3.5.14.3	A14 WA Schalung S1a inkl.Anker	0,38d	814,55	10.07.2019	10.07.2019																																	
269	1.1.3.5.14.5	A14 WA Beton einbringen	0,50d	1 730,47	10.07.2019	10.07.2019																																	
270	1.1.3.5.14.6	A14 WA Anker lösen u.S1a umsetzen	0,75d	0,00	12.07.2019	15.07.2019																																	
271	1.1.3.5.14.7	A14 WA Schalung S2i umsetzen	0,50d	0,00	15.07.2019	15.07.2019																																	
272	1.1.3.5.14.8	A14 WA seitl.Schalung entfernen	0,25d	0,00	15.07.2019	15.07.2019																																	
273	1.1.3.5.14.9	A14 WA Ankerlöcher schließen Abdichtung aufbringen	0,25d	915,30	15.07.2019	15.07.2019																																	
274	1.1.3.5.15	A15 WAND herstellen	12,13d	7 925,45	17.06.2019	05.07.2019																																	
275	1.1.3.5.15.1	A15 WA Schalung S2i aufstellen	0,63d	814,55	17.06.2019	18.06.2019																																	
276	1.1.3.5.15.2	A15 WA Bewehrung verlegen	2d	2 433,40	18.06.2019	24.06.2019																																	
277	1.1.3.5.15.3	A15 WA Schalung S1a inkl.Anker	0,38d	814,55	01.07.2019	02.07.2019																																	
278	1.1.3.5.15.4	A15 WA seitl.Schalung mit Fugenband herst.	0,50d	437,25	02.07.2019	02.07.2019																																	
279	1.1.3.5.15.5	A15 WA Beton einbringen	0,50d	1 730,47	02.07.2019	03.07.2019																																	
280	1.1.3.5.15.6	A15 WA Anker lösen u.S1a umsetzen	0,75d	0,00	05.07.2019	05.07.2019																																	
281	1.1.3.5.15.7	A15 WA Schalung S2i umsetzen	0,50d	0,00	05.07.2019	05.07.2019																																	
282	1.1.3.5.15.8	A15 WA seitl.Schalung entfernen	0,25d	0,00	05.07.2019	05.07.2019																																	
283	1.1.3.5.15.9	A15 WA Ankerlöcher schließen Abdichtung aufbringen	0,25d	915,30	05.07.2019	05.07.2019																																	
284	1.1.3.5.16	A16 WAND herstellen	6d	7 488,20	19.07.2019	29.07.2019																																	
285	1.1.3.5.16.1	A16 WA Schalung S1i aufstellen	0,63d	814,55	19.07.2019	22.07.2019																																	
286	1.1.3.5.16.2	A16 WA Bewehrung verlegen	2d	2 433,40	22.07.2019	24.07.2019																																	
287	1.1.3.5.16.3	A16 WA Schalung S1a inkl.Anker	0,38d	814,55	24.07.2019	24.07.2019																																	
288	1.1.3.5.16.5	A16 WA Beton einbringen	0,50d	1 730,47	24.07.2019	25.07.2019																																	
289	1.1.3.5.16.6	A16 WA Anker lösen u.S1a umsetzen	0,75d	0,00	29.07.2019	29.07.2019																																	
290	1.1.3.5.16.7	A16 WA Schalung S1i umsetzen	0,50d	0,00	29.07.2019	29.07.2019																																	

Dipl.-Ing. Michael DUSCHEL
Breitenfurterstr. 394
1230 WIEN
michael@duschel.com

PROZESSORIENTIERTE BAUKALKULATION
Beilage 2
BEISPIEL STÜTZMAUER
GROBTERMINPLAN mit Verlauf der HERSTELLUNGSKOSTEN

Dissertationsvorhaben
TU WIEN ibb
Inst.f.interdisziplinäres Bauprojektmanagement
Univ.Prof.KROPIK

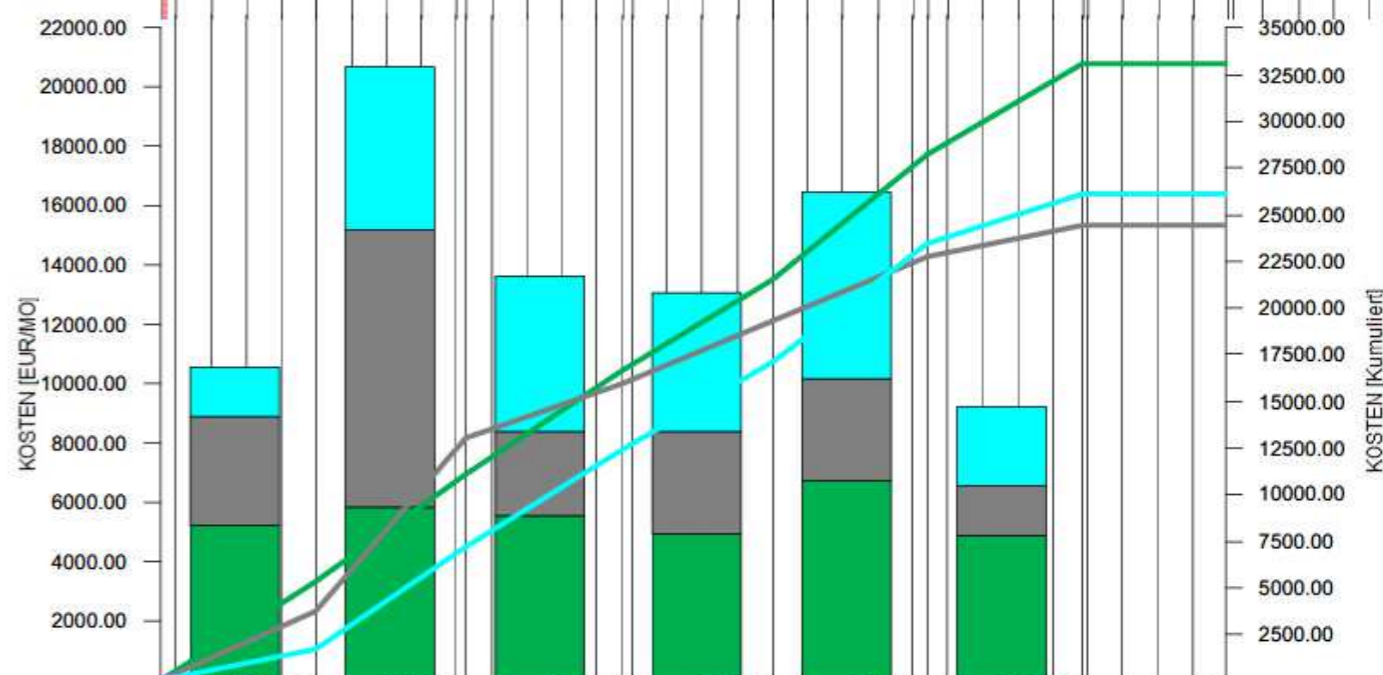
Row	Act ID	BSP1-PZS	DISS_PZP	Activity Desc.	D	ETC	ES	EF	2019																																		
									03					04					05					06					07					08					09				
									10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39					
1	1	LP		ERRICHTUNG STÜTZMAUER	113,75d	333 286,79	04.03.2019	28.08.2019	[Gantt bar from 03.10 to 08.31]																																		
2	1.0	LP	1.3	PROJEKT - DAUER für PjPkS	113,75d	32 986,36	04.03.2019	28.08.2019	[Gantt bar from 03.10 to 08.31]																																		
3	1.0.1			Auftrag erteilt	0	0,00	04.03.2019	04.03.2019	[Gantt bar from 03.10 to 03.10]																																		
4	1.0.2			Übergabe vertraglich	0	0,00	26.08.2019	26.08.2019	[Gantt bar from 08.26 to 08.26]																																		
5	1.0.3			Schlussrechnung gelegt	0	0,00	28.08.2019	28.08.2019	[Gantt bar from 08.28 to 08.28]																																		
6	1.1	LP	1.3	AUSFÜHRUNGSPHASE	106,75d	300 300,42	11.03.2019	26.08.2019	[Gantt bar from 03.11 to 08.26]																																		
7	1.1.1		1.3.5.1	BAUVORBEREITUNGSPHASE	7d	4 050,83	11.03.2019	20.03.2019	[Gantt bar from 03.11 to 03.20]																																		
8	1.1.1.2			Baugelände freimachen	1d	0,00	11.03.2019	11.03.2019	[Gantt bar from 03.11 to 03.11]																																		
9	1.1.1.3			Zufahrtswege herstellen	2d	0,00	19.03.2019	20.03.2019	[Gantt bar from 03.19 to 03.20]																																		
10	1.1.1.4	LP:1MP1	1.3.3.1	Baustelle einrichten	2d	4 050,83	19.03.2019	20.03.2019	[Gantt bar from 03.19 to 03.20]																																		
11	1.1.3	LP2	1.3.5.2	BAUPRODUKTIONSPHASE	94,75d	294 513,52	20.03.2019	19.08.2019	[Gantt bar from 03.20 to 08.19]																																		
12	1.1.3.0		1.3.5.2	PRODUKTIONS- DAUER für PdPkSf	94,75d	26 011,72	20.03.2019	19.08.2019	[Gantt bar from 03.20 to 08.19]																																		
13	1.1.3.0.1			Baustelle einrichten abgeschlossen	0	0,00	20.03.2019	20.03.2019	[Gantt bar from 03.20 to 03.20]																																		
14	1.1.3.0.2			Beginn Baustelle räumen	0	0,00	19.08.2019	19.08.2019	[Gantt bar from 08.19 to 08.19]																																		
15	1.1.3.3		1.3.5.1	ERDARBEITEN A01-A20 abschnittsweise	11d	36 272,50	21.03.2019	05.04.2019	[Gantt bar from 03.21 to 04.05]																																		
16	1.1.3.4		1.3.5.2.1	FUNDAMENT A01-A20 abschnittsweise herstellen	12d	78 092,86	22.03.2019	09.04.2019	[Gantt bar from 03.22 to 04.09]																																		
17	1.1.3.5		1.3.5.2.1.1.2	WAND abschnittsweise herstellen	90,75d	154 136,45	27.03.2019	19.08.2019	[Gantt bar from 03.27 to 08.19]																																		
18	1.1.4	LP:1MP3	1.3.3.4	Baustelle räumen	5d	1 736,07	19.08.2019	26.08.2019	[Gantt bar from 08.19 to 08.26]																																		
19	1.3			ÜBERGABE	1d	0,00	19.08.2019	20.08.2019	[Gantt bar from 08.19 to 08.19]																																		



[Cum]	Early	58958.55	105895.53	36357.15	37096.52	41372.99	20619.69
[Cum]	Early	58958.55	164854.08	201211.23	238307.75	279680.74	300300.42

erstellt von
Dipl.-Ing. Michael DUSCHEL

Row	ActID	BSP1-PZS	DISS_PZP	Activity Desc.	D	ETC	ES	EF	2019																														
									03			04			05			06			07			08			09			10									
									10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
1	1	LP		ERRICHTUNG STÜTZMAUER	113,75d	333 286,79	04.03.2019	28.08.2019	[Gantt bar from 03.10 to 08.35]																														
2	1.0	LP	1.3	PROJEKT - DAUER für PjPkS	113,75d	32 986,36	04.03.2019	28.08.2019	[Gantt bar from 03.10 to 08.35]																														
3	1.0.1			Auftrag erteilt	0	0,00	04.03.2019	04.03.2019	[Gantt bar from 03.10 to 03.10]																														
4	1.0.2			Übergabe vertraglich	0	0,00	26.08.2019	26.08.2019	[Gantt bar from 08.26 to 08.26]																														
5	1.0.3			Schlussrechnung gelegt	0	0,00	28.08.2019	28.08.2019	[Gantt bar from 08.28 to 08.28]																														
6	1.1	LP	1.3	AUSFÜHRUNGSPHASE	106,75d	300 300,42	11.03.2019	26.08.2019	[Gantt bar from 03.11 to 08.26]																														
7	1.1.1		1.3.5.1	BAUVORBEREITUNGSPHASE	7d	4 050,83	11.03.2019	20.03.2019	[Gantt bar from 03.11 to 03.20]																														
8	1.1.1.2			Baugelände freimachen	1d	0,00	11.03.2019	11.03.2019	[Gantt bar from 03.11 to 03.11]																														
9	1.1.1.3			Zufahrtswege herstellen	2d	0,00	19.03.2019	20.03.2019	[Gantt bar from 03.19 to 03.20]																														
10	1.1.1.4	LP:1MP1	1.3.3.1	Baustelle einrichten	2d	4 050,83	19.03.2019	20.03.2019	[Gantt bar from 03.19 to 03.20]																														
11	1.1.3	LP2	1.3.5.2	BAUPRODUKTIONSPHASE	94,75d	294 513,52	20.03.2019	19.08.2019	[Gantt bar from 03.20 to 08.19]																														
12	1.1.3.0		1.3.5.2	PRODUKTIONS- DAUER für PdPkSf	94,75d	26 011,72	20.03.2019	19.08.2019	[Gantt bar from 03.20 to 08.19]																														
13	1.1.3.0.1			Baustelle einrichten abgeschlossen	0	0,00	20.03.2019	20.03.2019	[Gantt bar from 03.20 to 03.20]																														
14	1.1.3.0.2			Beginn Baustelle räumen	0	0,00	19.08.2019	19.08.2019	[Gantt bar from 08.19 to 08.19]																														
15	1.1.3.3		1.3.5.1	ERDARBEITEN A01-A20 abschnittsweise	11d	36 272,50	21.03.2019	05.04.2019	[Gantt bar from 03.21 to 04.05]																														
16	1.1.3.4		1.3.5.2.1	FUNDAMENT A01-A20 abschnittsweise herstellen	12d	78 092,86	22.03.2019	09.04.2019	[Gantt bar from 03.22 to 04.09]																														
17	1.1.3.5		1.3.5.2.1.1.2	WAND abschnittsweise herstellen	90,75d	154 136,45	27.03.2019	19.08.2019	[Gantt bar from 03.27 to 08.19]																														
18	1.1.4	LP:1MP3	1.3.3.4	Baustelle räumen	5d	1 736,07	19.08.2019	26.08.2019	[Gantt bar from 08.19 to 08.26]																														
19	1.3			ÜBERGABE	1d	0,00	19.08.2019	20.08.2019	[Gantt bar from 08.19 to 08.19]																														



SK.HK.PDKS.F3 : PRODUKTION - PdPkSf fixer Anteil der BGK	1647.18	5490.60	5216.07	4667.01	6314.19	2676.67	0.00
SK.HK.PDKS.V : PRODUKTION - PdPkSv variabler Anteil der BGK	3639.92	9334.52	2852.21	3424.09	3453.67	1656.49	0.00
SK.PJKS : PROJEKT PROZESSKOSTEN - PjPkS	5219.82	5799.80	5509.81	4929.83	6669.77	4857.33	0.00
SK.HK.PDKS.F3 : PRODUKTION - PdPkSf fixer Anteil der BGK [Cum]	1647.18	7137.78	12353.85	17020.86	23335.05	26011.72	26011.72
SK.HK.PDKS.V : PRODUKTION - PdPkSv variabler Anteil der BGK [Cum]	3639.92	12974.44	15826.65	19250.74	22704.41	24360.91	24360.91
SK.PJKS : PROJEKT PROZESSKOSTEN - PjPkS [Cum]	5219.82	11019.62	16529.43	21459.26	28129.03	32986.36	32986.36

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



Beilage 4 – Grobterminplan mit ELK

Row	ActID	BSP1-PZS	DISS_PZP	Activity Desc.	D	ETC	ES	EF	2019																																								
									03				04				05				06				07				08				09				10												
									10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44						
1	1	LP		ERRICHTUNG STÜTZMAUER	113,75d	333 286,79	04.03.2019	28.08.2019																																									
2	1.0	LP	1.3	PROJEKT - DAUER für PjPkS	113,75d	32 986,36	04.03.2019	28.08.2019																																									
3	1.1	LP	1.3	AUSFÜHRUNGSPHASE	106,75d	300 300,42	11.03.2019	26.08.2019																																									
4	1.1.1		1.3.5.1	BAUVORBEREITUNGSPHASE	7d	4 050,83	11.03.2019	20.03.2019																																									
5	1.1.3	LP2	1.3.5.2	BAUPRODUKTIONSPHASE	94,75d	294 513,52	20.03.2019	19.08.2019																																									
6	1.1.3.0		1.3.5.2	PRODUKTIONS- DAUER für PdPkSf	94,75d	26 011,72	20.03.2019	19.08.2019																																									
7	1.1.3.3		1.3.5.1	ERDARBEITEN A01-A20 abschnittsweise	11d	36 272,50	21.03.2019	05.04.2019																																									
8	1.1.3.3.0			Start Erdarbeiten	0	0,00	21.03.2019	21.03.2019																																									
9	1.1.3.3.1		1.3.5.1.2	A01-A05 FU Aushub & Sauberkeitsschicht	3d	9 068,13	21.03.2019	25.03.2019																																									
10	1.1.3.3.2		1.3.5.1.2	A06-A10 FU Aushub & Sauberkeitsschicht	3d	9 068,13	26.03.2019	28.03.2019																																									
11	1.1.3.3.3		1.3.5.1.2	A11-A15 FU Aushub & Sauberkeitsschicht	2,50d	9 068,13	28.03.2019	02.04.2019																																									
12	1.1.3.3.4		1.3.5.1.2	A16-A20 FU Aushub & Sauberkeitsschicht	3d	9 068,13	03.04.2019	05.04.2019																																									
13	1.1.3.4		1.3.5.2.1	FUNDAMENT A01-A20 abschnittsweise herstellen	12d	78 092,86	22.03.2019	09.04.2019																																									
14	1.1.3.4.001			Start Fundamentherstellung	0	0,00	22.03.2019	22.03.2019																																									
15	1.1.3.4.002			FU Abschnitte 01-05 hergestellt	0	0,00	27.03.2019	27.03.2019																																									
16	1.1.3.4.003			FU Abschnitte 06-10 hergestellt	0	0,00	02.04.2019	02.04.2019																																									
17	1.1.3.4.004			FU Abschnitte 11-15 hergestellt	0	0,00	04.04.2019	04.04.2019																																									
18	1.1.3.4.005			FU Abschnitte 16-20 hergestellt	0	0,00	09.04.2019	09.04.2019																																									
19	1.1.3.4.01	LP2.MP01	1.3.5.2.1	A01 FUNDAMENT herstellen	2d	3 903,55	22.03.2019	25.03.2019																																									
20	1.1.3.4.02	LP2.MP02	1.3.5.2.1	A02 FUNDAMENT herstellen	2d	3 904,70	22.03.2019	26.03.2019																																									
21	1.1.3.4.03	LP2.MP03	1.3.5.2.1	A03 FUNDAMENT herstellen	2d	3 904,70	25.03.2019	26.03.2019																																									
22	1.1.3.4.04	LP2.MP04	1.3.5.2.1	A04 FUNDAMENT herstellen	2d	3 904,70	25.03.2019	27.03.2019																																									
23	1.1.3.4.05	LP2.MP05	1.3.5.2.1	A05 FUNDAMENT herstellen	2d	3 904,70	26.03.2019	27.03.2019																																									
24	1.1.3.4.06	LP2.MP06	1.3.5.2.1	A06 FUNDAMENT herstellen	2d	3 904,70	27.03.2019	28.03.2019																																									
25	1.1.3.4.07	LP2.MP07	1.3.5.2.1	A07 FUNDAMENT herstellen	2d	3 904,70	27.03.2019	01.04.2019																																									
26	1.1.3.4.08	LP2.MP08	1.3.5.2.1	A08 FUNDAMENT herstellen	2d	3 904,70	28.03.2019	01.04.2019																																									
27	1.1.3.4.09	LP2.MP09	1.3.5.2.1	A09 FUNDAMENT herstellen	2d	3 904,70	28.03.2019	02.04.2019																																									
28	1.1.3.4.10	LP2.MP10	1.3.5.2.1	A10 FUNDAMENT herstellen	2d	3 904,70	01.04.2019	02.04.2019																																									
29	1.1.3.4.11	LP2.MP11	1.3.5.2.1	A11 FUNDAMENT herstellen	2d	3 904,70	01.04.2019	02.04.2019																																									
30	1.1.3.4.12	LP2.MP12	1.3.5.2.1	A12 FUNDAMENT herstellen	2d	3 904,70	01.04.2019	02.04.2019																																									
31	1.1.3.4.13	LP2.MP13	1.3.5.2.1	A13 FUNDAMENT herstellen	2d	3 904,70	01.04.2019	03.04.2019																																									
32	1.1.3.4.14	LP2.MP14	1.3.5.2.1	A14 FUNDAMENT herstellen	2d	3 904,70	02.04.2019	03.04.2019																																									
33	1.1.3.4.15	LP2.MP15	1.3.5.2.1	A15 FUNDAMENT herstellen	2d	3 904,70	02.04.2019	04.04.2019																																									
34	1.1.3.4.16	LP2.MP16	1.3.5.2.1	A16 FUNDAMENT herstellen	2d	3 904,70	04.04.2019	05.04.2019																																									
35	1.1.3.4.17	LP2.MP17	1.3.5.2.1	A17 FUNDAMENT herstellen	2d	3 904,70	04.04.2019	08.04.2019																																									
36	1.1.3.4.18	LP2.MP18	1.3.5.2.1	A18 FUNDAMENT herstellen	2d	3 904,70	05.04.2019	08.04.2019																																									
37	1.1.3.4.19	LP2.MP19	1.3.5.2.1.1	A19 FUNDAMENT herstellen	2d	3 904,70	05.04.2019	09.04.2019																																									
38	1.1.3.4.20	LP2.MP20	1.3.5.2.1	A20 FUNDAMENT herstellen	2d	3 904,70	08.04.2019	09.04.2019																																									
39	1.1.3.5		1.3.5.2.1.2	WAND abschnittsweise herstellen	90,75d	154 136,45	27.03.2019	19.08.2019																																									
40	1.1.3.5.001			Start Wandherstellung	0	0,00	27.03.2019	27.03.2019																																									
41	1.1.3.5.01	LP2.MP01	1.3.5.2.1	A01 WAND herstellen	6,25d	7 706,82	27.03.2019	05.04.2019																																									
42	1.1.3.5.02	LP2.MP02	1.3.5.2.1	A02 WAND herstellen	6,25d	7 488,20	10.04.2019	23.04.2019																																									
43	1.1.3.5.03	LP2.MP03	1.3.5.2.1	A03 WAND herstellen	8,88d	7 925,45	28.03.2019	10.04.2019																																									
44	1.1.3.5.04	LP2.MP04	1.3.5.2.1	A04 WAND herstellen	22,50d	7 488,20	28.03.2019	03.05.2019																																									

Dipl.-Ing.Michael DUSCHEL Breitenfurterstr.394 1230 WIEN michael@duschel.com				PROZESSORIENTIERTE BAUKALKULATION Beilage 5 BEISPIEL STÜTZMAUER DETAILTERMINPLAN ABSCHNITT 1				Dissertationsvorhaben TU WIEN ibb Inst.f.interdisziplinäres Bauprojektmanagement Univ.Prof.KROPIK																											
Row	BSP1-PZS	Act ID	Activity Desc.	D	ETC Plankosten	ES / Frühest Anfang	FE / Frühest Ende	12							13							14													
								18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	01	02	03	04	05	06	07							
1	LP2.MP01		Herstellung ABSCHNITT 01		11 610,37	22.03.2019	05.04.2019																												
2	LP2.MP01	1.1.3.4.01	A01 FUNDAMENT herstellen		3 903,55	22.03.2019	25.03.2019																												
3	LP2.MP01	1.1.3.5.01	A01 WAND herstellen		7 706,82	27.03.2019	05.04.2019																												
4	LP2.MP01.EP1.1		VORBEREITUNGSPROZESS A01 Fundament		1 813,63	21.03.2019	21.03.2019																												
5	LP2.MP01.EP1.1	1.1.3.3.1.1	A01 FU Aushub & Baugrubensicherung	4h	1 398,00	21.03.2019	21.03.2019																												
6	LP2.MP01.EP1.1	1.1.3.3.1.6.1	A01 FU Sauberkeitsschichte herstellen	4h	415,63	21.03.2019	21.03.2019																												
7	LP2.MP01.EP1.2		FERTIGUNGSPROZESS A01 Fundament		3 466,53	22.03.2019	25.03.2019																												
8	LP2.MP01.EP1.2	1.1.3.4.01.2	A01 FU Schalung Fundament erstmalig errichten	8h	351,60	22.03.2019	22.03.2019																												
9	LP2.MP01.EP1.2	1.1.3.4.01.3	A01 FU Bewehrung verlegen	10h	1 664,88	22.03.2019	25.03.2019																												
10	LP2.MP01.EP1.2	1.1.3.4.01.4	A01 FU Beton einbringen	2h	1 450,05	25.03.2019	25.03.2019																												
11	LP2.MP01.EP2.1		FERTIGUNGSPROZESS A01 Wand		6 926,89	27.03.2019	05.04.2019																												
12	LP2.MP01.EP2.1	1.1.3.5.01.1	A01 WA Schalung S1i erstmalig aufstellen	5h	814,55	27.03.2019	27.03.2019																												
13	LP2.MP01.EP2.1	1.1.3.5.01.2	A01 WA Bewehrung verlegen	16h	2 433,40	27.03.2019	01.04.2019																												
14	LP2.MP01.EP2.1	1.1.3.5.01.4	A01 WA seiti.Schalung mit Fugenband herst.	4h	218,63	27.03.2019	28.03.2019																												
15	LP2.MP01.EP2.1	1.1.3.5.01.3	A01 WA Schalung S1a inkl.Anker schliessen	3h	814,55	01.04.2019	01.04.2019																												
16	LP2.MP01.EP2.1	1.1.3.5.01.5	A01 WA Beton einbringen	4h	1 730,47	02.04.2019	02.04.2019																												
17	LP2.MP01.EP2.1	1.1.3.5.01.6	A01 WA Anker lösen u.S1a umsetzen	6h	0,00	04.04.2019	05.04.2019																												
18	LP2.MP01.EP2.1	1.1.3.5.01.7	A01 WA Schalung S1i umsetzen	4h	0,00	04.04.2019	05.04.2019																												
19	LP2.MP01.EP2.1	1.1.3.5.01.8	A01 WA seiti.Schalung entfernen	2h	0,00	04.04.2019	04.04.2019																												
20	LP2.MP01.EP2.1	1.1.3.5.01.9	A01 WA Ankerlöcher schließen Abdichtung aufbringen	2h	915,30	05.04.2019	05.04.2019																												

erstellt von
Dipl.-Ing.Michael DUSCHEL

Ansicht: 1_B_C3_ActID_VG_Tage
Datei:STM
Druckdatum: 02.11.2019

Dipl.-Ing.Michael DUSCHEL Breitenfurterstr.394 1230 WIEN michael@duschel.com		PROZESSORIENTIERTE BAUKALKULATION Beilage 6 BEISPIEL STÜTZMAUER Plankosten nach Kostenarten				Dissertationsvorhaben TU WIEN Inst.f.interdisziplinäres Bauprojektmanagement Prof.KROPIK		
Row	ID / Vorgangs ID	Activity Desc. / Vorgangsbeschreibung	D	ETC Labor / Plankosten PERSONAL	ETC Material / Plankosten MATERIAL	ETC Other Direct Cost / Plankosten SONSTIGE	ETC Sub contract / Plankosten FREMDLEISTUNG	EAC / K-SCHÄTZUNG bis FERTIG- STELLUNG
1	1	ERRICHTUNG STÜTZMAUER	113,75d	110 539,80	114 538,00	84 208,99	24 000,00	333 286,79
2	1.0	PROJEKT - DAUER für PjPkS	113,75d	0,00	0,00	32 986,36	0,00	32 986,36
3	1.0.1	Auftrag erteilt	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
4	1.0.2	Übergabe vertraglich	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
5	1.0.3	Schlussrechnung gelegt	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
6	1.1	AUSFÜHRUNGSPHASE	106,75d	110 539,80	114 538,00	51 222,62	24 000,00	300 300,42
7	1.1.1	BAUVORBEREITUNGSPHASE	7d	3 012,03	1 038,80	0,00	0,00	4 050,83
8	1.1.1.2	Baugelände freimachen	1d	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
9	1.1.1.3	Zufahrtswege herstellen	2d	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
10	1.1.1.4	Baustelle einrichten	2d	3 012,03	1 038,80	0,00	0,00	4 050,83
11	1.1.3	BAUPRODUKTIONSPHASE	94,75d	106 236,90	113 054,00	51 222,62	24 000,00	294 513,52
12	1.1.3.0	PRODUKTIONS- DAUER für PdPkSf	94,75d	0,00	0,00	26 011,72	0,00	26 011,72
13	1.1.3.0.1	Baustelle einrichten abgeschlossen	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
14	1.1.3.0.2	Beginn Baustelle räumen	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
15	1.1.3.3	ERDARBEITEN A01-A20 abschnittsweise	11d	8 032,50	3 390,00	850,00	24 000,00	36 272,50
16	1.1.3.3.0	Start Erdarbeiten	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
17	1.1.3.3.1	A01-A05 FU Aushub & Sauberkeitsschicht	3d	2 008,13	847,50	212,50	6 000,00	9 068,13
18	1.1.3.3.1.1	A01 FU Aushub & Baugrubensicherung	0,50d	126,00	29,50	42,50	1 200,00	1 398,00
19	1.1.3.3.1.2	A02 FU Aushub & Baugrubensicherung	0,50d	126,00	29,50	42,50	1 200,00	1 398,00
20	1.1.3.3.1.3	A03 FU Aushub & Baugrubensicherung	0,50d	126,00	29,50	42,50	1 200,00	1 398,00
21	1.1.3.3.1.4	A04 FU Aushub & Baugrubensicherung	0,50d	126,00	29,50	42,50	1 200,00	1 398,00
22	1.1.3.3.1.5	A05 FU Aushub & Baugrubensicherung	0,50d	126,00	29,50	42,50	1 200,00	1 398,00
23	1.1.3.3.1.6	A01-A05 FU Sauberkeitsschichte herstellen	2,50d	1 378,13	700,00	0,00	0,00	2 078,13
24	1.1.3.3.1.6.1	A01 FU Sauberkeitsschichte herstellen	0,50d	275,63	140,00	0,00	0,00	415,63
25	1.1.3.3.1.6.2	A02 FU Sauberkeitsschichte herstellen	0,50d	275,63	140,00	0,00	0,00	415,63
26	1.1.3.3.1.6.3	A03 FU Sauberkeitsschichte herstellen	0,50d	275,63	140,00	0,00	0,00	415,63
27	1.1.3.3.1.6.4	A04 FU Sauberkeitsschichte herstellen	0,50d	275,63	140,00	0,00	0,00	415,63
28	1.1.3.3.1.6.5	A05 FU Sauberkeitsschichte herstellen	0,50d	275,63	140,00	0,00	0,00	415,63
29	1.1.3.3.2	A06-A10 FU Aushub & Sauberkeitsschicht	3d	2 008,13	847,50	212,50	6 000,00	9 068,13

Dipl.-Ing.Michael DUSCHEL Breitenfurterstr.394 1230 WIEN michael@duschel.com		PROZESSORIENTIERTE BAUKALKULATION Beilage 6 BEISPIEL STÜTZMAUER Plankosten nach Kostenarten				Dissertationsvorhaben TU WIEN Inst.f.interdisziplinäres Bauprojektmanagement Prof.KROPIK		
Row	ID / Vorgangs ID	Activity Desc. / Vorgangsbeschreibung	D	ETC Labor / Plankosten PERSONAL	ETC Material / Plankosten MATERIAL	ETC Other Direct Cost / Plankosten SONSTIGE	ETC Sub contract / Plankosten FREMDLEISTUNG	EAC / K-SCHÄTZUNG bis FERTIG- STELLUNG
30	1.1.3.3.2.1	A06-A10 FU Aushub & Baugrubensicherung	2,50d	630,00	147,50	212,50	6 000,00	6 990,00
31	1.1.3.3.2.2	A06-A10 FU Sauberkeitsschicht herstellen	2,50d	1 378,13	700,00	0,00	0,00	2 078,13
32	1.1.3.3.3	A11-A15 FU Aushub & Sauberkeitsschicht	2,50d	2 008,13	847,50	212,50	6 000,00	9 068,13
33	1.1.3.3.3.1	A11-A15 FU Aushub & Baugrubensicherung	2,50d	630,00	147,50	212,50	6 000,00	6 990,00
34	1.1.3.3.3.2	A11-A15 FU Sauberkeitsschicht herstellen	1,50d	1 378,13	700,00	0,00	0,00	2 078,13
35	1.1.3.3.4	A16-A20 FU Aushub & Sauberkeitsschicht	3d	2 008,13	847,50	212,50	6 000,00	9 068,13
36	1.1.3.3.4.1	A16-A20 FU Aushub & Baugrubensicherung	2,50d	630,00	147,50	212,50	6 000,00	6 990,00
37	1.1.3.3.4.2	A16-A20 FU Sauberkeitsschicht herstellen	2,50d	1 378,13	700,00	0,00	0,00	2 078,13
38	1.1.3.4	FUNDAMENT A01-A20 abschnittsweise herstellen	12d	30 126,60	39 204,00	8 762,26	0,00	78 092,86
39	1.1.3.4.001	Start Fundamentherstellung	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
40	1.1.3.4.002	FU Abschnitte 01-05 hergestellt	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
41	1.1.3.4.003	FU Abschnitte 06-10 hergestellt	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
42	1.1.3.4.004	FU Abschnitte 11-15 hergestellt	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
43	1.1.3.4.005	FU Abschnitte 16-20 hergestellt	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
44	1.1.3.4.01	A01 FUNDAMENT herstellen	2d	1 506,33	1 960,20	437,02	0,00	3 903,55
45	1.1.3.4.01.2	A01 FU Schalung Fundament erstmalig errichten	1d	302,40	49,20	0,00	0,00	351,60
46	1.1.3.4.01.3	A01 FU Bewehrung verlegen	1,25d	740,88	924,00	0,00	0,00	1 664,88
47	1.1.3.4.01.4	A01 FU Beton einbringen	0,25d	463,05	987,00	0,00	0,00	1 450,05
48	1.1.3.4.02	A02 FUNDAMENT herstellen	2d	1 506,33	1 960,20	438,17	0,00	3 904,70
49	1.1.3.4.03	A03 FUNDAMENT herstellen	2d	1 506,33	1 960,20	438,17	0,00	3 904,70
50	1.1.3.4.04	A04 FUNDAMENT herstellen	2d	1 506,33	1 960,20	438,17	0,00	3 904,70
51	1.1.3.4.05	A05 FUNDAMENT herstellen	2d	1 506,33	1 960,20	438,17	0,00	3 904,70
52	1.1.3.4.06	A06 FUNDAMENT herstellen	2d	1 506,33	1 960,20	438,17	0,00	3 904,70
53	1.1.3.4.07	A07 FUNDAMENT herstellen	2d	1 506,33	1 960,20	438,17	0,00	3 904,70
54	1.1.3.4.08	A08 FUNDAMENT herstellen	2d	1 506,33	1 960,20	438,17	0,00	3 904,70
55	1.1.3.4.09	A09 FUNDAMENT herstellen	2d	1 506,33	1 960,20	438,17	0,00	3 904,70
56	1.1.3.4.10	A10 FUNDAMENT herstellen	2d	1 506,33	1 960,20	438,17	0,00	3 904,70
57	1.1.3.4.11	A11 FUNDAMENT herstellen	2d	1 506,33	1 960,20	438,17	0,00	3 904,70
58	1.1.3.4.12	A12 FUNDAMENT herstellen	2d	1 506,33	1 960,20	438,17	0,00	3 904,70

Dipl.-Ing. Michael DUSCHEL Breitenfurterstr. 394 1230 WIEN michael@duschel.com	PROZESSORIENTIERTE BAUKALKULATION Beilage 6 BEISPIEL STÜTZMAUER Plankosten nach Kostenarten	Dissertationsvorhaben TU WIEN Inst.f.interdisziplinäres Bauprojektmanagement Prof.KROPIK
--	---	---

Row	ID / Vorgangs ID	Activity Desc. / Vorgangsbeschreibung	D	ETC Labor / Plankosten PERSONAL	ETC Material / Plankosten MATERIAL	ETC Other Direct Cost / Plankosten SONSTIGE	ETC Sub contract / Plankosten FREMDLEISTUNG	EAC / K-SCHÄTZUNG bis FERTIG- STELLUNG
59	1.1.3.4.13	A13 FUNDAMENT herstellen	2d	1 506,33	1 960,20	438,17	0,00	3 904,70
60	1.1.3.4.14	A14 FUNDAMENT herstellen	2d	1 506,33	1 960,20	438,17	0,00	3 904,70
61	1.1.3.4.15	A15 FUNDAMENT herstellen	2d	1 506,33	1 960,20	438,17	0,00	3 904,70
62	1.1.3.4.16	A16 FUNDAMENT herstellen	2d	1 506,33	1 960,20	438,17	0,00	3 904,70
63	1.1.3.4.17	A17 FUNDAMENT herstellen	2d	1 506,33	1 960,20	438,17	0,00	3 904,70
64	1.1.3.4.18	A18 FUNDAMENT herstellen	2d	1 506,33	1 960,20	438,17	0,00	3 904,70
65	1.1.3.4.19	A19 FUNDAMENT herstellen	2d	1 506,33	1 960,20	438,17	0,00	3 904,70
66	1.1.3.4.20	A20 FUNDAMENT herstellen	2d	1 506,33	1 960,20	438,17	0,00	3 904,70
67	1.1.3.5	WAND abschnittsweise herstellen	90,75d	68 077,80	70 460,00	15 598,65	0,00	154 136,45
68	1.1.3.5.001	Start Wandherstellung	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
69	1.1.3.5.01	A01 WAND herstellen	6,25d	3 403,89	3 523,00	779,93	0,00	7 706,82
70	1.1.3.5.01.1	A01 WAschalung S1i erstmalig aufstellen	0,63d	589,05	225,50	0,00	0,00	814,55
71	1.1.3.5.01.2	A01 WABewehrung verlegen	2d	1 049,90	1 383,50	0,00	0,00	2 433,40
72	1.1.3.5.01.3	A01 WAschalung S1a inkl.Anker schliessen	0,38d	589,05	225,50	0,00	0,00	814,55
73	1.1.3.5.01.4	A01 WAsseitl.Schalung mit Fugenband herst.	0,50d	86,63	132,00	0,00	0,00	218,63
74	1.1.3.5.01.5	A01 WABeton einbringen	0,50d	578,97	1 151,50	0,00	0,00	1 730,47
75	1.1.3.5.01.6	A01 WAAnger lösen u.S1a umsetzen	0,75d	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
76	1.1.3.5.01.7	A01 WAschalung S1i umsetzen	0,50d	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
77	1.1.3.5.01.8	A01 WAsseitl.Schalung entfernen	0,25d	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
78	1.1.3.5.01.9	A01 WAAngerlöcher schließen Abdichtung aufbringen	0,25d	510,30	405,00	0,00	0,00	915,30
79	1.1.3.5.02	A02 WAND herstellen	6,25d	3 317,26	3 391,00	779,93	0,00	7 488,20
80	1.1.3.5.03	A03 WAND herstellen	8,88d	3 490,51	3 655,00	779,93	0,00	7 925,45
81	1.1.3.5.03.01	A03 WAschalung S2i erstmalig aufstellen	0,63d	589,05	225,50	0,00	0,00	814,55
82	1.1.3.5.03.02	A03 WABewehrung verlegen	2d	1 049,90	1 383,50	0,00	0,00	2 433,40
83	1.1.3.5.03.03	A03 WAsseitl.Schalung mit Fugenband herst.	0,50d	173,25	264,00	0,00	0,00	437,25
84	1.1.3.5.03.05	A03 WAschalung S1a inkl.Anker	0,38d	589,05	225,50	0,00	0,00	814,55
85	1.1.3.5.03.06	A03 WABeton einbringen	0,50d	578,97	1 151,50	0,00	0,00	1 730,47
86	1.1.3.5.03.07	A03 WAAnger lösen u. S1a umsetzen	0,75d	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
87	1.1.3.5.03.08	A03 WAschalung S2i umsetzen	0,50d	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

erstellt von Dipl.-Ing. Michael DUSCHEL	3/4	Dok.Nr.: BSP2-LIS Ressourcen Stand: 15.10.2019 Druckdatum: 02.11.2019
--	-----	---

Dipl.-Ing.Michael DUSCHEL Breitenfurterstr.394 1230 WIEN michael@duschel.com	PROZESSORIENTIERTE BAUKALKULATION Beilage 6 BEISPIEL STÜTZMAUER Plankosten nach Kostenarten	Dissertationsvorhaben TU WIEN Inst.f.interdisziplinäres Bauprojektmanagement Prof.KROPIK
--	---	---

Row	ID / Vorgangs ID	Activity Desc. / Vorgangsbeschreibung	D	ETC Labor / Plankosten PERSONAL	ETC Material / Plankosten MATERIAL	ETC Other Direct Cost / Plankosten SONSTIGE	ETC Sub contract / Plankosten FREMDLEISTUNG	EAC / K-SCHÄTZUNG bis FERTIG- STELLUNG
88	1.1.3.5.03.09	A03 WAseitl.Schalung entfernen	0,25d	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
89	1.1.3.5.03.10	A03 WAAnkerlöcher schließen.Abdichtung aufbringen	0,25d	510,30	405,00	0,00	0,00	915,30
90	1.1.3.5.04	A04 WAND herstellen	22,50d	3 317,26	3 391,00	779,93	0,00	7 488,20
91	1.1.3.5.05	A05 WAND herstellen	14d	3 490,51	3 655,00	779,93	0,00	7 925,45
92	1.1.3.5.06	A06 WAND herstellen	5,63d	3 317,26	3 391,00	779,93	0,00	7 488,20
93	1.1.3.5.07	A07 WAND herstellen	12d	3 490,51	3 655,00	779,93	0,00	7 925,45
94	1.1.3.5.08	A08 WAND herstellen	6,25d	3 317,26	3 391,00	779,93	0,00	7 488,20
95	1.1.3.5.09	A09 WAND herstellen	13,88d	3 490,51	3 655,00	779,93	0,00	7 925,45
96	1.1.3.5.10	A10 WAND herstellen	4d	3 317,26	3 391,00	779,93	0,00	7 488,20
97	1.1.3.5.11	A11 WAND herstellen	13d	3 490,51	3 655,00	779,93	0,00	7 925,45
98	1.1.3.5.12	A12 WAND herstellen	5d	3 317,26	3 391,00	779,93	0,00	7 488,20
99	1.1.3.5.13	A13 WAND herstellen	9,63d	3 490,51	3 655,00	779,93	0,00	7 925,45
100	1.1.3.5.14	A14 WAND herstellen	5,75d	3 317,26	3 391,00	779,93	0,00	7 488,20
101	1.1.3.5.15	A15 WAND herstellen	12,13d	3 490,51	3 655,00	779,93	0,00	7 925,45
102	1.1.3.5.16	A16 WAND herstellen	6d	3 317,26	3 391,00	779,93	0,00	7 488,20
103	1.1.3.5.17	A17 WAND herstellen	14d	3 490,51	3 655,00	779,93	0,00	7 925,45
104	1.1.3.5.18	A18 WAND herstellen	5d	3 317,26	3 391,00	779,93	0,00	7 488,20
105	1.1.3.5.19	A19 WAND herstellen	14,13d	3 490,51	3 655,00	779,93	0,00	7 925,45
106	1.1.3.5.20	A20 WAND herstellen	8d	3 403,89	3 523,00	779,93	0,00	7 706,82
107	1.1.4	Baustelle räumen	5d	1 290,87	445,20	0,00	0,00	1 736,07
108	1.3	ÜBERGABE	1d	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

erstellt von Dipl.-Ing.Michael DUSCHEL	4/4	Dok.Nr.: BSP2-LIS Ressourcen Stand: 15.10.2019 Druckdatum: 02.11.2019
---	-----	---

Dipl.-Ing.Michael DUSCHEL Breitenfurterstr.394 1230 WIEN michael@duschel.com		PROZESSORIENTIERTE BAUKALKULATION Beilage 7 BEISPIEL STÜTZMAUER ABSCHNITT mit PROZESSKOSTEN			Dissertationsvorhaben TU WIEN Inst.f.interdisziplinäres Bauprojektmanagement Prof.KROPIK			
Row	BSP1-PZS	ID	Activity Desc.	ETC Labor / P	ETC Material / M	ETC Other Direct Cost / S	ETC Subcontract / F	EAC / PROGNOSE
1	LP2.MP01 – Herstellung ABSCHNITT 01			4 910,22	5 483,20	1 216,95	0,00	11 610,37
2	LP2.MP01	1.1.3.4.01	A01 FUNDAMENT herstellen	1 506,33	1 960,20	437,02	0,00	3 903,55
3	LP2.MP01	1.1.3.5.01	A01 WAND herstellen	3 403,89	3 523,00	779,93	0,00	7 706,82
4	LP2.MP01.EP1.1 – VORBEREITUNGSPROZESS A01 Fundament			401,63	169,50	42,50	1 200,00	1 813,63
5	LP2.MP01.EP1.1	1.1.3.3.1.1	A01 FU Aushub & Baugrubensicherung	126,00	29,50	42,50	1 200,00	1 398,00
6	LP2.MP01.EP1.1	1.1.3.3.1.6.1	A01 FU Sauberkeitsschicht herstellen	275,63	140,00	0,00	0,00	415,63
7	LP2.MP01.EP1.2 – FERTIGUNGSPROZESS A01 Fundament			1 506,33	1 960,20	0,00	0,00	3 466,53
8	LP2.MP01.EP1.2	1.1.3.4.01.2	A01 FU Schalung Fundament erstmalig errichten	302,40	49,20	0,00	0,00	351,60
9	LP2.MP01.EP1.2	1.1.3.4.01.3	A01 FU Bewehrung verlegen	740,88	924,00	0,00	0,00	1 664,88
10	LP2.MP01.EP1.2	1.1.3.4.01.4	A01 FU Beton einbringen	463,05	987,00	0,00	0,00	1 450,05
11	LP2.MP01.EP2.1 – FERTIGUNGSPROZESS A01 Wand			3 403,89	3 523,00	0,00	0,00	6 926,89
12	LP2.MP01.EP2.1	1.1.3.5.01.1	A01 WA Schalung S1i erstmalig aufstellen	589,05	225,50	0,00	0,00	814,55
13	LP2.MP01.EP2.1	1.1.3.5.01.2	A01 WA Bewehrung verlegen	1 049,90	1 383,50	0,00	0,00	2 433,40
14	LP2.MP01.EP2.1	1.1.3.5.01.3	A01 WA Schalung S1a inkl.Anker schliessen	589,05	225,50	0,00	0,00	814,55
15	LP2.MP01.EP2.1	1.1.3.5.01.4	A01 WA seitl.Schalung mit Fugenband herst.	86,63	132,00	0,00	0,00	218,63
16	LP2.MP01.EP2.1	1.1.3.5.01.5	A01 WA Beton einbringen	578,97	1 151,50	0,00	0,00	1 730,47
17	LP2.MP01.EP2.1	1.1.3.5.01.6	A01 WA Anker lösen u.S1a umsetzen	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
18	LP2.MP01.EP2.1	1.1.3.5.01.7	A01 WA Schalung S1i umsetzen	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
19	LP2.MP01.EP2.1	1.1.3.5.01.8	A01 WA seitl.Schalung entfernen	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20	LP2.MP01.EP2.1	1.1.3.5.01.9	A01 WA Ankerlöcher schließen Abdichtung aufbringen	510,30	405,00	0,00	0,00	915,30

erstellt von
Dipl.-Ing.Michael DUSCHEL

Dok.Nr.: BSP2-LIS Ressourcen
Stand: 15.10.2019
Druckdatum: 02.11.2019

Dipl.-Ing. Michael DUSCHEL Breitenfurterstr.394 1230 WIEN michael@duschel.com	PROZESSORIENTIERTE BAUKALKULATION Beilage 8 BEISPIEL STÜTZMAUER GROBTERMINPLAN SIMULATIONSRECHNUNG	Dissertationsvorhaben TU WIEN Ibb Inst.f. Interdisziplinäres Bauprojektmanagement Univ. Prof. KROPIK
--	--	---

Row	Act ID	Activity Desc.	D	ETC	EB	EF	2019																																							
							03				04				05				06				07				08				09															
							10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40									
1	1	STÜTZMAUER Vorgabe	113,75d	334 199,11	04.03.2019	28.08.2019																																								
2	1.1	ERRICHTUNG STÜTZMAUER	113,75d	334 199,11	04.03.2019	28.08.2019																																								
3	1.1.0	PROJEKT - DAUER für PjPks	113,75d	33 766,69	04.03.2019	28.08.2019																																								
4	1.1.1	AUSFÜHRUNGSPHASE	106,75d	300 432,42	11.03.2019	26.08.2019																																								
5	1.1.1.1	BAUVORBEREITUNGSPHASE	7d	4 050,83	11.03.2019	20.03.2019																																								
6	1.1.1.3	BAUPRODUKTIONSPHASE	94,75d	294 645,52	20.03.2019	19.08.2019																																								
7	1.1.1.3.0	PRODUKTIONS- DAUER für PdPksf	94,75d	26 011,72	20.03.2019	19.08.2019																																								
8	1.1.1.3.3	ERDARBEITEN A01-A20 abschnittsweise	11d	36 272,50	21.03.2019	05.04.2019																																								
9	1.1.1.3.4	FUNDAMENT A01-A20 abschnittsweise herstellen	51d	78 092,86	22.03.2019	12.06.2019																																								
10	1.1.1.3.5	WAND abschnittsweise herstellen	90,75d	154 268,45	27.03.2019	19.08.2019																																								
11	1.1.1.4	Baustelle räumen	5d	1 736,07	19.08.2019	26.08.2019																																								
12	1.1.3	ÜBERGABE	1d	0,00	19.08.2019	20.08.2019																																		19.08.2019						
13	2	STÜTZMAUER wirtschaftlich	96,75d	319 621,97	04.03.2019	31.07.2019																																								
14	2.1	ERRICHTUNG STÜTZMAUER	96,75d	319 621,97	04.03.2019	31.07.2019																																								
15	2.1.0	PROJEKTDauer für PjPks	96,75d	28 720,24	04.03.2019	31.07.2019																																								
16	2.1.1	AUSFÜHRUNGSPHASE	89,75d	290 901,73	11.03.2019	29.07.2019																																								
17	2.1.1.1	BAUVORBEREITUNGSPHASE	7d	4 050,83	11.03.2019	20.03.2019																																								
18	2.1.1.3	BAUPRODUKTIONSPHASE	79,75d	285 114,83	19.03.2019	22.07.2019																																								
19	2.1.1.3.0	Produktionsdauer für PdPksf	77,75d	21 344,71	20.03.2019	22.07.2019																																								
20	2.1.1.3.1	Einsatzdauer Fundamentschalung EIPdPksfuf	43d	1 704,09	22.03.2019	28.05.2019																																								
21	2.1.1.3.2	Einsatzdauer Wandschalung EIPdPksfWaf	77,25d	2 444,96	19.03.2019	18.07.2019																																								
22	2.1.1.3.3	ERDARBEITEN abschnittsweise	12,50d	38 108,31	21.03.2019	09.04.2019																																								
23	2.1.1.3.4	FUNDAMENT abschnittsweise herstellen	40d	75 252,91	26.03.2019	27.05.2019																																								
24	2.1.1.3.5	WAND abschnittsweise herstellen	70,75d	146 259,85	02.04.2019	22.07.2019																																								
25	2.1.1.4	Baustelle räumen	5d	1 736,07	22.07.2019	29.07.2019																																								
26	2.1.3	ÜBERGABE	1d	0,00	16.07.2019	17.07.2019																																		16.07.2019						
27	3	STÜTZMAUER technologisch	40,25d	372 692,31	04.03.2019	06.05.2019																																								
28	3.1	ERRICHTUNG STÜTZMAUER	40,25d	372 692,31	04.03.2019	06.05.2019																																								
29	3.1.0	PROJEKTDauer für PjPks	40,25d	11 948,21	04.03.2019	06.05.2019																																								
30	3.1.1	AUSFÜHRUNGSPHASE	33,25d	360 744,09	11.03.2019	02.05.2019																																								
31	3.1.1.1	BAUVORBEREITUNGSPHASE	7d	20 537,65	11.03.2019	20.03.2019																																								
32	3.1.1.3	BAUPRODUKTIONSPHASE	30,50d	331 526,09	13.03.2019	30.04.2019																																								
33	3.1.1.3.0	Produktionsdauer für PdPksf	21,25d	29 169,03	20.03.2019	24.04.2019																																								
34	3.1.1.3.3	ERDARBEITEN abschnittsweise	4d	38 108,31	21.03.2019	26.03.2019																																								
35	3.1.1.3.4	FUNDAMENT abschnittsweise herstellen	12,50d	86 682,58	21.03.2019	09.04.2019																																								
36	3.1.1.3.5	WAND abschnittsweise herstellen	30,50d	177 566,17	13.03.2019	30.04.2019																																								
37	3.1.1.4	Baustelle räumen	5d	8 680,35	24.04.2019	02.05.2019																																								
38	3.1.3	ÜBERGABE	1d	0,00	24.04.2019	25.04.2019																																		24.04.2019						