

Institut für Geologie, Geotechnik und Baubetrieb
Technische Universität München

Anforderungen an die Bewertung des Fertigstellungsgrads von Bauwerken unter Verwendung eines Produktionsmodells

Dipl.-Ing. Bernd Schweibenz

Vollständiger Abdruck der von der Fakultät für Bauingenieur- und Vermessungswesen der Technischen Universität München zur Erlangung des akademischen Grades eines

Doktor-Ingenieurs

genehmigten Dissertation.

Vorsitzender: Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Thomas A. Wunderlich

Prüfer der Dissertation: 1. Univ.-Prof. Dr.-Ing. Hans-Jürgen Bösch
2. Univ.-Prof. Franz Remmer,
Universität der Bundeswehr München

Die Dissertation wurde am 21. Juni 2006 bei der Technischen Universität München eingereicht und durch die Fakultät für Bauingenieur- und Vermessungswesen am 8. September 2006 angenommen.

Inhaltsverzeichnis

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | EINLEITUNG | 1 |
| 1.1 | Motivation | 1 |
| 1.2 | Problemstellung und Ziel der Arbeit | 2 |
| 1.3 | Vorgehensweise | 3 |
| 2 | KALKULATION | 5 |
| 2.1 | Stand der Kalkulation im Bauwesen | 5 |
| 2.2 | Probleme der bisherigen Kalkulationsweise | 10 |
| 2.3 | Einführung einer prozessorientierten Kalkulation | 15 |
| 2.4 | Kalkulationsbausteine für die Kalkulation von Prozessen | 23 |
| 2.5 | Strukturen für die prozessorientierte Kalkulation | 31 |
| 3 | PRODUKTIONS- UND ABLAUFPLANUNG | 41 |
| 3.1 | Grundlagen der Produktions- und Ablaufplanung | 41 |
| 3.2 | Stand der Produktions- und Ablaufplanung | 46 |
| 3.3 | Probleme der derzeitigen Produktions- und Ablaufplanung | 51 |
| 3.4 | Produktionsplanung auf Grundlage von Prozessen | 55 |
| 4 | FERTIGUNGSABSCHNITTE ALS GRUNDLAGE DES PRODUKTIONSMODELLS | 62 |
| 4.1 | Herleitung der Fertigungsabschnitte | 62 |
| 4.2 | Mengenermittlung im Bauwesen | 67 |
| 4.3 | Mengenermittlung auf Basis von Fertigungsabschnitten | 76 |
| 4.4 | Vorteile der Mengenermittlung auf Basis von Fertigungsabschnitten | 79 |

| | | |
|----------|--|------------|
| 5 | ERMITTLUNG DES FERTIGSTELLUNGSGRADS ANHAND VON FERTIGUNGS- | |
| | ABSCHNITTEN | 83 |
| 5.1 | Fertigungsabschnitte als Grundlage eines Produktionsmodells | 83 |
| 5.2 | Anforderungen an die Ermittlung des Fertigstellungsgrads | 87 |
| 5.3 | Beispiel | 93 |
| 5.4 | Vorteile | 97 |
| 6 | PRODUKTIONSSTEUERUNG ANHAND DES BAUWERKMODELLS | 99 |
| 6.1 | Der Fertigungsabschnitt als Ausgangsbasis für die Produktionssteuerung | 99 |
| 6.2 | Erfassung der Ist-Werte für Einsatzmittel und Material | 101 |
| 6.3 | Soll-Ist-Vergleiche und Prognosen | 104 |
| 6.4 | Fazit | 107 |
| 7 | ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK | 108 |
| 7.1 | Zusammenfassung | 108 |
| 7.2 | Ausblick | 110 |
| | LITERATURVERZEICHNIS | 114 |
| | ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS | 121 |

Abbildungsverzeichnis

| | |
|---|----|
| Abbildung 1: Zuordnungsmatrix technische und kaufmännische Kostenarten | 9 |
| Abbildung 2: Beispiel für die Struktur eines Bauarbeitsschlüssels | 12 |
| Abbildung 3: Der Prozess als Transformationselement..... | 19 |
| Abbildung 4: Allgemeine Darstellung des Prozesses | 23 |
| Abbildung 5: Beispiel Teilprozess Boden lösen und laden | 24 |
| Abbildung 6: Beispiel für die Kalkulation eines diskontinuierlichen Prozesses | 28 |
| Abbildung 7: Beispiel für zwei Teilprozesse Einschalen und Ausschalen in einer Position..... | 29 |
| Abbildung 8: Gliederung eines Leistungsverzeichnisses nach GAEB | 32 |
| Abbildung 9: Beispiel für eine Prozessstruktur | 39 |
| Abbildung 10: Darstellung der Anordnungsbeziehungen..... | 42 |
| Abbildung 11: Schema der Bauablaufplanung nach Bauer | 47 |
| Abbildung 12: Teilprozesskette als Balkenplan am Beispiel einer Stahlbetonwand..... | 57 |
| Abbildung 13: Tabellarische Darstellung der Teilprozesskette am Beispiel einer Stahlbetonwand . | 57 |
| Abbildung 14: Übersicht Geräte- und Materialbedarf für einen Fertigungsabschnitt | 58 |
| Abbildung 15: Beispiel Kalkulationsbaustein Einschalen – Vorhaltemenge Schalung | 59 |
| Abbildung 16: Beispiel Kalkulationsbaustein Betonieren – Materialbedarf Beton..... | 59 |
| Abbildung 17: Übersicht Vergütung für einen Fertigungsabschnitt..... | 60 |
| Abbildung 18: Übersicht Soll-Aufwand für einen Fertigungsabschnitt | 60 |
| Abbildung 19: Beispiel für eine standardisierte Teilprozesskette | 63 |
| Abbildung 20: Beispiel – Spezifische Fertigungsabschnitte abgeleitet aus einem Standard- Element | 65 |
| Abbildung 21: Struktur für die Fertigungsabschnitte | 65 |
| Abbildung 22: Dreidimensionale Schrägansicht Wände Obergeschoss Beispielgebäude..... | 66 |
| Abbildung 23: Formelgruppen nach GAEB-VB 23.004 | 69 |
| Abbildung 24: Beispiel Fertigungsabschnitt Stahlbetonwand eingeschalt..... | 71 |
| Abbildung 25: Beispiel für Abrechnungsmenge und Prozessmenge eines Fertigungsabschnitts | 72 |
| Abbildung 26: Beispiel eines Aufmaßes gemäß REB 23.003 | 73 |
| Abbildung 27: Beispiel für die Anwendung eines selbst registrierenden Messgeräts..... | 74 |
| Abbildung 28: Beispiel für einen Auszug aus einer Bauteilliste für Stützen..... | 75 |
| Abbildung 29: Beispiel für die Datentabelle einer Mengenermittlung..... | 77 |
| Abbildung 30: Ausschnitt eines Fertigungsabschnitts - Prozessmengen und Abrechnungsmengen. | 77 |
| Abbildung 31: Beispiel zur Ermittlung der Abrechnungsmenge Schalen Seite 1 | 78 |
| Abbildung 32: Beispiel zur Ermittlung der Abrechnungsmenge Schalen Seite 2 | 78 |
| Abbildung 33: Beispiel zur Ermittlung der Abrechnungsmenge Mattenstahl..... | 78 |
| Abbildung 34: Beispiel zur Ermittlung der Abrechnungsmenge Stabstahl | 78 |
| Abbildung 35: Beispiel zur Ermittlung der Abrechnungsmenge Beton | 79 |
| Abbildung 36: Beispiel zur Ermittlung der Prozessmenge Schalen Seite 1 | 79 |
| Abbildung 37: Beispiel zur Ermittlung der Prozessmenge Schalen Seite 2 | 79 |

| | |
|---|-----|
| Abbildung 38: Allgemeiner Aufbau und Gliederung einer Bauwerkstruktur..... | 85 |
| Abbildung 39: Ablaufschema für das Anlegen eines Produktionsmodells | 86 |
| Abbildung 40: Beispiel für die Produktionsplanung der Wände OG 1 des Beispielgebäudes..... | 88 |
| Abbildung 41: Tabellarische Darstellung eines Fertigungsabschnitts zur die Erfassung des..... Fertigungsdatums | 88 |
| Abbildung 42: Angebotsleistungsverzeichnis des Beispielgebäudes | 89 |
| Abbildung 43: Position und Abrechnungsmenge in der Teilprozesskette | 90 |
| Abbildung 44: Tabellarische Ermittlung der Voraussichtlichen Abrechnungsmengen..... | 91 |
| Abbildung 45: Tabelle zur Ermittlung des Fertigstellungsgrads in Bezug auf Mengen..... | 92 |
| Abbildung 46: Bauwerkstruktur des Beispielprojekts | 93 |
| Abbildung 47: Darstellung des Produktionsmodells zur Erfassung des Fertigstellungsgrads..... | 94 |
| Abbildung 48: Erfassung des Fertigstellungsgrads für das Geschoss OG 1..... | 95 |
| Abbildung 49: Fertigstellungsgrad des Beispielgebäudes zum Stichtag strukturiert nach Positionen | 95 |
| Abbildung 50: Fertigstellungsgrad des Beispielgebäudes in Bezug auf Mengen und Vergütung..... | 96 |
| Abbildung 51: Mögliche Erfassung der Ist-Dauern je Teilprozess..... | 101 |
| Abbildung 52: Beispiel zur Ist-Erfassung der Arbeiterstunden | 102 |
| Abbildung 53: Ausschnitt aus der Tabelle der Fertigungsabschnitte | 103 |
| Abbildung 54: Mögliche Erfassung von Lieferscheinen | 104 |
| Abbildung 55: Ermittlung des Soll-Aufwands über die Fertigungsabschnitte | 105 |
| Abbildung 56: Beispiel für eine Ausbaustruktur | 111 |
| Abbildung 57: Erweiterung der Liste der Fertigungsabschnitte um Mängelinformationen | 113 |

Formelverzeichnis

| | |
|--|-----|
| Formel 1: Dauerberechnung eines kontinuierlichen Prozesses..... | 27 |
| Formel 2: Berechnung des Aufwandswerts bei einem kontinuierlichen Prozess | 27 |
| Formel 3: Dauerberechnung eines diskontinuierlichen Prozesses | 30 |
| Formel 4: Berechnung der Produktionsgeschwindigkeit | 30 |
| Formel 5: Berechnung der Einsatzzahl E..... | 30 |
| Formel 6: Ermittlung des Lohnanteils am Einheitspreis eines Nachunternehmers | 38 |
| Formel 7: Rangbestimmung eines Nachfolgevorgangs | 44 |
| Formel 8: Allgemeine Produktionsfunktion | 44 |
| Formel 9: Produktionsfunktion nach Burkhardt | 44 |
| Formel 10: Berechnung der Produktionsgeschwindigkeit über die Dauer | 45 |
| Formel 11: Produktionsfunktion zur Darstellung der Produktionsgeschwindigkeit..... | 55 |
| Formel 12: Produktionsfunktion für kontinuierliche Prozesse | 55 |
| Formel 13: Zusammenhang zwischen Volumen, Produktionsgeschwindigkeit und Dauer | 56 |
| Formel 14: Produktionsfunktion für diskontinuierliche Prozesse..... | 56 |
| Formel 15: Dauer einer Teilprozesskette | 56 |
| Formel 16: Budget-Aufwand für eine bestimmte Abrechnungsmenge | 60 |
| Formel 17: Soll-Aufwand für einen Teilprozess..... | 61 |
| Formel 18: Fertigstellungsgrad einer Position des Leistungsverzeichnisses | 92 |
| Formel 19: Fertigstellungsgrad eines Bauwerks in Währungseinheiten..... | 92 |
| Formel 20: Ermittlung der Soll-Lohnstunden über mehrere Positionen..... | 104 |
| Formel 21: Bestimmung der durchschnittlich erforderlichen Personalkapazität..... | 110 |

1 Einleitung

1.1 Motivation

Aufgabe der Bauproduktion ist die Herstellung eines Bauwerks. Das Bauwerk steht im Mittelpunkt der Bauabwicklung. Bislang existiert im Bauwesen kein durchgängiges Datenmodell von der Planung über die Bauausführung bis hin zur Abrechnung. Nach wie vor sind Inkonsistenzen und Redundanzen bei der Datenhaltung üblich und Mehrfacharbeiten im Laufe eines Projekts kaum zu vermeiden. Angefangen bei der Mengenermittlung über Ablaufplanung, Produktionsplanung und Kalkulation bis hin zu Erfassung des Fertigstellungsgrads, Aufmaß und Abrechnung sowie Erfassung der Ist-Werte mit anschließenden Soll-Ist-Vergleichen und Prognosen werden die Daten in unterschiedlichen Strukturen parallel erfasst, verwaltet und ausgewertet.

Als Ergebnis der Planung liegen derzeit fast ausschließlich zweidimensionale Planunterlagen vor. Auf Grundlage dieser Pläne wird die Leistungsbeschreibung erstellt, die zusammen mit weiteren Unterlagen, wie z.B. Vorbemerkungen, Zusätzlichen und Besonderen Vertragsbedingungen sowie Normen die Angebotsgrundlage für die Bieter definiert. Für die Angebotsbearbeitung sind mehrere Aufgaben zu erledigen. In der Kalkulation wird der Angebotspreis auf Grundlage der Leistungsbeschreibung ermittelt. Im Falle eines Einheitspreisvertrags sind die Einheitspreise für die Positionen zu kalkulieren. Die maßgebliche Struktur ist die Struktur des Leistungsverzeichnisses. Die einzelnen Kalkulationsansätze ergeben sich aus Anfragen bei Lieferanten und Nachunternehmern sowie aus der Ablaufplanung und der Produktionsplanung.

Für die Ablaufplanung werden Pläne auf Grundlage von Vorgängen erstellt. Die Produktionsplanung orientiert sich dagegen an der Struktur des Bauwerks mit Bezug auf die einzelnen Fertigungsabschnitte. Für beide Aufgaben sind die Mengen entsprechend der gewählten Struktur zu ermitteln. Da die Strukturen der Ablaufplanung und der Produktionsplanung in der Regel nicht identisch gewählt sind, führt dies dazu, dass die jeweiligen Daten in parallelen Strukturen zum großen Teil redundant vorliegen. Dies betrifft insbesondere die Mengenermittlung als Voraussetzung für die Disposition und die Soll-Ist-Vergleiche.

Aufmaß und Abrechnung erfolgen für das fertig gestellte Bauwerk. Die einzelnen Produktionsstufen sind hierfür nicht relevant. Das für Abrechnung und Leistungsmeldung notwendige Aufmaß wird auf Grundlage der Positionen vorgenommen. Durch die Mengenermittlung auf Grundlage des Leistungsverzeichnisses liegt eine weitere Struktur für die Mengenermittlung vor. Die Eingangsdaten für die Mengenermittlung des Aufmaßes sind in den Planunterlagen zu finden. Die relevanten Werte werden in die Mengenermittlungen übernommen und die Ergebnisse den Positionen zugeordnet. Dies erfolgt in der Regel monatlich. Damit sind die Perioden vorgegeben. Eine ereignisorientierte Ermittlung des Fertigstellungsgrads findet derzeit nicht statt.

Der Fertigstellungsgrad wird für die Vorgänge und für die Leistung angegeben. Soll-Ist-Vergleiche werden vorgenommen für Arbeiterstunden, in der Regel mit Bezug auf einen Bauarbeitsschlüssel,

Gerätestunden, Kostenarten und die Vorgänge der Ablaufplanung. Somit liegen für diese Aufgaben unterschiedliche Strukturen vor.

Eine gemeinsame Bezugsgröße für die genannten Aufgaben innerhalb der Projektabwicklung würde eine enorme Arbeitserleichterung innerhalb der Produktionsplanung und -steuerung darstellen und die Transparenz während der Abwicklung deutlich erhöhen. Eine ereignisorientierte Ermittlung des Fertigstellungsgrads mit Bezug auf das Aufmaß und die darauf aufbauenden Soll-Ist-Vergleiche mit Prognosen würden eine ebenfalls ereignisorientierte Steuerung ermöglichen.

1.2 Problemstellung und Ziel der Arbeit

Ziel der Arbeit ist die Beschreibung der Anforderungen an ein für die Bauausführung geeignetes Produktionsmodell als Grundlage für die Produktionsplanung und -steuerung. Anhand dieses Produktionsmodells sollen sowohl die ereignisorientierte Bewertung des Fertigstellungsgrads eines Bauwerks als auch darauf aufbauend Soll-Ist-Vergleiche möglich sein.

Ein Produktionsmodell wird geschaffen durch Verbindung eines Produktmodells mit dem zugehörigen Prozessmodell. Jedem Element, d.h. Produkt des Produktmodells, wird der dem Produkttyp entsprechende Prozess des Prozessmodells zugewiesen. Für die Produktionsplanung und -steuerung ist daher an erster Stelle zu definieren, was als Produkt im Sinne von Ergebnis eines Produktionsprozesses betrachtet wird. Dazu ist eine sinnvolle und geeignete Einheit zu finden, die als Bestandteil eines Bauwerks mit verträglichem Aufwand im Rahmen der Soll-Ist-Vergleiche kontrolliert werden kann. Aufbauend auf diesen Kontrolleinheiten ist in Verbindung mit der Produktbeschreibung ein für die Bauproduktion geeignetes Produktmodell zu entwerfen, in dem die herzustellenden Produkte beschrieben und strukturiert abgebildet werden können¹. Die definierten Kontrolleinheiten sollen zudem die Grundlage für die Ermittlung des Fertigstellungsgrads eines Bauwerks bilden. Da der Fertigstellungsgrad eines Bauwerks sowohl hinsichtlich der Termine als auch in Bezug auf die ausgeführten Mengen betrachtet werden kann, wird ein Produktionsmodell der Ermittlung des Fertigstellungsgrads zugrunde gelegt. Durch die Verbindung von Prozess und Produkt ist damit eine Bewertung des Fertigstellungsgrads sowohl hinsichtlich der Termine als auch in Bezug auf die ausgeführten Mengen auf einer gemeinsamen Basis möglich. Die bisher übliche Vorgehensweise der Ablaufplanung anhand von Vorgängen rückt dabei in den Hintergrund.

Voraussetzung für die Einführung und Anwendung eines Produktionsmodells für die Bauabwicklung ist eine geeignete Struktur, um beide Modelle miteinander in Verbindung zu bringen. Dies wird erreicht durch ein Bauwerkmodell mit einer auf die Produktions- und Ablaufplanung ausgerichteten Struktur, welche definierte Teile eines Bauwerks als Produkte mit den zugehörigen Prozessen enthält. Das Bauwerk selbst dient zudem als Ausgangsbasis zur Bewertung des Fertigstellungsgrads.

¹ Vgl. Kuhne Carsten, Grundlagen und Entwurf eines Produktionsmodells für das Bauwesen, Dissertation TU München 2000, S. 182

Die Prozesse benötigen zur Realisierung eines Produkts Input. Für die Bauproduktion besteht der Input aus menschlicher Arbeitskraft, Geräten, Betriebsstoffen der Geräte, Bau- und Bauhilfsstoffen sowie Nachunternehmerleistungen. Diese sind entsprechend der geforderten Produkteigenschaften und gewählten Verfahrenstechnik zusammenzustellen und aufeinander abzustimmen. Für die einzelnen Prozesse ist der benötigte Input zu definieren und zu quantifizieren. Dies erfolgt im Rahmen der Kalkulation, wo die Angaben zum Input der einzelnen Prozesse inklusive deren Kosten sowie Leistungs- bzw. Aufwandswerten in den Positionen abgebildet werden. Da bei der bisherigen Kalkulationsweise und den darauf aufbauenden Soll-Ist-Vergleichen die zeitabhängigen Kosten nicht ausreichend berücksichtigt werden, sind die zeitabhängigen Kosten in der Kalkulation für eine Übernahme in die Ablaufplanung und Produktionsplanung geeignet zu integrieren.

Als Endergebnis soll eine für die genannten Aufgaben gemeinsame Struktur vorliegen, die als durchgängige Basis von der Kalkulation über die Planung und Steuerung der Bauproduktion bis hin zu Ermittlung des Fertigstellungsgrads, Aufmaß und Abrechnung dient. Diese gemeinsame Basis bildet ein Bauwerkmodell, das als Produktionsmodell zur Grundlage für Kalkulation, Mengenermittlung, Produktionsplanung und Aufmaß herangezogen werden kann. Dadurch entfallen Medienbrüche und Redundanzen aufgrund mehrfacher Erfassung und Verwaltung derselben Daten.

1.3 Vorgehensweise

Zu Beginn wird in Kapitel 2 die bisher übliche Kalkulationspraxis im Bauwesen rekapituliert und deren Defizite insbesondere im Hinblick auf die Abbildung der zeitabhängigen Kosten dargestellt. Es folgt die Einführung und Vorstellung einer prozessorientierten Kalkulation, welche die Abbildung der Fertigungsprozesse innerhalb der Kalkulation unter besonderer Berücksichtigung der zeitabhängigen Kosten der Einsatzmittel ermöglicht. Die Fertigungsprozesse werden dazu in kontinuierliche und diskontinuierliche Fertigungsprozesse klassifiziert.

Kapitel 3 beinhaltet die Vorgehensweisen zur Planung und Steuerung der Bauproduktion. Nach Erläuterung der Grundlagen und bisher üblichen Methoden folgt die Einführung der Produktionsplanung auf Basis von Fertigungsabschnitten und deren Fertigungsprozessen. Die Daten zum Input der Prozesse werden dazu direkt aus der Kalkulation in die Produktionsplanung übernommen. Im Mittelpunkt der Betrachtung stehen die einzelnen Fertigungsabschnitte des Bauwerks. Deren Herstellung wird jeweils anhand der spezifischen Teilprozesskette dargestellt. Die Teilprozesskette enthält sämtliche Teilprozesse, die zur Herstellung eines Fertigungsabschnitts erforderlich sind. In den Teilprozessen selbst sind die Daten aus der Kalkulation enthalten. Durch die Abbildung der Teilprozesse in Teilprozessketten liegen die Soll-Vorgaben auf den Fertigungsabschnitten strukturiert nach Teilprozessen vor. Die Angaben stehen sowohl für die Produktionsplanung als auch für Soll-Ist-Vergleiche zur Verfügung und können gezielt für die einzelnen Fertigungsabschnitte angegeben werden.

Kapitel 4 behandelt die Herleitung der Fertigungsabschnitte. Dazu werden erst Standard-Elemente ohne Mengenangaben angelegt, aus denen die spezifischen Fertigungsabschnitte abgeleitet werden.

Die Mengenermittlung erfolgt für die einzelnen Teilprozesse auf Grundlage der spezifischen Fertigungsabschnitte. Die Mengenermittlung ist notwendige Voraussetzung zur Quantifizierung des Inputs und des Outputs für einen Fertigungsabschnitt und damit auch für die Ermittlung des Fertigstellungsgrads eines Bauwerks. Zur Herleitung der Fertigungsabschnitte wird eine eigene Struktur angelegt.

Der Fertigstellungsgrad ist zentrales Thema in Kapitel 5. Zu Beginn wird ein Bauwerkmodell als Produktionsmodell auf Basis einer Bauwerkstruktur eingeführt. Die Fertigungsabschnitte sind Grundlage des Produktionsmodells und die zentralen Elemente für die Ermittlung des Fertigstellungsgrads. Im Bauwerkmodell selbst sind sämtliche Fertigungsabschnitte enthalten. Sie werden anhand der Bauwerkstruktur entsprechend dem realen Produktionsablauf abgebildet. Die Fertigungsabschnitte werden dazu aus der Struktur für die Fertigungsabschnitte in die Bauwerkstruktur kopiert. Durch das Kopieren der Fertigungsabschnitte auf die Bauwerkstruktur sind identische Fertigungsabschnitte lediglich einmal anzulegen. Die Ermittlung des Fertigstellungsgrads erfolgt auf Grundlage der fertig gestellten Fertigungsabschnitte. Die Abrechnungsmengen der Fertigungsabschnitte werden nach deren Fertigstellung summiert und den Voraussichtlichen Abrechnungsmengen je Position gegenübergestellt. Dadurch ist eine ereignisorientierte Ermittlung des Fertigstellungsgrads in Abhängigkeit vom Fertigstellungsdatum eines Fertigungsabschnitts möglich.

In Kapitel 6 wird auf die Produktionsteuerung anhand der Fertigungsabschnitte eingegangen. Neben der Ermittlung des Fertigstellungsgrads sind auf Grundlage der auf den Fertigungsabschnitten enthaltenen Daten Soll-Ist-Vergleiche für einzelne oder mehrere Fertigungsabschnitte möglich. Auf Basis der daraus erhaltenen Erkenntnisse kann das Soll in der Arbeitskalkulation modifiziert werden. Das geschaffene Produktionsmodell wird so zur durchgängigen Basis für die Planung und Steuerung der Bauproduktion sowie für die Mengenermittlung für das Aufmaß und die Ermittlung des Fertigstellungsgrads, für Leistungsmeldung und Abrechnung.

Kapitel 7 bildet den Abschluss mit einer kurzen Zusammenfassung und einem Ausblick auf weitere Entwicklungsmöglichkeiten.

Die einzelnen Aspekte werden an einem durchgängigen Beispiel dargestellt. Bei dem Beispiel handelt es sich um ein fiktives Bürogebäude, das von den Assistenten am Lehrstuhl für Tunnelbau und Baubetriebslehre entwickelt wurde und bereits in den Übungen zu den Vorlesungen Baubetrieb 1 bis 3 des Lehrstuhls Anwendung gefunden hat. Die zum Verständnis notwendigen Planunterlagen sind im Anhang beigelegt.

Für eine durchgängige Nomenklatur sowie zum besseren Verständnis der Arbeit ist im Anhang ein Glossar beigelegt. Dieses Glossar beinhaltet die wichtigsten Begriffe, die jeweils mit einer Begriffsdefinition versehen sind.

2 Kalkulation

2.1 Stand der Kalkulation im Bauwesen

Für die Kalkulation im Bauwesen existiert bislang keine Norm oder sonstige Vorschrift. Es herrscht grundsätzlich Kalkulationsfreiheit. Als Leitlinie wird vom Hauptverband der Deutschen Bauindustrie zusammen mit dem Zentralverband des Deutschen Baugewerbes die Kosten- und Leistungsrechnung der Bauunternehmen – KLR Bau herausgegeben. Diese kann als Vorlage für die derzeit übliche Kalkulationspraxis im Bauwesen angesehen werden.

Die KLR Bau teilt die Aufgaben des Rechnungswesens einer Bauunternehmung in die Bereiche Unternehmensrechnung mit Bilanz und Gewinn- und Verlustrechnung sowie die Kosten- und Leistungsrechnung. In der Kosten- und Leistungsrechnung wird weiterhin in die Bereiche unterschieden:

- Bauauftragsrechnung mit Vorkalkulation, Arbeitskalkulation und Nachkalkulation,
- Baubetriebsrechnung mit Kostenrechnung, Leistungsrechnung und Ergebnisrechnung,
- Soll-Ist-Vergleichsrechnung mit Vergleichen von Mengen und Werten und
- Kennzahlenrechnung in den drei vorgenannten Bereichen.

Die Vorkalkulation selbst gliedert sich in die Stufen Angebotskalkulation, Auftragskalkulation und Nachtragskalkulation. Da der Fokus der vorliegenden Arbeit auf der Bauauftragsrechnung und den darauf aufbauenden Soll-Ist-Vergleichen liegt, wird auf die anderen Bereiche nicht weiter eingegangen.

Nach der KLR Bau bestehen die Hauptaufgaben der Bauauftragsrechnung „in der Kostenermittlung vor, während und nach der Leistungserstellung“². Dabei werden die Kosten der für die Erstellung der Bauleistung benötigten bzw. verwendeten Dienste und Güter nach Menge und Wert ermittelt. Für eine möglichst zutreffende Einschätzung der voraussichtlichen Kosten ist ausreichende Kenntnis über die geplanten Verfahrenstechniken und den vorgesehenen Bauablauf notwendig.

2.1.1 Vorkalkulation

Die Vorkalkulation dient der Kostenermittlung vor Auftragserteilung zur Findung des Angebotspreises. Maßgebliche Größen sind nach KLR Bau Fertigungszeit, Fertigungsmenge, Leistungsansatz in Fertigungsmenge pro Zeiteinheit und Stundenansatz in Arbeitszeit pro Fertigungsmenge. Dies gilt einheitlich für die einzelnen Elemente der Bauauftragsrechnung.

2.1.1.1 Angebotskalkulation

Grundlage der Angebotskalkulation ist die Leistungsbeschreibung des Ausschreibenden. Dies kann entweder eine Leistungsbeschreibung mit Leistungsverzeichnis oder mit Leistungsprogramm sein. Da üblicherweise im Fall Ausschreibung mit Leistungsprogramm ein Leistungsverzeichnis auf Ba-

² Vgl. KLR Bau - Kosten- und Leistungsrechnung der Bauunternehmen, 7. Auflage 2001, S. 30

sis von Leistungspositionen vom Bieter selbst erstellt wird, ist die Bauauftragsrechnung anhand eines Leistungsverzeichnisses Grundlage für die weiteren Betrachtungen.

Die einzelnen Leistungspositionen, kurz Positionen genannt, werden mit den für die beschriebene Leistung notwendigen Kostenansätzen belegt. Früher kamen hierfür Formblätter zur Anwendung, heute ist die Verwendung von entsprechender Software gängige Praxis. In der Kalkulation erfolgt die Einschätzung der Kostenansätze durch den Kalkulator auf Grundlage der vorab getätigten Arbeitsvorbereitungsmaßnahmen. Dem Faktor Zeit kommt eine erhebliche Rolle innerhalb der Kalkulation zu. Dies betrifft vor allem den Leistungsansatz in Fertigungsmenge pro Zeiteinheit und den Stundenansatz in Arbeitszeit pro Fertigungsmenge.

Für die zur Verwendung kommenden Materialien werden konkrete Angebote bei Lieferanten eingeholt, so dass die einzelnen Kostenansätze je Mengeneinheit vorliegen. Für Hilfsstoffe und Betriebsstoffe werden in der Regel Erfahrungswerte angesetzt, die aus vorangegangenen Projekten und einer entsprechenden Nachkalkulation hergeleitet werden können. Die Kostenansätze sind normalerweise proportional zur auszuführenden Menge. Dies gilt analog für Nachunternehmerleistungen. Bei den Größen, die sich auf den Faktor Zeit beziehen, ist dies nicht der Fall. Die Fertigungszeit steht als vertraglich festgelegte Bauzeit³ zwar fest, sie stellt jedoch lediglich eine vertragliche Vorgabe dar, innerhalb derer sich die Fertigung des gesamten Bauwerks bewegen kann und darf. Die grundsätzliche Problematik bei der Angebotsbearbeitung besteht darin, Leistungsansätze und Stundenansätze in den einzelnen Kalkulationsansätzen der Positionen möglichst zutreffend abzuschätzen. Diese Werte sind die zentralen Eingangswerte für die Ablaufplanung und die Produktionsplanung.

Die Vorhaltekosten des Produktionsapparats werden für die Einsatzmittel und das Führungspersonal jeweils separat bestimmt und ausgewiesen. Bei Geräten berechnen sie sich aus kalkulatorischer Abschreibung und Verzinsung sowie Reparaturkosten⁴. Für die Einsatzmittel Aufsicht und Personal werden die Lohnkosten je Arbeiterstunde üblicherweise über die Mittellohnberechnung gemäß KLR Bau ermittelt. Für das Führungspersonal kommen die monatlichen Gehaltskosten zum Ansatz.

2.1.1.2 Auftragskalkulation

Die Auftragskalkulation ist die zum Zeitpunkt des Vertragsabschlusses gültige Angebotskalkulation. Die Auftragskalkulation ist entweder die unveränderte oder eine auf Grundlage der Auftragsverhandlungen abgeänderte Angebotskalkulation⁵.

Ergeben sich Änderungen gegenüber der Angebotsgrundlage, sind die Werte anzupassen. Leistungen können entfallen, geändert oder zusätzlich gefordert werden. Den maßgeblichen Größen Fertigungszeit, Fertigungsmenge, Leistungsansatz in Fertigungsmenge pro Zeiteinheit und Stundenansatz in Arbeitszeit pro Fertigungsmenge kommt hierbei erneut eine zentrale Stellung für die Kos-

³ Vgl. KLR Bau - Kosten- und Leistungsrechnung der Bauunternehmen, 7. Auflage 2001, S. 30

⁴ Vgl. BGL – Baugeräteliste 2001, Hrsg. Hauptverb. d. Dtsch. Bauindustrie, Ausgabe 2001

⁵ Vgl. KLR Bau - Kosten- und Leistungsrechnung der Bauunternehmen, 7. Auflage 2001, S. 88

tenbildung zu. Die Produktionsplanung mit zugehöriger Baustelleneinrichtungsplanung sowie die Materialbedarfsplanung sind ebenfalls an geänderte Verhältnisse anzupassen.

2.1.1.3 Nachtragskalkulation

Die Nachtragskalkulation wird für solche Bauleistungen erforderlich, die im Hauptauftrag nicht vereinbart worden sind. Je nach Sachlage ist dabei auf die Kalkulationsansätze der Angebotskalkulation zurückzugreifen. Zur weiteren Information wird auf die einschlägige Literatur und die Kommentare im Bereich der Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen (VOB) verwiesen.

2.1.2 Arbeitskalkulation

In der Arbeitskalkulation, auch Ausführungskalkulation genannt, erfolgt die Anpassung der Vorkalkulation im Rahmen der Arbeitsvorbereitungsmaßnahmen. Nach KLR Bau dient die Arbeitskalkulation folgenden Aufgaben⁶:

- Überprüfung des Preisniveaus der einzelnen Positionen,
- Richtlinie für die Bauleitung bei der wirtschaftlichen Abwicklung des Bauvorhabens,
- Vorgabe für die Kosten- und Leistungskontrolle mit Soll-Ist-Vergleichen,
- Grundlage für die monatliche Leistungsmeldung.

Die Spanne für Allgemeine Geschäftskosten sowie Gewinn und Wagnis wird als Differenz zwischen Auftragssumme und Herstellkosten ermittelt.

Im Rahmen der Arbeitskalkulation können einzelne Kalkulationsansätze detaillierter aufgeschlüsselt und die Kostenarten zur späteren Kosten- und Leistungsabgrenzung stärker untergliedert werden. Bei Bedarf erfolgt die Zuordnung von Leistungspositionen zu Arbeitspositionen durch Vergabe von Bauarbeitsschlüsseln (BAS). Die Kosten im Rechnungswesen und in der Kalkulation sind derselben Kostenart zuzuordnen, um eine Vergleichbarkeit zu ermöglichen.

Die Änderungen bei der Weiterführung zur Arbeitskalkulation beziehen sich auf⁷:

- veränderte Ausführungsmethoden und die damit verbundenen veränderten Kosten,
- Änderungen der Nachunternehmerkosten, z.B. durch Vergabe von Leistungen an Nachunternehmer, die als Eigenleistung kalkuliert sind und umgekehrt,
- Änderungen der Baustoffkosten,
- Unterschiede in den vom Auftraggeber ausgeschriebenen und den in der eigenen Arbeitsvorbereitung ermittelten Mengenansätzen im Leistungsverzeichnis, die so genannten voraussichtlich zu erbringenden Mengen,
- Veränderungen in den ausgeschriebenen Positionen, z.B. Austausch von Hauptpositionen des Leistungsverzeichnisses durch Alternativpositionen,
- Ausführung von Eventualpositionen,
- Wegfall von Positionen,

⁶ Vgl. KLR Bau - Kosten- und Leistungsrechnung der Bauunternehmen, 7. Auflage 2001, S. 31

⁷ Vgl. Prange, H. / Leimböck, E. / Klaus, U. R.: Baukalkulation, Bauverlag 1995, S.79ff

- zusätzliche oder geänderte Positionen,
- Bereinigung von Einflüssen der „Preispolitik“ bei Erstellung der Angebotskalkulation.

Dies wird realisiert durch Schaffung von so genannten Unterpositionen⁸. D.h. die Positionen werden unterteilt und den anfallenden Arbeiten gerecht strukturiert, um dadurch ein möglichst einfaches Vorgehen für die Leistungsmeldung zu schaffen.

2.1.3 Nachkalkulation

Im Rahmen der Nachkalkulation werden Wertansätze wie Stunden, Kosten, und Leistungen während und nach der Bauausführung für Soll-Ist-Vergleiche aufgezeichnet und um Erfahrungswerte für weitere Kalkulationen zu gewinnen. In diesem Zusammenhang wird unterschieden in technische und kaufmännische Nachkalkulation. Die technische Nachkalkulation erfasst den tatsächlichen Aufwand mengenmäßig bezogen auf die Teilleistungen. Sie liefert dadurch Erkenntnisse über die effektiven Aufwands- und Leistungswerte sowie den Materialverbrauch. Die kaufmännische Nachkalkulation erfasst die tatsächlichen Kosten und sortiert diese nach den Kostenartengruppen zur weiteren Auswertung⁹. Mit den Ergebnissen können bestehende Ansätze der Vorkalkulation auf Richtigkeit überprüft sowie mögliche Verlustquellen lokalisiert werden. Die technische Nachkalkulation beruht im Wesentlichen auf Tages- bzw. Wochenberichten, wie z.B. Tages- und Wochenstundenbericht, Maschinentagesbericht, Materialbericht, Versandschein, Bautagebuch und Stundenlohnbericht¹⁰. Die kaufmännische Nachkalkulation beinhaltet vor allem die Kostenartennachkalkulation sowie die Gegenüberstellung des kalkulierten Ergebnisses und des Ist-Ergebnisses.

2.1.4 Kostenarten, Kostenstellen und Kostenträger nach KLR Bau

2.1.4.1 Kostenarten nach KLR Bau

Der KLR Bau liegt eine Kostenartengliederung zugrunde, die aus den nachfolgenden acht Kostenartengruppen besteht:

1. Lohn- und Gehaltskosten für Arbeiter und Poliere
2. Kosten der Baustoffe und des Fertigungsmaterials
3. Kosten des Rüst-, Schal- und Verbaumaterials, der Hilfs- und Betriebsstoffe
4. Kosten der Geräte
5. Kosten der Geschäfts-, Betriebs- und Baustellenausstattung
6. Allgemeine Kosten
7. Fremdarbeitskosten
8. Kosten der Nachunternehmerleistungen.

⁸ Vgl. Prange, H. / Leimböck, E. / Klaus, U. R.: Baukalkulation, Bauverlag 1995, S.82

⁹ Vgl. Brecheler, W. / Friedrich, J. / Hilmer, A. / Weiß, R.: Baubetriebslehre – Kosten- und Leistungsrechnung – Bauverfahren, Vieweg Verlag, 1998 und Künstner, G.: REFA in der Baupraxis Teil 2 Datenermittlung, ztv-Verlag 2. Auflage 1984, S. 105

¹⁰ Vgl. Leimböck, E. / Schönnenbeck, H.: KLR Bau und Baubilanz, Bauverlag GmbH Wiesbaden und Berlin 1992, S. 102ff

Diese werden auch Hauptkostenarten genannt. Die Kostenartenrechnung hat aufzuzeigen, welche Kosten angefallen sind. Diese Gliederung soll die Forderungen erfüllen, dass sie für alle Teile des Unternehmens auch im Wiederholungsfall anwendbar ist. Innerhalb der Bauauftragsrechnung mit den unterschiedlichen Elementen der Kalkulation sowie der darauf aufbauenden Baustellensteuerung finden die oben aufgeführten Kostenartengruppen Anwendung als so genannte Technische Kostenarten. Die weitere Untergliederung kann firmenspezifisch erfolgen. In gängiger Software sind Vorschläge für die Strukturierung bereits enthalten¹¹.

| Zelle | Zellenart | Kommentar | Zellen-Text |
|-------|-----------|-----------|--|
| 1 | Zuordnung | | 11 Lohn, Gehalt incl. Zuschläge KLR |
| 2 | Zuordnung | | 12 Sozialkosten (gesetzl./tarifl.) KLR |
| 3 | Zuordnung | | 13 Sozialkosten (sonstige) KLR |
| 4 | Zuordnung | | 14 Lohn-, Gehaltsnebenkosten KLR |
| 5 | Zuordnung | | 1 Lohn KLR |
| 6 | Text | Leerzeile | |
| 7 | Zuordnung | | 21 Binde-, Zusatzmittel KLR |
| 8 | Zuordnung | | 22 Zuschlagstoffe KLR |
| 9 | Zuordnung | | 23 Straßenbaustoffe KLR |
| 10 | Zuordnung | | 24 Fertigmischgut KLR |
| 11 | Zuordnung | | 25 Beton-, Profilstahl KLR |
| 12 | Zuordnung | | 26 Spannstahl und Zubehör |
| 13 | Zuordnung | | 27 Steine KLR |
| 14 | Zuordnung | | 28 Ausbaustoffe KLR |
| 15 | Zuordnung | | 29 Sonstige Stoffe, Fertigteile KLR |
| 16 | Zuordnung | | 2 Stoffe KLR |
| 17 | Text | Leerzeile | |
| 18 | Zuordnung | | 31 Rüst-, Schalmaterial KLR |

| Schlüssel | Bezeichnung |
|-----------|------------------------------|
| 11 | Lohn, Gehalt incl. Zuschläge |

| Schlüssel | Bezeichnung |
|-----------|----------------------------------|
| 611 | Lohn, Gehalt incl. Zuschläge KLR |

Abbildung 1: Zuordnungsmatrix technische und kaufmännische Kostenarten

Die so genannten kaufmännischen Kostenarten entsprechen dem Baukontenrahmen (BKR) 87 nach KLR Bau, der den Betrieben als überbetriebliches Ordnungsschema und Richtlinie für die Ausarbeitung eigener Kontenpläne dient. Das notwendige Schema für die Zuordnung der Kaufmännischen zu den Technischen Kostenarten ist in der KLR Bau enthalten. Die kaufmännischen Kostenarten bestehen aus Hauptkostenarten, die in der Regel bis auf drei Stellen weiter untergliedert werden. Mit Hilfe einer Zuordnungsmatrix (vgl. Abbildung 1) wird der Zusammenhang zwischen kaufmännischen Kostenarten und technischen Kostenarten hergestellt.

2.1.4.2 Die Kostenstellen nach KLR Bau

Die Kostenstellenrechnung hat darüber Aufschluss zu geben, wo die Kosten entstanden sind¹². Die Bildung kann nach verschiedenen kombinierbaren Kriterien erfolgen, und zwar insbesondere nach

- räumlichen Gesichtspunkten,
- Funktionen,
- Verantwortungsbereichen,
- rechentechnischen Erwägungen.

Zur Feststellung, wo die Kosten anfallen, ist der betriebliche Produktionsprozess in organisatorisch abgrenzbare Untereinheiten als Kostenstellen aufzuteilen. Diese Aufteilung hat derart zu erfolgen, dass die Kostenarten soweit als möglich den Kostenstellen direkt zugeordnet werden können¹³. Die

¹¹ Vgl. Software ARRIBA®, Fa. RIB, Stuttgart

¹² Vgl. KLR Bau - Kosten- und Leistungsrechnung der Bauunternehmen, 7. Auflage 2001

¹³ Vgl. Prange, H. / Leimböck, E. / Klaus, U. R.: Baukalkulation, Bauverlag 1995, S.1

KLR Bau gliedert die Kostenstellen sowohl für die Bauauftrags- als auch für die Baubetriebsrechnung in

1. Verwaltung,
2. Hilfsbetriebe und Verrechnungskostenstellen und
3. Baustellen, mit der Unterteilung
 - eigene Baustellen
 - Gemeinschaftsbaustellen.

Für den Produktionsapparat einer Baustelle können bei Bedarf Unterkostenstellen gebildet werden.

2.1.4.3 Kostenträger nach KLR Bau

In der Kostenträgerrechnung werden die Kosten dem einzelnen Produkt bzw. den Produktgruppen zugeordnet. In der Bauwirtschaft sind normalerweise die Bauleistungen die eigentlichen Kostenträger. Die Bauleistungen werden in der Regel in einem Leistungsverzeichnis ausgeschrieben. Die in der KLR Bau aufgeführten anderen für den Markt bestimmten Leistungen, die ebenfalls als Kostenträger zu bezeichnen sind, werden nicht relevant für die vorliegende Arbeit.

2.2 Probleme der bisherigen Kalkulationsweise

2.2.1 Strukturelle Probleme der Kalkulation

Ziel der Kalkulation in der Angebotsphase ist, die Kosten der Bauproduktion möglichst zutreffend einzuschätzen¹⁴ unter der Prämisse, die minimalen Kosten bei sparsamstem Einsatz der Ressourcen zu ermitteln. Auf die Problematik marktgerechter Preise, die Ermittlung der Zuschläge sowie Spekulationen wird an dieser Stelle nicht weiter eingegangen.

Wird ein Angebot zum Auftrag, sind zwei Aspekte von grundlegender Bedeutung für die spätere Abwicklung des Projekts:

- 1) Die Kalkulation ist die Dokumentation der Preisbildung im Rahmen des Angebots bis hin zum Auftrag sowie die Grundlage für die Erstellung von Nachtragsangeboten. Der Faktor Zeit und damit die zeitabhängigen Kosten der Einsatzmittel haben einen entscheidenden Einfluss auf die Preisbildung. Die Kalkulationsansätze der zeitabhängigen Kosten sind so darzustellen und zu dokumentieren, dass deren Einfluss auf die Preisbildung ersichtlich ist.
- 2) Die Kalkulation ist Grundlage für die Kostenkontrolle und die Kostensteuerung. Kostenkontrolle und Kostensteuerung erfolgen anhand von Soll-Ist-Vergleichen. Da die zeitabhängigen Kosten der Einsatzmittel der maßgebende Faktor für das Projektergebnis sind, werden die zeitabhängigen Kosten der Einsatzmittel ebenfalls maßgebend für die Kostenkontrolle und die Kostensteuerung. Sie sind die zentrale Größe der Soll-Ist-Vergleiche im Rahmen der Bauproduktion.

¹⁴ Im Englischen wird die Kalkulation als „estimate“ (Schätzung) bezeichnet. Vgl. dazu auch Pause, H. und Schmieder, F.: Baupreis und Baupreiskalkulation, Verlag Rudolf Müller, 2. Auflage 1992, S. 10

Bereits in der Angebotskalkulation ist eine Abbildung der Soll-Kosten durch eine Kostenstruktur anzustreben, die im Falle des Auftrags die beiden genannten Forderungen erfüllt. Dies ist bei der derzeitigen Struktur der Kalkulation nicht gewährleistet. Aufbau und Struktur der Bauauftragsrechnung nach KLR Bau orientieren sich primär an den kaufmännischen Erfordernissen. Der Kostenartenschlüssel der KLR Bau ist auf die Struktur der Betriebsbuchhaltung und des Rechnungswesens ausgelegt. Die Buchung der Ist-Kosten erfolgt auf den Kontenrahmen der kaufmännischen Kostenarten. Der Kosten-Soll-Ist-Vergleich beinhaltet einen Vergleich von Soll- und Ist-Kosten gegliedert nach kaufmännischen Kostenarten und bezieht sich auf die kumulierten Kosten je Kostenart. Da lediglich die Höhe der Kosten verglichen wird, ist ein Bezug zu den Mengenansätzen und vor allem zum Faktor Zeit nicht vorhanden. Damit entfällt auch der direkte Bezug zu den zeitabhängigen Kosten der Einsatzmittel, wie z.B. Leistungsansatz oder Stundenaufwand. Für die Identifizierung der Ursachen von Abweichungen werden daher weitere Untersuchungen notwendig¹⁵. Zur Verdeutlichung dienen folgende zwei Fälle:

- 1) Bei einem Soll-Ist-Vergleich wird festgestellt, dass sich ein Mehrverbrauch bei einer bestimmten Betonsorte ergeben hat. Die Information, wo und wodurch sich dieser Mehrverbrauch ergeben hat, geht aus dem Soll-Ist-Vergleich allein nicht hervor. Die Ursache kann in einer Überschreitung des Mengenansatzes nach § 2 Nr. 3 VOB Teil B liegen, in einem Fehler der Buchhaltung oder einer Änderung des Bauentwurfs nach § 2 Nr. 5 VOB Teil B bzw. einer nicht vorgesehenen Leistung nach § 2 Nr. 6 VOB Teil B oder in einer nicht zutreffenden Erfassung der Lieferscheine. Allein aus der Information, dass eine Abweichung vorliegt, kann weder die Ursache noch der zugehörige Prozess identifiziert werden.
- 2) Bei einem Soll-Ist-Vergleich der Herstellung einer Betontragschicht wird festgestellt, dass die Lohnkosten zu hoch sind. Allein aus dieser Feststellung ist nicht ersichtlich, ob die Ursache in den Einrichtungskosten des Fertigerbetriebs, in einem nicht erreichten Leistungsansatz (Produktionsgeschwindigkeit) oder in einem abweichenden Mittellohn liegt. Um dies herauszufinden, sind weitere Recherchen der Bauleitung notwendig.

Dazu dienen die technischen Soll-Ist-Vergleiche, die eine kurzfristige Betrachtung der Kosten losgelöst von der Betriebsbuchhaltung ermöglichen. Da die Bauproduktion auf Grundlage von festgelegten Fertigungsabschnitten erfolgt, ist es das Ziel, die Planung und Steuerung der Bauproduktion ebenfalls auf Grundlage von Fertigungsabschnitten vorzunehmen. Durch Bezug auf Fertigungsabschnitte können die Ursachen von Abweichungen ereignisorientiert und verursachergerecht identifiziert werden.

Die zeitabhängigen Kosten ergeben sich durch die Einsatzmittel Personal und Gerät. Aus deren Zusammenspiel resultiert eine Leistung, über die die Kosten je Mengeneinheit errechnet werden. Für eine effektive Baustellensteuerung mit Prognose der zeitabhängigen Kosten ist es daher notwendig, neben Soll-Ist-Vergleichen von Anzahl bzw. Menge der Einsatzmittel auch Soll-Ist-Vergleiche von

¹⁵ Vgl. Rohr, S. / Schweibenz, B.: Kalkulation auf Basis von Prozessen in Workshop DS 2001, Editor Beran, V. und Nowak, J., Fakultät Bauwesen der TU Prag 2001

Leistungswerten bzw. Aufwandswerten vorzunehmen. Da aus der Betriebsbuchhaltung keine Informationen über die zeitabhängigen Kosten der einzelnen Prozesse vorliegen, sind diese Informationen auf der Baustelle zu sammeln. Die Abrechnungsperioden laufen traditionell von Monatsende zu Monatsende¹⁶. Die Buchung der Kosten erfolgt normalerweise losgelöst von der Baustelle zentral in der Niederlassung. Dadurch sind ereignisorientierte Kostenkontrollen auf Grundlage der Kostenarten als zeitnahe Leistungskontrolle nicht möglich. Neben einem Kosten-Soll-Ist-Vergleich finden daher zur Steuerung der Bauproduktion Soll-Ist-Vergleiche für Arbeiterstunden, Gerätestunden und Materialmengen Anwendung.



Abbildung 2: Beispiel für die Struktur eines Bauarbeitsschlüssels¹⁷

Der Soll-Ist-Vergleich von Arbeiterstunden ist als Kontrollverfahren für lohnintensive Bauarbeiten vorgesehen. Dieser Soll-Ist-Vergleich basiert nach KLR Bau auf einem Bauarbeitsschlüssel (BAS). Dem BAS werden entweder ganze Positionen oder einzelne Aufwandswerte in den Kalkulationsansätzen zugeordnet. Ein direkter Bezug zu einzelnen Fertigungsabschnitten eines Bauwerks besteht nicht. Bei bisherigen Vorschlägen wird lediglich der Bauteiltyp, wie z.B. Schalen Fundamente, in der zweiten Gliederungsebene berücksichtigt (vgl. Abbildung 2). Eine Anzahl von über 30 Schlüsseln ist dabei möglich¹⁸. Bei Bezug auf einzelne Fertigungsabschnitte wäre der BAS um die konkrete Angabe des Ortes in dritter Ebene zu ergänzen, was zu einem enormen Aufwand sowohl bei der Zuordnung der BAS als auch bei deren Erfassung führen würde. Bei zunehmender Untergliederung wird die Struktur komplex und unübersichtlich. Somit ist der BAS nur bedingt geeignet, um bei den Arbeiterstunden Abweichungen vom Soll zu lokalisieren.

¹⁶ Vgl. Prange, H. / Leimböck, E. / Klaus, U. R.: Baukalkulation, Bauverlag 9. Auflage 1995, S. 79: „In der Regel werden monatliche Leistungsmeldungen erstellt, die als Grundlage für die Rechnungsschreibung dienen.“ Weiterhin wird auf Seite 29 darauf hingewiesen, dass zwischen Leistungserbringung und Eingang der Abschlagszahlungen in der Regel 6 Wochen liegen.

¹⁷ Vgl. Software ARRIBA®, Fa. RIB, Stuttgart

¹⁸ Vgl. Drees, G. / Paul, W.: Kalkulation von Baupreisen, Bauverlag, 7. Auflage 2002. Dies entspricht der Gliederung nach REFA, siehe Künstner, Gerhard: REFA in der Baupraxis Teil 2 Datenermittlung, ztv-Verlag Frankfurt, 2. Auflage 1984, S. 105ff

Die Rapportierung der geleisteten Arbeiterstunden nach BAS ist Voraussetzung für die Bestimmung der Ist-Aufwandswerte. Werden die Rapporte - wie im Regelfall - in der zentralen Lohnbuchhaltung ausgewertet, zieht dies dieselben Probleme wie beim Kosten-Soll-Ist-Vergleich nach sich. Die Auswertung erfolgt monatlich und somit zu spät für ereignisorientierte Soll-Ist-Vergleiche.

Der Geräte-Soll-Ist-Vergleich dient zur Überwachung der Geräteleistung bei maschinenintensiven Arbeiten¹⁹. Er wird in der Regel bei kontinuierlich laufenden maschinenintensiven Fertigungsprozessen angewendet. Ein zentraler Punkt liegt in der korrekten Abgrenzung der einzelnen Teilleistungen, die getrennt in verschiedenen Positionen ausgeschrieben sind. Ein Geräte-Soll-Ist-Vergleich lohnt sich oftmals nur für solche Geräte, die als Spezialgeräte für bestimmte Teilleistungen eingesetzt werden. Bei gleich bleibender Mannschaftsstärke ist der Soll-Ist-Vergleich der Arbeiterstunden parallel dazu möglich. Als Kontrollinstrument für lohnintensive Arbeiten ist der Geräte-Soll-Ist-Vergleich nicht geeignet.

Der Material-Soll-Ist-Vergleich dient der Kontrolle des Materialverbrauchs. Er ist insbesondere dort notwendig, wo starke Abweichungen beim Materialverbrauch auftreten können. Dies ist z.B. der Fall im Tunnelbau, wo infolge von Überprofilen ein erhöhter Verbrauch an Spritzbeton für die Primärsicherung oder an Ortbeton für die Herstellung der Innenschale resultiert. Der Material-Soll-Ist-Vergleich ist in der Regel ohne spezielles Berichtswesen möglich durch Gegenüberstellung der Soll- und Ist-Mengen. Ein Vergleich von Liefermenge und Abrechnungsmenge berücksichtigt jedoch nicht die Unterschiede, die sich zwischen den tatsächlich herzustellenden Mengen und den Abrechnungsmengen gemäß den Allgemeinen Technischen Vertragsbedingungen, VOB Teil C, ergeben. Als Steuerungselement ist ein Material-Soll-Ist-Vergleich demnach nur bedingt geeignet.

Der Zusammenhang zwischen Menge und dem Faktor Zeit - und damit der dynamische Charakter der zeitabhängigen Kosten - wird innerhalb der bisher angewandten Soll-Ist-Vergleiche für eine Baustellensteuerung nicht ausreichend berücksichtigt. Die Vergleiche beziehen sich vor allem auf Mengen und Werte, nicht aber auf die Produktionskennzahlen wie Leistungsansätze oder Produktionsgeschwindigkeiten eines Betriebs. Um Abweichungen bei den Aufwands- oder Leistungswerten feststellen zu können, sind weitere Auswertungen im Rahmen der technischen Nachkalkulation notwendig. Die auf den Faktor Zeit bezogenen Kosten sind auf die ausgeschriebene Mengeneinheit umzurechnen. Für die kontinuierlich laufenden Fertigungsprozesse wird die (technische) Leistung L angegeben, in der Regel als Dauerleistung L_n ²⁰. Für die nicht kontinuierlich laufenden Fertigungsprozesse, wie sie im Hochbau üblich sind, liegt der Zeitbezug für die Einsatzmittel Personal und Gerät getrennt vor. Die zeitabhängigen Kosten des Personals sind über den Aufwandswert w in Arbeiterstunden pro Mengeneinheit berücksichtigt, für Gerät sowie Schalung und Rüstung entweder über die Mietdauer in Monaten oder die Einsatzzahl E in Einsätzen je Monat. Für eine Hochrech-

¹⁹ Vgl. Brecheler, W. /Friedrich, J. /Hilmer, A. / Weiß, R.: Baubetriebslehre – Kosten- und Leistungsrechnung – Bauverfahren, Vieweg Verlag, 1998, S. 159ff

²⁰ Die Berechnungsmodalitäten sind in der baubetrieblichen Literatur zu finden. Die vorliegende Nomenklatur bezieht sich auf Bösch, H.-J.: Vorlesung Baumaschinen, Lehrstuhl für Tunnelbau und Baubetriebslehre TU München, 2003 und das zugehörige Skriptum

nung der voraussichtlichen Dauern und Kosten bis zum Projektende sind Soll-Ist-Vergleiche für diese Werte erforderlich.

Bei Anwendung des BAS liegen die Gesamt-Soll-Stunden für den Stunden-Soll-Ist-Vergleich zwar vor, sie sind aber weder auf konkrete Fertigungsabschnitte noch auf die gewählte Verfahrenstechnik bezogen. Für die Ermittlung der Ist-Aufwandswerte je Position oder je Fertigungsabschnitt wären sowohl die Soll-Stunden als auch die Ist-Stunden getrennt für die einzelnen Positionen oder Fertigungsabschnitte zu erfassen. Dies würde ein paralleles Arbeiten in zwei Strukturen bedeuten mit einem entsprechend hohen Aufwand sowohl bei der Erfassung der Daten als auch bei deren Auswertungen im Rahmen der Nachkalkulation. Die grundsätzlichen Probleme zeigen sich bei den Stundenansätzen und den Kostenansätzen für Schalung und Rüstung. Der Aufwandswert w wird in der Kalkulation zwar angegeben, die Personalstärke im Normalfall jedoch nicht. Dadurch ist die geplante Personalstärke nicht dokumentiert. Eine übliche Variante für die Kalkulation der Kosten von Schalung und Rüstung besteht darin, nur eine Budgetvorgabe in Euro je ausgeschriebene Mengeneinheit, wie z.B. 7,- €/m² Wandschalung anzusetzen. Anhand eines Budgetwerts ist jedoch nur ein Kostenarten-Soll-Ist-Vergleich möglich. Produktionsrelevante Angaben wie Einsatzzahlen oder Vorhaltdauern sind daraus nicht ersichtlich.

Die Vorhaltemenge wird bisher ebenfalls nicht ausreichend dokumentiert. Ist diese in den Positionen nicht explizit angegeben, kann sie lediglich über Ansätze für die einmaligen Kosten, wie z.B. Transportmenge oder Montageaufwand hergeleitet werden.

Fehlen die Angaben zu Personalstärke, Vorhaltdauern und Einsatzzahlen, sind die entsprechenden Annahmen nach Beauftragung innerhalb der Arbeitsvorbereitung zu tätigen. Die Kalkulation bildet somit keine ausreichende Grundlage für die Produktionsplanung. Dies gilt analog für den Nachweis von Mehrkosten. Der einzige Hinweis auf die Art des kalkulierten Einsatzmittels liegt in der zugeordneten Kostenart²¹.

Als weiterer Aspekt für Soll-Ist-Vergleiche sei noch die Qualität der ausgeführten Leistung angeführt. Qualität bedeutet, die Leistung frei von Sachmängeln, d.h. gemäß vereinbarter Beschaffenheit und entsprechend den anerkannten Regeln der Technik zu erfüllen²². Wird die vereinbarte Beschaffenheit nicht erfüllt, zieht dies Folgekosten z.B. durch Mängelbeseitigung, Minderung oder Ersatzvornahme nach sich. Dazu sei weiter auf die VOB Teil B und die entsprechenden Kommentare verwiesen. Werden die Forderungen übererfüllt, ist dies in Regel mit höheren Kosten verbunden, denen keine entsprechende Vergütung gegenübersteht. Die vertragsgemäße Erfüllung der Forderung ist daher durch eine zweckmäßige Überwachung der auszuführenden Leistung sowie ein geeignetes Qualitätssicherungs- und -managementsystem sicherzustellen. Auf diese Aspekte wird im weiteren Verlauf der Arbeit nur bei Bedarf eingegangen.

²¹ Vgl. Kuhne, C.: Grundlagen und Entwurf eines Produktionsmodells für das Bauwesen, Dissertation TU München 2000, S. 105ff

²² Vgl. § 13 VOB Teil B

2.2.2 Konsequenzen aus den strukturellen Problemen der Kalkulation

Die Forderung, die Kalkulation so detailliert aufzustellen, dass man nur mit wenigen Änderungen die Arbeitskalkulation und die Daten für die Bauablaufplanung erhält²³, wird erfüllt, wenn die notwendigen Angaben zur Planung und Steuerung der Bauproduktion in den Unterpositionen enthalten sind. Dies betrifft die Anzahl bzw. die Menge an Einsatzmitteln sowie die Leistungs- oder Aufwandswerte. Der Einfluss dieser Eingangsgrößen auf die Höhe der Kosten und damit der dynamische Charakter der zeitabhängigen Kosten zeigt sich bei Änderungen dieser Werte.

Soll-Ist-Vergleiche bilden nur eine unzureichende Informationsquelle, wenn nicht ersichtlich ist, wo und wie die Kosten angefallen sind. Dazu sind die Soll-Ist-Vergleiche in erster Linie auf Prozesse und die ausführenden Betriebe und deren Einsatzmittel zu beziehen. Darauf aufbauend ist ein Bezug zwischen den Fertigungsabschnitten und zugehörigen Fertigungsprozessen herzustellen. Dazu wird im nachfolgenden Kapitel als erster Schritt eine prozessorientierte Kalkulation eingeführt.

2.3 Einführung einer prozessorientierten Kalkulation

2.3.1 Allgemeine Kostendefinition für die Bauauftragsrechnung

Nach KLR Bau sind Kosten der bewertete Verbrauch von Gütern und Diensten zum Zwecke der betrieblichen Leistungserstellung²⁴. Sie werden in Währungseinheiten, wie z.B. in Euro angegeben. Für die Kalkulation über die Angebotsendsumme unterscheidet man in Einzelkosten der Teilleistungen, Baustellengemeinkosten, Allgemeine Geschäftskosten und Wagnis und Gewinn.

Bei der Kalkulation wird grundsätzlich getrennt in Kosten, die einer Leistung direkt zugeordnet werden können, und Kosten, die einer Leistung nicht direkt zugeordnet werden können. Diese werden im weiteren Verlauf als direkte und indirekte Kosten²⁵ bezeichnet. Die direkten Kosten können einer Position eines Leistungsverzeichnisses direkt zugeordnet werden. Dieser Begriff wird synonym für die Einzelkosten der Teilleistungen bzw. unmittelbaren Herstellkosten verwendet. Die indirekten Kosten sind diejenigen Kosten, die nicht direkt einer Position des Leistungsverzeichnisses zugeordnet werden können. Sie beinhalten Baustellengemeinkosten sowie Allgemeine Geschäftskosten. Zusammen mit den Ansätzen für Wagnis und Gewinn bilden Sie den Umlagebetrag auf die direkten Kosten.

2.3.2 Begriffsbestimmung prozessorientierte Kosten

Auf Basis der Ansätze von Burkhardt, Schub und Nawrath wurde am Lehrstuhl für Tunnelbau und Baubetriebslehre der TU München eine Variante der Kostenrechnung entwickelt, die als prozessori-

²³ Rudert, D.: Praktische Steuerung im Straßen- und Tiefbau, in Wirth, Volker: Baustellen-Controlling, expert Verlag Renningen-Malmsheim Band 275 1996, S.173

²⁴ KLR Bau – Kosten und Leistungsrechnung der Bauunternehmen, 7. Auflage 2001

²⁵ Im angloamerikanischen Sprachraum werden diese Kosten als *directs* und *indirects* bezeichnet.

enterte Kostenrechnung bezeichnet wird. Dies ist analog zur Kostenstellenrechnung in der stationären Industrie zu sehen²⁶. Ziel ist nicht nur die Kostenträger, sondern auch die Kostenstellen als Kostenverursacher in der Kalkulation abzubilden. Dies betrifft die an den Prozessen beteiligten Einsatzmittel sowie die benötigten Materialien. Die auf den Faktor Zeit bezogenen Kosten der Einsatzmittel bestimmen sich anhand der Fertigungsdauer. Zusammen mit den Materialkosten je Mengeneinheit ergeben sich so die Kosten für den Fertigungsprozess eines Produkts²⁷. Als Vorlage für diese Betrachtung dient das Prozessmodell nach Burkhardt und Schub. Da der Prozess für die Kostenbetrachtung im Vordergrund steht, wird diese Betrachtungsweise prozessorientierte Kalkulation genannt, die Kosten selbst prozessorientierte Kosten. Die nachfolgenden Definitionen basieren auf Begriffsbestimmungen der Vorlesungen Kostenrechnung am Lehrstuhl für Tunnelbau und Baubetriebslehre der TU München²⁸ sowie den darauf aufbauenden Begriffsbestimmungen (siehe Glossar).

Zur Herstellung eines Produkts sind notwendig:

- Einsatzmittel Personal,
- Einsatzmittel Gerät bzw. Schalung und Rüstung,
- Einsatzmittel Aufsicht,
- Stoffe,
- Hilfsstoffe und Betriebsstoffe sowie
- Nachunternehmer.

Stoffe, Hilfsstoffe und Betriebsstoffe werden unter dem Sammelbegriff Material zusammengefasst. Einsatzmittel und Material bilden den Input für einen Fertigungsprozess, kurz Prozess. Die Kosten (K) für den Input eines Prozesses werden dargestellt durch die prozessorientierten Kostenarten

- mengenabhängige Kosten K_v ,
- zeitabhängige Kosten K_t ,
- leistungsabhängige Kosten K_l und
- einmalige Kosten K_e .

Entscheidend für diese Klassifizierung ist die Sichtweise des Betrachters bezüglich der Entstehung der Kosten. Für die Einzelkosten der Teilleistungen sind die Einsatzmittel und das Material die Kostenverursacher. Im Bereich der Baustellengemeinkosten liegen die Kostenverursacher neben

²⁶ Vgl. Burkhardt, G.: Systematik des Programms Kostenkontrolle, Steuerung und Prognose "KSP", Schriftenreihe Heft 4, Hrsg. Lehrstuhl Tunnelbau und Baubetriebslehre TU München 1992

²⁷ Vgl. Kuhne, C.: Grundlagen und Entwurf eines Produktionsmodells für das Bauwesen, Dissertation TU München 2000, S. 173

²⁸ Vgl. Bösch, H.-J.: Vorlesungsskript Kostenrechnung, Lehrstuhl für Tunnelbau und Baubetriebslehre TU München, 5. Auflage 2003, S. 31

Einsatzmitteln und Materialien bei den dispositiven²⁹ oder derivativen Faktoren, d.h. in der Leitung einer Baustelle. Für die Kalkulation sind die prozessorientierten Kosten auf mindestens eine Bezugsgröße zu beziehen, z.B. auf eine Mengeneinheit.

2.3.2.1 Mengenabhängige Kosten

Die mengenabhängigen Kosten K_v sind proportional zu einer Menge. In der Bauausführung betreffen sie das benötigte Material für die Ausführung von Prozessen sowie die Leistungen von selbstständigen Nachunternehmern. Diese werden bei Einheitspreisverträgen nach § 2 Nr. 2, VOB Teil B je Mengeneinheit nach den ausgeführten Leistungen vergütet. Im Fall von Materialgleitklauseln wird der Wert je Einheit um den entsprechenden Betrag angepasst. Dies gilt analog für Nachtragsvereinbarungen mit Nachunternehmern, sofern kein pauschaler Ansatz oder eine sonstige Variante vorliegt.

2.3.2.2 Zeitabhängige Kosten

Die zeitabhängigen Kosten K_t betreffen die Vorhaltekosten³⁰ der Einsatzmittel. Zeitabhängige Kosten sind proportional zur Dauer eines Zeitraums. In der Bauausführung sind sie der wesentliche Faktor für die Optimierung der Produktionsplanung. Über die Leistung bzw. die Produktionsgeschwindigkeit erfolgt die Umrechnung auf die auszuführende Mengeneinheit. Für das Einsatzmittel Personal werden die zeitabhängigen Kosten durch den Aufwandswert berücksichtigt. Die Vorhaltekosten K_{vH} werden für jedes Einsatzmittel und jede Leitungsperson separat bestimmt und ausgewiesen. Für Geräte berechnen sie sich aus kalkulatorischer Abschreibung und Verzinsung sowie Reparaturkosten. Für die Einsatzmittel Aufsicht und Personal sind die zeitabhängigen Kosten die Lohnkosten, für das Leitungspersonal die Gehaltskosten.

2.3.2.3 Leistungsabhängige Kosten

Die leistungsabhängigen Kosten K_l beziehen sich auf den Verbrauch von Betriebsstoffen und Energie infolge des Betriebs von Geräten. Sie sind proportional zu Motorleistung in Kilowatt [kW], spezifischem Kraftstoffverbrauch in Gramm je Kilowattstunde [g/kWh] bzw. Liter je Kilowattstunde [l/kWh] bei Verbrennungsmotoren, Auslastungsgrad des Motors [-], Einsatzzeit³¹ bzw. Betriebsdauer in Zeiteinheiten [ZE] des Geräts und Schmierstoffbedarf [-]. Über den spezifischen Kraftstoffverbrauch und den Auslastungsfaktor des Motors erfolgt die Umrechnung der leistungsabhängigen Kosten in zeitabhängige Kosten. Leistungsabhängige Kosten werden in der Regel wie zeitabhängige Kosten behandelt³².

²⁹ Vgl. Haderl, Th. / Arentzen, U.: Gabler Wirtschaftslexikon, Gabler Verlag, 15., überarbeitete und aktualisierte Auflage 2000, Gutenberg, E.: Grundlagen der Betriebswirtschaftslehre Bd. 1 Die Produktion, Springer Verlag 24. Auflage 1983 sowie Burkhardt, G.: Kostenprobleme der Bauproduktion, Schriftenreihe des Bayerischen Bauindustrieverbandes Nr. 3, Bauverlag 1963, S. 95

³⁰ Vgl. BGL – Baugeräteleiste 2001, Hrsg. Hauptverb. d. Dtsch. Bauindustrie, Ausgabe 2001

³¹ Vgl. KLR Bau - Kosten- und Leistungsrechnung der Bauunternehmen, 7. Auflage 2001, S. 36

³² Vgl. Bösch, H.-J.: Vorlesungsskript Kostenrechnung, Lehrstuhl für Tunnelbau und Baubetriebslehre TU München, 5. Auflage 2003, S. 31 und darauf aufbauend Kuhne, C.: Grundlagen und Entwurf eines Produktionsmodells für das Bauwesen, Dissertation TU München 2000, S. 175

2.3.2.4 Einmalige Kosten

Einmalige Kosten K_e entstehen proportional zum Herstellen der Betriebsbereitschaft. Sie können sowohl zeitabhängige als auch leistungsabhängige oder mengenabhängige Bestandteile aufweisen. Die Kosten werden sowohl für sämtliche Einsatzmittel und Materialien als auch für das gesamte Leitungspersonal individuell abgegrenzt und verursachergerecht zugewiesen.

2.3.3 Begriffsbestimmung Prozess

2.3.3.1 Der Prozessbegriff allgemein

In der Betriebswirtschaftslehre wird der Begriff Prozess im Sinne von Produktionsprozess als „technologisch, zeitlich und örtlich bestimmtes effizientes Zusammenwirken von Produktionsfaktoren zur Herstellung einer abgegrenzten Gütermenge bestimmter Qualität“³³ definiert. Bereits Schub weist darauf hin, dass der Begriff Prozess nicht in DIN 69900ff aufgeführt ist, aber als Begriff allgemein Anwendung findet, wenn man sich auf den eigentlichen Produktionsvorgang bezieht³⁴. Er beschreibt den Prozess als „Transformationsapparat, der von einem Betrieb mit einem definierten Leistungsansatz unter Zuhilfenahme der benötigten Materialien durchgeführt wird, wobei als Ergebnis ein Produkt oder ein Teilprodukt entsteht“³⁵.

Burkhardt unterteilt die Prozesse bei der Herstellung eines Bauwerks in Hauptprozesse und Elementarprozesse³⁶. Unter Hauptprozess versteht er Prozesse, die fertige Produkte liefern, wie Fundamente, Widerlager oder Überbau. Unter Elementarprozessen versteht er Teilprozesse wie Schalen, Bewehren oder Betonieren. Kuhne³⁷ beschreibt Prozesse inhaltlich nach folgenden Eigenschaften:

- Dauer,
- zeitliche Lage im Rahmen der Bauproduktion,
- Lagefreiheiten im Rahmen der Netzberechnung,
- Menge der erzeugten Produkte (Output),
- Menge der benötigten Ressourcen, d.h. Einsatzmittel und Material (Input), sowie
- Kosten.

Für die vorliegende Arbeit wird der Begriff Prozess wie folgt definiert:

³³ Hadel, Th. / Arentzen, U.: Gabler Wirtschaftslexikon, Gabler Verlag, 15., überarbeitete und aktualisierte Auflage 2000

³⁴ Vgl. Schub, A.: Vorlesungsskript Produktionsplanung und Ablaufplanung, 1994, Blatt 11

³⁵ Schub, A.: Vorlesungsskript Produktionsplanung und Ablaufplanung, 1994, Blatt 12

³⁶ Vgl. Burkhardt: Numerische Ablaufplanung einer Baustelle, Schriftenreihe des Bayerischen Bauindustrieverbandes Nr. 4, 2. Auflage 1968, S. 61

³⁷ Vgl. Kuhne, C.: Grundlagen und Entwurf eines Produktionsmodells für das Bauwesen, Dissertation TU München 2000, S. 96 und S. 180

Der Prozess ist ein Transformationselement³⁸. Für die Bauproduktion betrifft dies die Fertigungsprozesse zur Herstellung eines Bauwerks. Das Produkt ist stets ein Fertigungsabschnitt. Für die Herstellung eines Fertigungsabschnitts ist mindestens ein Teilprozess notwendig. Als Input bindet der Prozess einen Betrieb, einen Teil eines Betriebs oder mehrere Betriebe und benötigt Material. Der Input in Form von Einsatzmitteln und Material wird durch den Prozess unter einem spezifischen Leistungsansatz in ein Produkt als Output gewandelt. Sind mehrere Teilprozesse notwendig, so verfügt jeder Teilprozess über einen spezifischen Leistungsansatz. Der Leistungsansatz ist die Produktionsgeschwindigkeit des ausführenden Betriebs oder Teils des Betriebs. Die entsprechenden Kosten sind im Bereich der direkten Kosten oder der Baustellengemeinkosten angesiedelt.

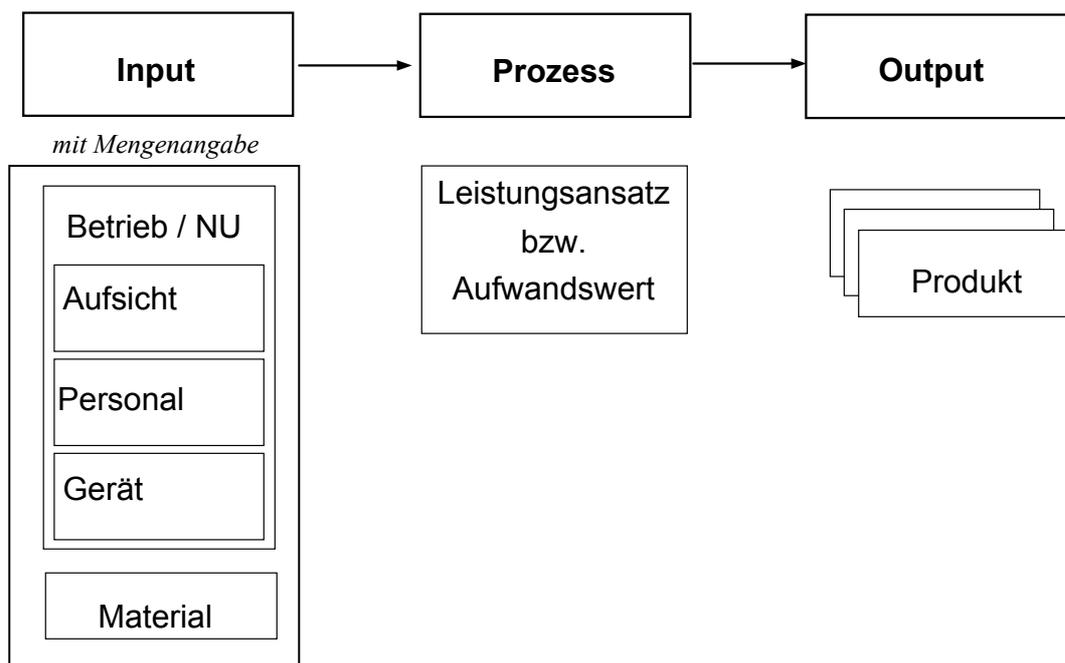


Abbildung 3: Der Prozess als Transformationselement³⁹

Neben den Fertigungsprozessen existieren weitere Prozesse, die zur Herstellung eines Bauwerks notwendig sind. Diese sind im Bereich der Gemeinkosten einer Baustelle oder den Allgemeinen Geschäftskosten angesiedelt. Da dies nicht Gegenstand der vorliegenden Arbeit ist, wird auf weitere Betrachtungen verzichtet.

2.3.4 Output eines Prozesses

Das Produkt ist in seinen Eigenschaften definiert durch die Planung, die die Produktbeschreibung liefert. Die Produktbeschreibung enthält die Informationen über die Beschaffenheit eines Produkts und dessen spezifische Eigenschaften. Die Kenntnis der Produkteigenschaften ist notwendige Vor-

³⁸ Vgl. Burkhardt, G., Schub, A. und Nawrath, J.

³⁹ in Anlehnung an Kuhne, C.: Grundlagen und Entwurf eines Produktionsmodells für das Bauwesen, Dissertation TU München 2000, S. 158

aussetzung für die Produktion. Dies beinhaltet auch Angaben über die Menge des herzustellenden Produkts zur Quantifizierung des Outputs. Ein Fertigungsabschnitt als Ergebnis eines Fertigungsprozesses muss daher geometrisch eindeutig abgrenzbar sein, um die herzustellende Menge an Output angeben zu können. Der Output an Produktmenge eines Fertigungsabschnitts lässt sich über dessen Geometrie ermitteln. Anhand der Menge an Output ist wiederum die benötigte Menge an Input bestimmbar.

Ein Fertigungsabschnitt ist ein in sich abgeschlossener Teil eines Bauwerks und dient als maßgebendes Element für die Produktionsplanung und als Kontrolleinheit für Soll-Ist-Vergleiche. Jeder Fertigungsabschnitt, der in mehreren Teilprozessen hergestellt wird, verfügt über eine spezifische Teilprozesskette, die dessen Herstellung beschreibt. Als Fertigungsabschnitt kommen z.B. eine Stütze, ein Wandabschnitt oder ein Deckenabschnitt in Frage.

2.3.5 *Input eines Prozesses*

Den Input für einen Prozess bilden Betriebe und Material.

Ein Betrieb ist eine Gruppierung der Einsatzmittel Aufsicht, Personal zweckentsprechender Eignung bzw. Qualifikation und benötigtes Gerät. Er kann seiner Eignung entsprechende Prozesse und Teilprozesse ausführen.

Das Einsatzmittel Aufsicht beinhaltet als Aufsichtspersonen Poliere, Werkpoliere und Vorarbeiter, die zusammen mit den gewerblichen Arbeitskräften in der Mittellohnberechnung erfasst werden und Personal beaufsichtigen.

Das Einsatzmittel Personal sind die gewerblichen Arbeitskräfte. Diese bilden den Produktionsfaktor menschliche Arbeit und werden den einzelnen Betrieben entsprechend ihrer Eignung (Qualifikation) zugeteilt.

Unter Einsatzmittel Gerät werden im Grundsatz die in der BGL 2001⁴⁰ aufgeführten Gegenstände verstanden⁴¹ inklusive Schalung und Rüstung. Merkmal der Geräte ist, dass deren Vorhaltekosten über Ansätze für Abschreibung, Verzinsung und Reparatur kalkuliert werden. Die Werte für Abschreibung, Verzinsung und Reparatur können auch als monatlicher Mietsatz zusammengefasst werden.

Der Begriff Material umfasst Stoffe sowie Hilfsstoffe und Betriebsstoffe⁴². Stoffe werden Teil des Bauwerks oder Bestandteil eines Produkts. Hilfsstoffe werden bei der Herstellung des Bauwerks verbraucht, aber nicht Bestandteil des Bauwerks. Für den Betrieb von Geräten werden Betriebsstoffe benötigt. Daneben können zur Herstellung eines Produkts Nachunternehmerleistungen erforderlich sein. Nachunternehmerleistungen werden in der Regel je ausgeführte Mengeneinheit vergütet. Aus Sicht der prozessorientierten Kostenbetrachtung entsprechen die Kosten der Nachunternehmerleistungen damit den Materialkosten.

⁴⁰ Vgl. BGL – Baugeräteliste 2001, Hrsg. Hauptverb. d. Dtsch. Bauindustrie, Ausgabe 2001

⁴¹ Vgl. KLR Bau - Kosten- und Leistungsrechnung der Bauunternehmen, 7. Auflage 2001, S. 20

⁴² Vgl. Drees, G. / Paul, W.: Kalkulation von Baupreisen, 7. Auflage 2002

Die Herstellung eines Produkts kann in einem einzigen Prozess oder in mehreren Fertigungsstufen erfolgen. Sind mehrere Fertigungsstufen notwendig, so sind die einzelnen Fertigungsstufen als Teilprozesse getrennt voneinander zu betrachten. Für jeden Teilprozess sind die benötigten Einsatzmittel und Materialien als Input zu quantifizieren.

2.3.6 *Prozesstypen*

Die Art und Weise wie ein Produkt hergestellt wird ist abhängig vom Typ des Produkts selbst und von der gewählten Verfahrenstechnik. Dementsprechend sind auch die Einsatzmittel zusammenzustellen und ein Leistungsansatz zu wählen. Bestimmte Produkte können in kontinuierlicher Produktion gefertigt werden, wie z.B. der Straßenoberbau mit einem Fertiger. Andere dagegen werden in mehreren voneinander abgegrenzten Fertigungsstufen hergestellt, wie z.B. Stahlbetonbauteile in Ortbetonbauweise. Dies bedingt eine grundsätzlich unterschiedliche Betrachtung des Produktionsprozesses und der damit verbundenen zeitabhängigen Kosten der Einsatzmittel. Wird ein Produkt in kontinuierlicher Fertigung unter kontinuierlichem und gleich bleibendem Einsatz der Einsatzmittel hergestellt, fallen die zeitabhängigen Kosten aller Einsatzmittel proportional zur Dauer an. Da der Output hierbei kontinuierlich hergestellt wird, kann die Menge an Output je Zeiteinheit als gleich bleibende Größe betrachtet und über den Fertigungszeitraum als konstant angesetzt werden. Die Menge an Output je Zeiteinheit ist durch die Dauerleistung L_n als Leistungsansatz angegeben.

Wird ein Produkt in mehreren voneinander abgegrenzten Fertigungsstufen hergestellt, fällt der Output nicht kontinuierlich an. Das fertige Produkt liegt erst am Ende des Fertigungsprozesses als Ganzes vor. In den einzelnen Fertigungsstufen kommen in der Regel unterschiedliche Einsatzmittel zum Einsatz. Die zeitabhängigen Kosten der Einsatzmittel fallen somit diskontinuierlich über den Fertigungszeitraum an.

Der maßgebende Faktor für eine Klassifizierung der Prozesse ist somit der Faktor Zeit und die darauf bezogenen zeitabhängigen Kosten der Einsatzmittel. Für die Bauproduktion bedeutet dies: Es ist generell in die Prozesstypen kontinuierlicher Prozess und diskontinuierlicher Prozess zu unterscheiden. Die Klassifizierung der einzelnen Prozesse ist grundsätzliche Ingenieuraufgabe.

2.3.6.1 Kontinuierliche Prozesse

Ein kontinuierlicher (stetiger) Prozess beinhaltet mindestens einen Teilprozess, der mit einer angenommenen konstanten Leistung in Mengeneinheit pro Zeiteinheit ME/ZE ausgeführt wird, wobei sich der ausführende Betrieb entlang einer Fertigungsstraße bewegt. Der Leistungsansatz ist die Produktionsgeschwindigkeit dieses Betriebs. Der ausführende Betrieb stellt dabei eine Einheit dar, der Mannschaft, Aufsicht und Gerät fest zugewiesen werden.

2.3.6.2 Diskontinuierliche Prozesse

Ein diskontinuierlicher (unstetiger) Prozess beinhaltet unterschiedliche Teilprozesse, die in einer Teilprozesskette zusammengefasst sind. Die einzelnen Teilprozesse können von unterschiedlichen

Betrieben, darunter auch Nachunternehmer, ausgeführt werden. Für jeden Teilprozess sind dazu Mengenangaben für Einsatzmittel und Material notwendig.

Die Einsatzmittel des jeweiligen Betriebs sind an mehreren Fertigungsabschnitten mit vergleichbaren Leistungen einsetzbar. Die einzelnen Einsatzmittel werden daher in Pools zusammengefasst, aus denen der jeweilige Bedarf zur Ausführung der Teilprozesse gedeckt wird. Ein Pool ist ein Zusammenschluss aller Einsatzmittel eines bestimmten Typs, z.B. Pool Personal Bewehrung oder Pool Gerät Schalung Decke. Für diskontinuierliche Prozesse ist der Betrieb die Gruppierung dieser Pools. Diskontinuierliche Prozesse können aus betrieblichen Gründen oder zur Optimierung des Gesamtablaufs unterbrochen werden.

2.3.6.3 Prozesse, Teilprozesse und Teilprozessketten

Sind für die Herstellung eines Fertigungsabschnitts mehrere Teilprozesse notwendig, so stehen die einzelnen Teilprozesse untereinander in bestimmten Beziehungen für die Fertigungsreihenfolge. Dieser Zusammenhang wird durch die Teilprozesskette beschrieben. Die Teilprozesskette beschreibt die Abfolge von Teilprozessen mit festgelegten Anordnungsbeziehungen und zeitlichen Abständen wie Mindestzeitabstand ($\min Z$) oder Maximalzeitabstand ($\max Z$) zwischen den einzelnen Teilprozessen. Sind innerhalb der Teilprozesskette Einsatzmittel über mehrere Teilprozesse gebunden, so wird Beginn und Ende der Bindung über die Teilprozesskette definiert. Dafür wird jeweils für den Einsatzmittel bindenden Teilprozess ein Bindezeitpunkt und für den Einsatzmittel freisetzenden Teilprozess ein Freisetzungzeitpunkt definiert.

Sowohl der kontinuierliche als auch der diskontinuierliche Prozess beinhalten mindestens einen Teilprozess. Für die Bauproduktion bedeutet dies:

Ein Teilprozess ist die kleinste abgrenzbare Leistung sowohl bei der Herstellung eines Produkts als auch bei der Kalkulation und Steuerung der Fertigung eines Bauwerks. Jeder Teilprozess definiert den notwendigen Input, d.h. Betrieb und Material und liefert als Ergebnis eine eindeutig abgrenzbare Fertigungsstufe bei der Herstellung eines Fertigungsabschnitts.

Neben den Informationen zu Einsatzmittel und Material ist eine Information über den zeitlichen Bezug für die Transformation von Input in Output erforderlich. D.h. eine Angabe, wie viele Einheiten des herzustellenden Produkts oder einer Fertigungsstufe in einem bestimmten Zeitraum oder je Zeiteinheit hergestellt werden sollen. Dazu dient der Leistungsansatz eines Prozesses. Der Leistungsansatz in Produktmengeneinheiten je Zeiteinheit ist die spezifische Produktionsgeschwindigkeit des jeweiligen Prozesses bzw. Teilprozesses. Der Leistungsansatz bezieht sich im Normalfall auf die Menge an Output, d.h. die Produktmenge⁴³.

⁴³ Vgl. hierzu Bösch, H.-J.: Vorlesung Baumaschinen, Lehrstuhl für Tunnelbau und Baubetriebslehre TU München, 2003 und das zugehörige Skriptum. Die Angabe der Dauerleistung erfolgt z.B. für Bodenaushub oder Betoneinbau in m^3/fest

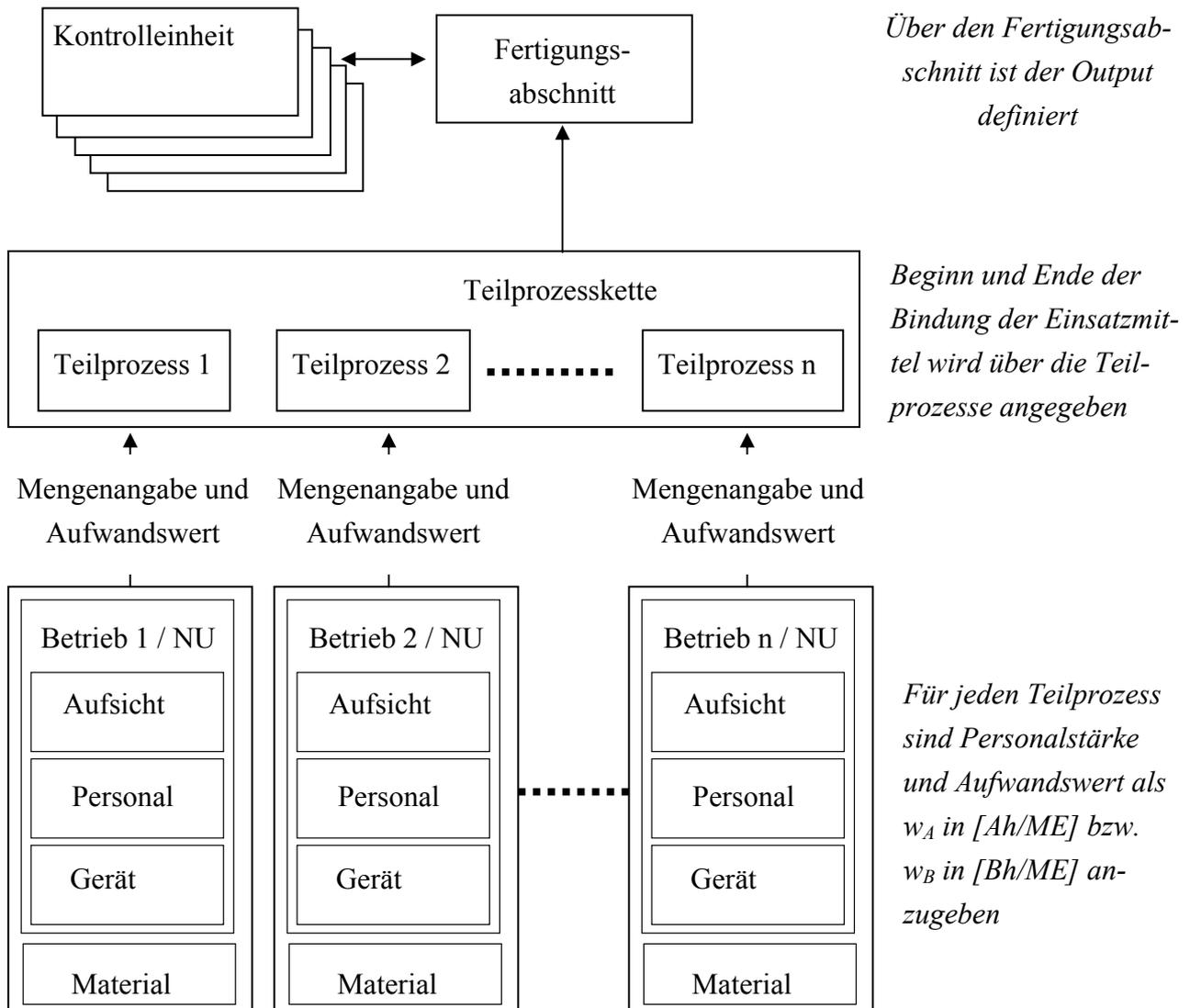


Abbildung 4: Allgemeine Darstellung des Prozesses

2.4 Kalkulationsbausteine für die Kalkulation von Prozessen

Da grundsätzlich zwischen kontinuierlichen und diskontinuierlichen Prozessen zu unterscheiden ist, ist für jeden Prozesstyp ein eigener Kalkulationsbaustein zu definieren. Die Kalkulationsbausteine können als Unterpositionen in den Positionen des Leistungsverzeichnisses angelegt werden. In den Kalkulationsbausteinen sind die Einsatzmittel, Material und Nachunternehmer als Input anzugeben. Über die Leitmenge wird der Bezug zur ausgeschriebenen Mengeneinheit der Position hergestellt. Die Leitmenge gibt an, welche Menge je Mengeneinheit des Kalkulationsbausteins für die in der Position ausgeschriebene Mengeneinheit angesetzt ist. Für den kontinuierlichen Prozess ist der Faktor Zeit durch den Leistungsansatz und für den diskontinuierlichen Prozess durch den durchschnittlichen Aufwandswert und die Einsatzzahl berücksichtigt.

2.4.1 Kontinuierliche Prozesse

2.4.1.1 Kalkulationsbaustein für einen kontinuierlichen Prozess

Abbildung 5 enthält ein Kalkulationsbeispiel für einen kontinuierlichen Prozess. Das Beispiel bezieht sich auf das Lösen und Laden von Boden. Für diesen Teilprozess wird eine Gerätegruppe (GG) „Miete_BAGGER“ gebildet, unter der die für diesen Prozess notwendigen Geräteteile zusammengefasst sind. Der zugehörige Gerätebaustein ist in Anhang B enthalten.

Aus dem Gerätebaustein werden die gerätebezogenen Eingangswerte in den Kalkulationsbaustein übernommen. Dies betrifft die Miete als Summe von Abschreibung und Verzinsung (A+V) und Reparatur (R), den Verschleiß, die installierte Geräteleistung in Diesel und Kilowatt Elektro sowie spezifischen Verbrauch und Zuschlag für Schmierstoffe. Die einmaligen Kosten sind im Gerätebaustein ebenfalls enthalten. Die Werte für A+V und R sowie Verschleiß sind die über sämtliche Geräte der Gerätegruppe kumulierten Ansätze. Verschleißkosten fallen in diesem Fall nicht an.

| Pos.-Nr. | Menge | ME | Kurztext | Stunden | Geräte | Stoffe | NU | Lohn | EP | GP |
|--------------------|------------|-------|--|---------|-----------|--------|------|-------|------|-----------|
| 2.40 | 23.000,000 | m³ | Aushub Baugrube | 0,013 | 0,54 | 0,21 | 0,00 | 1,00 | 1,97 | 45.370,39 |
| Schlüssel | Menge | ME | Kurztext | Stunden | Geräte | Stoffe | NU | Lohn | €/ME | EKT |
| AUSHUB-BAGGER | 1,000 | m³ | Boden BKL 3 bis 5 lösen und laden | | | | | | | |
| QA-BAGGER | 2 | A | Anzahl der Arbeitskräfte | 0,013 | | | | 74,92 | 1,00 | |
| | 21,33 | d/Mo | Arbeitstage je Monat | | | | | | | |
| | 9,00 | h/d | Tägliche Arbeitszeit in Stunden | | | | | | | |
| Miete_BAGGER | 1,00 | Stck | BAGGER | | 15.450,00 | | | | 0,54 | |
| | 0,00 | €/Mo | Verschleiß | | | 0,00 | | | 0,00 | |
| | 60,00 | % | Auslastung der Dieselmotore | | | | | | | |
| DIESEL | 31,10 | l/h | Kosten je Liter Diesel | | | 0,90 | | | 0,19 | |
| SCHMIER | 10,00% | | Zuschlag für Öl und Schmierstoffe auf Diesel | | | | | | 0,02 | |
| | | % | Auslastung der Elektromotore | | | | | | | |
| | | kWh/h | Stündlicher Verbrauch an Strom | | | 0,00 | | | 0,00 | |
| | | €/ME | Stoffkosten je Einheit | | | | | | | |
| | | €/ME | Verluste je Einheit | | | | | | | |
| | | €/ME | Hilfsstoffe je Einheit | | | | | | | |
| | | €/ME | NU-Kosten je Einheit | | | | | | | |
| Umrechnung in €/ME | 150.000 | ME/h | Dauerleistung je Stunde | 0,013 | 0,54 | 0,21 | 0,00 | 1,00 | 1,74 | 1,74 |

Abbildung 5: Beispiel Teilprozess Boden lösen und laden⁴⁴

Über den spezifischen Schlüssel werden sowohl die benötigten Angaben der Gerätegruppe aus dem Gerätebaustein als auch die einzelnen Kalkulationsansätze aus den Strukturen für Material, Nachunternehmer und Lohn (siehe dazu Kapitel 2.5) in den Kalkulationsbaustein kopiert inklusive der zugehörigen Mengeneinheit. Durch den Rückgriff auf die in den einzelnen Strukturen hinterlegten Werte sind Redundanzen vermieden. Die einzelnen Werte werden jeweils in der entsprechenden Struktur eingegeben.

In der Spalte „Menge“ ist anzugeben, welche Menge an Input je Leitmengeneinheit benötigt wird. Die jeweilige Mengeneinheit ist in der Spalte „ME“ angegeben. Zur Umrechnung der zeitabhängigen Kosten auf die Mengeneinheit des Leitprozesses sind die Werte für Arbeitstage je Monat, tägliche Arbeitszeit sowie Dauerleistung einzugeben.

Anhand der vorgegebenen Struktur ist ersichtlich, in welcher Menge die für den Teilprozess erforderlichen Einsatzmittel, Materialien und Nachunternehmerleistungen als Input benötigt werden. Die Kosten pro Mengeneinheit der Einsatzmittel, Materialien sowie Nachunternehmerleistungen sind

⁴⁴ Die Kalkulationseingangswerte für Geräte und Material sind im Anhang enthalten.

als Eingangswerte in den Spalten der entsprechenden Kostenart aufgeführt. Die notwendigen Umrechnungen der Kosten je Mengeneinheit Input auf Kosten je Mengeneinheit des Kalkulationsbausteins sind in den Ansatzzeilen integriert:

- Mietkosten: $(A+V+R) / (L_n * T_{Mo}) = k_{t, ME, A+V+R} [€/ME]$
Eingangswerte Mietkosten je Monat als Summe A+V+R übernommen aus dem Gerätebaustein der Gerätegruppe, Arbeitstage je Monat und tägliche Arbeitszeit sowie Leistungsansatz sind im Kalkulationsbaustein anzugeben.
- Verschleißkosten: $k_{wt, t} / (L_n * T_{Mo}) = k_{wt, ME}$
Eingangswert Verschleißkosten je Monat aus dem Gerätebaustein der Gerätegruppe (hier gleich Null), Arbeitstage je Monat und tägliche Arbeitszeit sowie Leistungsansatz sind im Kalkulationsbaustein anzugeben.
- Kosten Betriebsstoffe Elektromotor: $(k_{v, t, Elektro} * L_{Elektro} * \lambda_{Elektro}) / L_n = k_{l, ME, Elektro} [€/ME]$
Die Kosten je Kilowattstunde werden aus den Stammdaten eingelesen, die Angaben zur installierten Elektroleistung (hier gleich Null) werden dem Gerätebaustein der Gerätegruppe entnommen, Auslastungsfaktor des Elektromotors sowie Leistungsansatz sind im Kalkulationsbaustein anzugeben.
- Kosten der Betriebsstoffe Dieselmotor inkl. Zuschlagsfaktor f_s für Öl und Schmierstoffe:
 $(k_{v, Diesel} * L_{Diesel} * \lambda_{Diesel} * u_{l, kWh} * (1+f_s)) / L_n = k_{l, ME, Diesel} [€/ME]$
Die Kosten je Liter Diesel werden aus den Stammdaten eingelesen, die Angaben zur installierten Dieselleistung, spezifischem Verbrauch an Dieselmotorkraftstoff und Zuschlag für Schmierstoffe entstammen dem Gerätebaustein der Gerätegruppe, der Auslastungsfaktor des Dieselmotors ist im Kalkulationsbaustein anzugeben.
- Lohnkosten: $(Q_A / L_n) * ML = k_{t, ME, Lohn} [€/ME]$
Der Mittellohn ML wird aus den Stammdaten eingelesen, die Anzahl der Arbeitskräfte Q_A sowie der Leistungsansatz L_n sind im Kalkulationsbaustein enthalten. Der Aufwandswert $Q_A / L_n = w_A [Ah/ME]$ berechnet sich über die Anzahl der Arbeitskräfte und den Leistungsansatz. Das Ergebnis ist in der Spalte „Stunden“ enthalten. Der Mittellohn wird in der Mittellohnberechnung bestimmt und von dort in die Stammdaten kopiert.

Legende:

| | |
|---------------------|--------------------------------------|
| ME | = Mengeneinheit [ME] |
| A+V | = Abschreibung und Verzinsung [€/Mo] |
| R | = Reparaturkosten [€/Mo] |
| k_{wt} | = Verschleißkosten je Monat [€/Mo] |
| T_{Mo} | = monatliche Arbeitszeit in [h/Mo] |
| L_n | = Dauerleistung [ME/h] |
| $k_{v, t, Elektro}$ | = Kosten je Kilowattstunde [€/kWh] |
| $L_{Elektro}$ | = installierte Elektroleistung [kW] |

| | |
|----------------------------|--|
| λ_{Elektro} | = Auslastungsfaktor Elektromotor [-] |
| $k_{v, \text{Diesel}}$ | = Kosten je Liter Diesel [€/l] |
| L_{Diesel} | = installierte Dieselleistung [kW] |
| λ_{Diesel} | = Auslastungsfaktor Dieselmotor [-] |
| $u_{l, \text{kWh}}$ | = spezifischer Verbrauch an Dieselkraftstoff [l/kWh] |
| f_S | = Zuschlagsfaktor für Öl und Schmierstoffe [-] |
| Q_A | = Personalstärke [A] |
| ML | = Mittellohn [€/Ah] |

Sämtliche Ansatzzeilen für Einsatzmittel, Material und Nachunternehmerleistungen werden mit dem in der Spalte „Menge“ angegebenen Faktor multipliziert. Für die Ansatzzeile Stoffe ist zusätzlich eine Zeile für planmäßige oder verfahrensbedingte Verluste angegeben, die einen Mehrverbrauch an Stoff berücksichtigt.

Die Spalte „€/ME“ zeigt das Ergebnis der Umrechnungen als Kosten je Leitmenge in €/ME. Die in dieser Spalte angeführten Kosten werden entsprechend der zugehörigen technischen Kostenart in der letzten Zeile des Kalkulationsbausteins aufsummiert. Durch Multiplikation dieser Werte mit der Mengenangabe der Leitmenge erhält man die Arbeiterstunden je Mengeneinheit der Position sowie die Einzelkosten der Teilleistungen. Diese werden über alle Teilprozesse der Position in der Kopfzeile summiert ausgewiesen. Die Einzelkosten der Teilleistungen sind für jeden Teilprozess in der letzten Spalte der letzten Zeile angegeben.

In diesem Beispiel sind die Teilleistungen Lösen und Laden sowie Transport in zwei Positionen ausgeschrieben (siehe Leistungsverzeichnis des Beispielgebäudes im Anhang). Die Teilleistung Transport und Deponierung wird anhand eines weiteren Gerätebausteins und in einem weiteren kontinuierlichen Prozess abgebildet. Sowohl Gerätbaustein als auch Kalkulationsbaustein sind in Anhang B enthalten.

2.4.1.2 Vorteile des Kalkulationsbausteins für kontinuierliche Prozesse

Durch die gewählte Struktur des Kalkulationsbausteins liegen sämtliche notwendigen Werte und Angaben sowohl für die Kalkulation als auch für die Produktionsplanung vor. Für den Betrachter ist in der Spalte „Menge“ des Kalkulationsbausteins sofort ersichtlich, welche Menge an Input je Leitmengeneinheit benötigt wird. Der Kalkulator hat neben dem Schlüssel lediglich die Menge an Input je Leitmengeneinheit in der Spalte „Menge“ anzugeben. Fehler bei Umrechnungen sind dadurch ausgeschlossen, dass die Kalkulationsansätze mit Berechnungen nicht in einzelnen Zeilen einzugeben sind. Damit ist eine einfache Benutzerführung gegeben. Die Kosten je Mengeneinheit des Kalkulationsbausteins sind in der Spalte „€/ME“ aufgeführt, die Einzelkosten der Teilleistungen in der Kopfzeile. Im Gegensatz zur herkömmlichen Zeilenkalkulation entfallen Umrechnungen, da sie im Kalkulationsbaustein integriert sind.

Die Angabe der Dauerleistung L_n ermöglicht bei einem gegebenen Volumen V die Dauerberechnung D_{TP} des Teilprozesses. Die Dauerleistung L_n ist die Produktionsgeschwindigkeit v des Betriebs.

$$D_{TP} = \frac{V}{L_n} * \frac{1}{T_d} \text{ in [d] bzw. } D_{TP} = \frac{V}{L_n} \text{ in [h].}$$

Formel 1: Dauerberechnung eines kontinuierlichen Prozesses

Neben der Dauerleistung steht die Personalstärke für eine direkte Übernahme in die Produktionsplanung zur Verfügung. Die Eingangswerte L_n sowie Arbeitstage je Monat und tägliche Arbeitszeit T_d können bei Bedarf für Variantenstudien des täglichen Produktionsfortschritts variiert werden. Anhand dieser Eingangsparameter wird der Zusammenhang zwischen dem Faktor Zeit und den zeitabhängigen Kosten deutlich. Die Änderung eines Wertes zeigt umgehend die Auswirkungen auf die Kosten. Für Soll-Ist-Vergleiche sind im Kalkulationsbaustein folgende Soll-Daten vorhanden:

- die Personalstärke Q_A ,
- die Anzahl Arbeitstage je Monat,
- die tägliche Arbeitszeit T_d ,
- die monatlichen Miet- und Verschleißkosten der Gerätegruppe,
- die Betriebsstoffkosten je Betriebsstunde,
- die Materialkosten,
- die Nachunternehmerkosten sowie
- die Dauerleistung L_n als durchschnittliche Produktionsgeschwindigkeit.

Der durchschnittliche Aufwandswert w_ϕ in Arbeiterstunden je Mengeneinheit wird über die Personalstärke und die Dauerleistung berechnet:

$$w_\phi = \frac{Q_A}{L_n} \quad \text{in [Ah/ME]}$$

Formel 2: Berechnung des Aufwandswerts bei einem kontinuierlichen Prozess

Die geplante Soll-Dauer für die Vorgänge der Ablaufplanung berechnet sich anhand Formel 1 über den Quotienten aus gegebenem Volumen V und Dauerleistung L_n . Dies ist die maßgebliche Größe für den Ablauf-Soll-Ist-Vergleich und die Prognose der zeitabhängigen Kosten.

2.4.2 Diskontinuierliche Prozesse

2.4.2.1 Kalkulationsbaustein für diskontinuierliche Prozesse

Als Beispiel für einen Kalkulationsbaustein ist in Abbildung 6 die Position Schalen einer Stahlbetonwand mit der Dicke 20 cm dargestellt. Die benötigten Angaben zu den Einsatzmitteln, Material und Nachunternehmerleistungen werden inklusive der zugehörigen Mengeneinheit über den spezifi-

schen Schlüssel aus den entsprechenden Strukturen kopiert. Analog zum kontinuierlichen Prozess sind die Angabe der Menge in der Spalte „Menge“ und die Mengeneinheit in der Spalte „ME“ enthalten.

| Pos.-Nr. | Menge | ME | Kurztext | Stunden | Geräte | Stoffe | NU | Lohn | EP | GP |
|----------------|-----------|--------------------|------------------------------------|---------|--------|--------|------|-------|-------|-----------|
| 13.1.60 | 1.100,000 | m ² | Wände d = 0,20m schalen | 0,420 | 3,32 | 0,85 | 0,00 | 12,60 | 19,00 | 20.900,00 |
| Schlüssel | Menge | ME | Kurztext | Stunden | Geräte | Stoffe | NU | Lohn | €/ME | EKT |
| W-SCHAL-350-Q3 | 1,000 | m ² | Schalen | | | | | | | |
| | 3 | A | Mannschaftsstärke Q _{opt} | | | | | 30,00 | | |
| SuB | 0,420 | Ah/ME | Lohnstunden je Einheit | 0,420 | | | | | 12,60 | |
| SCH-W | 1,20 | m ² VHM | Schalung Wand | | 18,00 | | | | 3,32 | |
| S-VERB | 1,00 | m ² | Verbrauchsstoffe | | | 0,50 | | | 0,50 | |
| S-BRETT | 0,05 | m ² | Schalbretter | | | 7,00 | | | 0,35 | |
| | | €/ME | Betriebskosten je Einheit | | | | | | 0,00 | |
| | | €/ME | Stoffkosten je Einheit | | | | | | 0,00 | |
| | | €/ME | Verluste je Einheit | | | | | | 0,00 | |
| | | €/ME | NU-Kosten je Einheit | | | | | | 0,00 | |
| | 6,50 | 1/Mo | Einsatzzahl E | 0,420 | 3,32 | 0,85 | 0,00 | 12,60 | 16,77 | 16,77 |

Abbildung 6: Beispiel für die Kalkulation eines diskontinuierlichen Prozesses⁴⁵

Über die Mengenangabe an Input ist ersichtlich, welche Einsatzmittel, Materialien und Nachunternehmerleistungen in welcher Menge benötigt werden. Die Zuordnung der einzelnen Kostenansätze zu den Kostenarten erfolgt analog zum kontinuierlichen Prozess. Die Umrechnungen der Kosten je Mengeneinheit Input auf die Mengeneinheit des Kalkulationsbausteins sind im Kalkulationsbaustein ebenfalls integriert. Die Umrechnungen beschränken sich beim diskontinuierlichen Prozess auf die Kosten für Geräte und Lohn:

- $w_{\emptyset} * ML = k_{t, ME, Lohn} [€/ME]$

Die Lohnkosten je Mengeneinheit des Kalkulationsbausteins ergeben sich durch Multiplikation von Aufwandswert und Mittellohn.

- $(A+V+R) / (E) = k_{t, ME, A+V+R} [€/ME]$

Die Mietkosten errechnen sich über die sich aus A+V+R ergebenden monatlichen Mietkosten geteilt durch die Anzahl der Einsätze je Monat, angegeben durch die Einsatzzahl E.

Legende:

ME = Mengeneinheit [ME]

A+V = Abschreibung und Verzinsung [€/Mo]

R = Reparaturkosten [€/Mo]

E = Einsatzzahl [1/(Mo * ME)]

w_∅ = durchschnittlicher Aufwandswert [Ah/ME]

ML = Mittellohn des Betriebs [€/Ah]

Analog zum kontinuierlichen Prozess ist für die mengenabhängigen Kosten für Hilfsstoffe, Betriebskosten, Stoffe, Verluste und Nachunternehmer jeweils die je Mengeneinheit des Kalkulationsbausteins benötigte Menge in der Spalte „Menge“ angegeben. Analog zum kontinuierlichen Prozess werden sämtliche Ansatzzeilen für Einsatzmittel, Material und Nachunternehmerleistungen mit dem

⁴⁵ Die Kalkulationseingangswerte für Geräte und Material sind im Anhang enthalten.

in der Spalte „Menge“ angegebenen Faktor multipliziert. Für die Ansatzzeile Stoffe ist ebenfalls eine Zeile für planmäßige oder verfahrensbedingte Verluste angesetzt. Die Werte für Abschreibung A, Verzinsung V und Reparatur R sind als Gerätemiete zusammengefasst. Bei Schalung wird die Miete üblicherweise je Quadratmeter Vorhaltemenge je Monat angegeben. Die verfahrensbedingten Überstände und Mehrvorhaltung sind über den Faktor Vorhaltemenge bezogen auf die Menge des Kalkulationsbausteins berücksichtigt. Hier wird mit einem Faktor von 1,2 gerechnet, der einen Zuschlag von 20 % gegenüber der Abrechnungsmenge ausweist. Der Kostenansatz für Schalung kann entsprechend KLR Bau unter der Hauptkostenart 3 in Euro je Quadratmeter Vorhaltemenge angegeben werden. Die Ansätze für Hilfsstoffe, Betriebskosten, Stoffe und Verluste sowie Nachunternehmer sind in der entsprechenden Ansatzzeile anzugeben. Die in der Spalte „€/ME“ aufgeführten Ergebnisse der Umrechnungen in Kosten je Leitmenge in €/ME werden ebenfalls entsprechend der zugehörigen technischen Kostenart in der letzten Zeile des Kalkulationsbausteins aufsummiert. Die Bestimmung und Ausweisung der Arbeiterstunden je Mengeneinheit der Position und die Einzelkosten der Teilleistungen ist analog zum kontinuierlichen Prozess.

| Pos.-Nr. | Menge | ME | Kurztext | Stunden | Geräte | Stoffe | NU | Lohn | EP | GP |
|--------------------|-----------|--------------------|------------------------------------|---------|--------|--------|------|-------|-------|-----------|
| 13.1.60 | 1.100,000 | m ² | Wände d = 0,20m schalen | 0,420 | 3,32 | 0,85 | 0,00 | 12,60 | 19,00 | 20.900,00 |
| Schlüssel | Menge | ME | Kurztext | Stunden | Geräte | Stoffe | NU | Lohn | €/ME | EKT |
| W-SCHAL-350-EIN-Q3 | 1,000 | m ² | Einschalen | | | | | | | |
| | | 3 A | Mannschaftsstärke Q _{opt} | | | | | 30,00 | | |
| SuB | 0,290 | Ah/ME | Lohnstunden je Einheit | 0,290 | | | | | 8,70 | |
| SCH-W | 1,20 | m ² VHM | Schalung Wand | | 18,00 | | | | 3,32 | |
| S-VERB | 1,00 | m ² | Verbrauchsstoffe | | | 0,50 | | | 0,50 | |
| S-BRETT | 0,05 | m ² | Schalbretter | | | 7,00 | | | 0,35 | |
| | | €/ME | Betriebskosten je Einheit | | | | | | 0,00 | |
| | | €/ME | Stoffkosten je Einheit | | | | | | 0,00 | |
| | | €/ME | Verluste je Einheit | | | | | | 0,00 | |
| | | €/ME | NU-Kosten je Einheit | | | | | | 0,00 | |
| | 6,50 | 1/Mo | Einsatzzahl E | 0,290 | 3,32 | 0,85 | 0,00 | 8,70 | 12,87 | 12,87 |
| Schlüssel | Menge | ME | Kurztext | Stunden | Geräte | Stoffe | NU | Lohn | €/ME | EKT |
| W-SCHAL-350-AUS-Q3 | 1,000 | m ² | Ausschalen | | | | | | | |
| | | 3 A | Mannschaftsstärke Q _{opt} | | | | | 30,00 | | |
| SuB | 0,130 | Ah/ME | Lohnstunden je Einheit | 0,130 | | | | | 3,90 | |
| | | €/Mo | Mietkosten je Monat | | | | | | 0,00 | |
| | | €/ME | Hilfsstoffe | | | | | | 0,00 | |
| | | €/ME | Betriebskosten je Einheit | | | | | | 0,00 | |
| | | €/ME | Stoffkosten je Einheit | | | | | | 0,00 | |
| | | €/ME | Verluste je Einheit | | | | | | 0,00 | |
| | | €/ME | NU-Kosten je Einheit | | | | | | 0,00 | |
| | | 1/Mo | Einsatzzahl E | 0,130 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 3,90 | 3,90 | 3,90 |

Abbildung 7: Beispiel für zwei Teilprozesse Einschalen und Ausschalen in einer Position

Der Prozess Schalen beinhaltet die zwei Teilprozesse Einschalen und Ausschalen. Üblicherweise werden diese bislang weder in der Kalkulation noch in der Produktionsplanung separat dargestellt. Zur Abbildung der Fertigungsreihenfolge in der Teilprozesskette des Fertigungsabschnitts sind beide Teilprozesse erforderlich. Für die Disposition ist zu berücksichtigen, dass das Einsatzmittel Schalung erst nach dem Ausschalen für weitere Einsätze zur Verfügung steht. Der Kalkulationsbaustein Schalen ist daher in die zwei Teilprozesse Einschalen und Ausschalen zu zerlegen. Dies hat spätestens im Rahmen der Arbeitskalkulation zu erfolgen. Der ursprünglich angesetzte Kalkulationsbaustein wird in der Arbeitskalkulation durch die zwei Teilprozesse Einschalen und Ausschalen ersetzt (vgl. Abbildung 7). Die Zusammenhänge zwischen den Kalkulationsstufen wurde bereits in

Kapitel 2.1.2 beschrieben. Die Auftragskalkulation enthält die vertraglich vereinbarten Kalkulationsansätze. Damit ist Budget für jede Position festgeschrieben. Die Werte stehen für die Soll-Ist-Vergleiche zur Verfügung.

2.4.2.2 Vorteile der Anwendung des Kalkulationsbausteins für diskontinuierliche Prozesse

Analog zum kontinuierlichen Prozess sind im Kalkulationsbaustein der Input in der Spalte „Menge“, die Kosten je Mengeneinheit in der Spalte „€/ME“ und die Einzelkosten der Teilleistungen der Position in der Kopfzeile enthalten. Durch den Kalkulator ist neben Eingabe des zugehörigen Schlüssels lediglich die Menge an Input je Leitmengeneinheit in der Spalte „Menge“ anzugeben.

Über den Aufwandswert und die Personalstärke kann mit Hilfe der Produktionsfunktion bei gegebenem Volumen die Dauer des Teilprozesses berechnet werden (siehe dazu weiter Kapitel 3). Der Mittellohn stellt den Bezug zum ausführenden Betrieb her. Für die Dauerberechnung in Tagen ist die tägliche Arbeitszeit des Betriebs heranzuziehen, die bei Bedarf individuell variiert werden kann. Über die Produktionsgeschwindigkeit v ergibt sich bei gegebenem Volumen V die Dauer D_{TP} des Teilprozesses. Die Dauer ist für jeden Teilprozess separat zu bestimmen.

$$D_{TP} = \frac{V}{v(Q)} * \frac{1}{T_d} \text{ in [d]} \quad \text{bzw.} \quad D_{TP} = \frac{V}{v(Q)} \text{ in [h].}$$

Formel 3: Dauerberechnung eines diskontinuierlichen Prozesses

Die Produktionsgeschwindigkeit v variiert in Abhängigkeit von der angesetzten Personalstärke Q_A . Sie lässt sich aus dem Quotienten von Personalstärke und Aufwandswert berechnen:

$$v = \frac{Q_A}{w} \quad \text{in [ME/h].}$$

Formel 4: Berechnung der Produktionsgeschwindigkeit

Die durchschnittliche Baugeschwindigkeit c_0 gibt die Anzahl von herzustellenden bzw. hergestellten Fertigungsabschnitten je Zeiteinheit an. Für die Produktionsplanung empfiehlt sich die Angabe in Anzahl Fertigungsabschnitte je Tag oder je Woche. Die durchschnittliche Baugeschwindigkeit c_0 errechnet sich aus dem Quotienten von Anzahl herzustellender oder hergestellter Fertigungsabschnitte n_{FA} und der dazu benötigten Dauer $D_{n,FA}$ (siehe dazu weiter Kapitel 3.1.6).

Nachdem der Produktionsablauf innerhalb der Produktionsplanung festgelegt worden ist, kann daraus die Einsatzzahl E für jede Gerätegruppe und jeden Gerätetyp ermittelt werden. Die Einsatzzahl bestimmt sich über die Bindezeit der Gerätegruppe an die einzelnen Fertigungsabschnitte. Dies wird im Rahmen der Produktionsplanung in Kapitel 3 weiter behandelt.

$$E = \frac{n_{FA}}{D_{n,FA}} \quad \left[\frac{1}{ZE} \right] \quad \begin{array}{l} n_{FA} = \text{Anzahl der Fertigungsabschnitte} \\ D_{n,FA} = \text{Dauer für die Herstellung der } n \text{ Fertigungsabschnitte} \end{array}$$

Formel 5: Berechnung der Einsatzzahl E

Die Fertigungsdauer eines Fertigungsabschnitts ergibt sich aus der Dauer der Teilprozesskette. Für Soll-Ist-Vergleiche sind im Kalkulationsbaustein sämtliche Soll-Daten vorhanden:

- die optimale Personalstärke Q_A für den Teilprozess,
- der durchschnittliche Aufwandswert w_0 in Arbeiterstunden je Mengeneinheit des Teilprozesses für das Einsatzmittel Personal zur Berechnung des Soll-Aufwands W bei gegebenem Volumen V sowie der Lohnkosten je Mengeneinheit des Teilprozesses über den Mittellohn,
- der Mittellohn ML , der abhängig ist von der Größe und der Zusammensetzung des Betriebs,
- die monatlichen Mietkosten für das Gerät sowohl je Mengeneinheit Vorhaltemenge als auch je Mengeneinheit des Teilprozesses,
- die Materialkosten getrennt für Hilfsstoffe, Betriebskosten und Stoffe inkl. Verluste,
- die Nachunternehmerkosten sowie
- die durchschnittliche Baugeschwindigkeit über die Einsatzzahl E .

Der Soll-Wert für die tägliche Arbeitszeit T_d ist aus der Mittellohnberechnung vorgegeben. Abweichungen von der täglichen Arbeitszeit können eine Abweichung des Mittellohns nach sich ziehen. Dies ist individuell für den jeweiligen Fall zu untersuchen.

Für einen diskontinuierlichen Teilprozess sind in der Regel mehrere Personalstärken möglich. Innerhalb der Angebotskalkulation wird im Kalkulationsbaustein lediglich die optimale Personalstärke für den Teilprozess angegeben. Diese dient als Zielwert für die Produktionsplanung, bei der angestrebt wird, möglichst viele Teilprozesse mit dieser Personalstärke zu belegen. Die optimale Personalstärke bedeutet, dass bei Besetzung eines Teilprozesses mit dieser Personalstärke die wirtschaftlichste Produktion in Bezug auf die Lohnkosten erfolgt. Unterschiedliche Personalstärken bedeuten im Normalfall sowohl unterschiedliche Produktionsgeschwindigkeiten als auch unterschiedlich hohe Aufwandswerte. Ergeben sich in Abhängigkeit von der Personalstärke unterschiedliche Aufwandswerte, resultieren daraus unterschiedliche Kosten je Mengeneinheit des Teilprozesses. Dies ist über den durchschnittlichen Aufwandswert w_0 berücksichtigt, der als Budgetwert für die Arbeiterstunden je Mengeneinheit des Teilprozesses zu verstehen ist. Er berücksichtigt neben den Einflüssen aus den unterschiedlichen Personalstärken auch sonstige Einflüsse wie Einarbeitung, Witterung, Nacharbeiten etc. sowie die individuellen Verhältnisse und den Schwierigkeitsgrad des Projekts⁴⁶. Für die einzelnen Fertigungsabschnitte können die Teilprozesse mit einer abweichenden Personalstärke unter Berücksichtigung des zugehörigen Aufwandswerts belegt werden.

2.5 Strukturen für die prozessorientierte Kalkulation

2.5.1 Leistungsverzeichnis

Die Leistungsbeschreibung ist die ausführungorientierte Produktbeschreibung nach Leistungsbe-
reichen und Grundlage für die Angebotsbearbeitung. Sie soll alle wesentlichen Informationen bein-

⁴⁶ Vgl. Bocklitz, Christian: Ein Beitrag zur Optimierung der Produktionsplanung diskontinuierlicher Prozesse, Dissertation TU München 2006

halten und die Leistung eindeutig und erschöpfend beschreiben⁴⁷. Dabei wird unterschieden in Leistungsbeschreibung mit Leistungsverzeichnis und Leistungsbeschreibung mit Leistungsprogramm. In beiden Fällen ist ein Leistungsverzeichnis die Grundlage für die Erstellung eines Angebots durch den Bieter. Im Falle einer Leistungsbeschreibung mit Leistungsprogramm kann die Struktur des Leistungsverzeichnisses durch den Bieter selbst gewählt werden.

2.5.1.1 Struktur einer Leistungsbeschreibung mit Leistungsverzeichnis

Anhand der hierarchischen Struktur eines Leistungsverzeichnisses, gegliedert in Leistungsbereiche, Titel, Untertitel und Positionen, werden in Verbindung mit eventuellen Vorbemerkungen die auszuführenden Bauleistungen beschrieben, die zur Herstellung des geplanten Bauwerks erforderlich sind. Die Anforderungen an die Beschreibung der Leistung sind in der Vergabe- und Vertragsordnung Teil A (VOB Teil A) aufgeführt. Die Abrechnung erfolgt bei VOB Teil B als Vertragsgrundlage nach den Vorgaben der VOB Teil C. Die Positionen sind die unterste Stufe in der Hierarchie eines Leistungsverzeichnisses, beschreiben die zur Herstellung eines Bauwerks notwendigen Leistungen und bilden die Abrechnungsgrundlage zwischen Auftraggeber und Auftragnehmer.

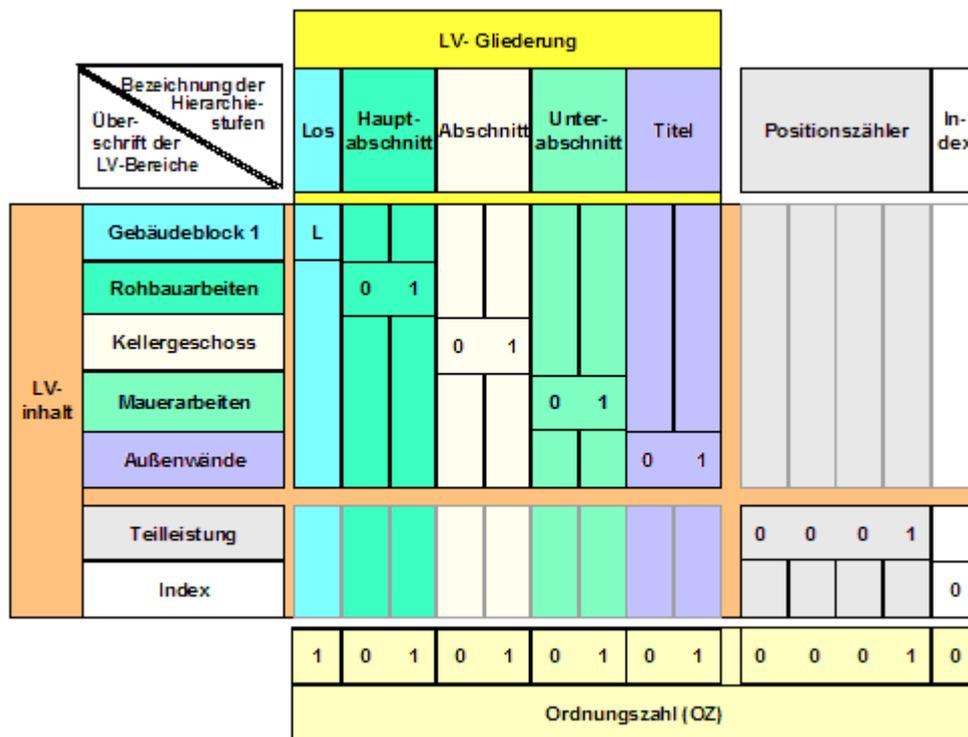


Abbildung 8: Gliederung eines Leistungsverzeichnisses nach GAEB⁴⁸

Ein Vorschlag für den Aufbau eines Leistungsverzeichnisses nach GAEB befindet sich in Abbildung 8. Für den Aufbau gilt: Die Ordnungszahl (OZ) ist die genaue Kennzeichnung jeder ein-

⁴⁷ Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen (VOB), Teil A, Ausgabe 2002, § 9 Nr. 1

⁴⁸ www.gaeb.de

zelen Position im Leistungsverzeichnis. Die Bildung der Ordnungszahl wird durch die für das Leistungsverzeichnis gewählte Gliederung bestimmt. Die Nummerierung der Titel des Leistungsverzeichnisses orientiert sich in der Regel an der Gliederung der Leistungsbereiche nach Standardleistungsbuch Bau⁴⁹. Durch den streng hierarchischen Charakter kann die Struktur des Leistungsverzeichnisses in Form einer Baumstruktur abgebildet werden. Dies ist in gängigen Softwarelösungen bereits gegeben⁵⁰.

2.5.1.2 Inhalt der Positionen eines Leistungsverzeichnisses

Die gebräuchlichen Vorlagen und Musterbeschreibungen bietet das Standardleistungsbuch Bau (StLB-Bau)⁵¹. Inhalt und Umfang der zu erbringenden Leistung wird beschrieben durch die Positionstexte der Teilleistungen in Verbindung mit eventuellen Vorbemerkungen. Der Inhalt der Positionstexte befasst sich mit folgenden Aspekten:

- Art der zu verrichtenden Arbeiten mit eindeutig abgrenzbarem Leistungsumfang,
- Bauteil, d.h. Bauteiltyp mit Informationen zu geometrischen Grundeigenschaften und späterem Verwendungszweck,
- Material, d.h. Stoffe und bei Bedarf auch Hinweise auf Hilfsstoffe,
- geometrische Angaben zu den Abmessungen des Bauteils,
- Ort bzw. Topologie, d.h. Lage des Bauteils innerhalb des Bauwerks,
- Angaben zum Zeitpunkt der auszuführenden Leistung und
- anzuwendendes Verfahren, falls notwendig.

Die der Leistung zugehörigen Nebenleistungen sind der VOB Teil C zu entnehmen. Neben der Beschreibung der Leistung sind über den Vordersatz der Position, die auszuführende Menge und die zugehörige Mengeneinheit enthalten. Durch den Bieter ist der Einheitspreis anzugeben, für den durch den Ausschreibenden eine Aufschlüsselung gefordert werden kann.

2.5.1.3 Die Problematik der Struktur eines Leistungsverzeichnisses

Für die Ausschreibung erfolgt die Mengenermittlung auf Grundlage der Positionen des Leistungsverzeichnisses. Dort werden die Mengen für die Produkte, die als gleichartig nach ihrer technischen Beschaffenheit zu sehen sind, für die einzelnen Teilleistungen in Positionen kumuliert⁵². Je nach Aufbau und Gliederung des Leistungsverzeichnisses können gleiche Leistungen für unterschiedliche Produkte in einer Position zusammengefasst oder gleiche Produkteigenschaften auf unterschiedliche Positionen verteilt werden. Dazu folgende Beispiele:

1) Gegenstand sind zwei unterschiedliche Stahlbetonwände mit einer maximalen Höhe von 3,50 m. Eine Wand wird mit der Betongüte B 25, die andere mit B 35 ausgeführt. Für beide Wände werden

⁴⁹ Vgl. www.dynamischebaudaten.de

⁵⁰ Vgl. z.B. Software ARRIBA®, Fa. RIB Stuttgart

⁵¹ Vgl. www.gaeb.de und www.dynamischebaudaten.de

⁵² Vgl. Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen (VOB), Teil A, Ausgabe 2002, §9 Nr. 9

identische Anforderungen an die Oberfläche gestellt. Es kommt dieselbe Wandschalung zum Einsatz. Diese Wandschalung kann nach VOB in einer Position zusammengefasst werden.

2) Eine Stahlbetonwand mit einer Höhe bis 3,50 m, Dicke 25 cm und eine Stahlbetonwand mit einer Höhe bis 3,50 m, Dicke 50 cm werden mit der derselben Betongüte B 25 hergestellt. Da die Wände unterschiedliche Dicken besitzen, kann die Leistung Betonieren trotz gleicher Betongüte nach Standardleistungsbuch unterschiedlichen Positionen zugeordnet werden. Das Unterscheidungsmerkmal ist in diesem Fall eine geometrische Eigenschaft. Die Leistung Schalen kann in derselben Position zusammengefasst werden.

Da ein Fertigungsabschnitt normalerweise durch mehrere unterschiedliche Teilleistungen beschrieben wird, hat dies zur Konsequenz, dass die Beschreibung der Produkteigenschaften eines Fertigungsabschnitts auf unterschiedliche Positionen, Titel oder Leistungsbereiche verteilt vorliegt⁵³, wie es auch das Standardleistungsbuch vorsieht. Eine Rückverfolgung ist nur anhand der zugehörigen Planunterlagen möglich, wobei eine eindeutige Zuordnung bei der Rückverfolgung nicht immer gewährleistet ist. Dies gilt analog für die spätere Kalkulation, Arbeitsvorbereitung und Abrechnung der Leistungen. Durch die beschriebene Strukturierung eines Leistungsverzeichnisses besteht die Gefahr, Teilleistungen Positionen falsch zuzuordnen oder einzelne Teilleistungen bei der Mengenermittlung zu übersehen. Dies gilt analog für den Fall, dass mehrere Teilleistungen unter einer Position zusammengefasst sind.

Neben den strukturellen Problemen können weitere Probleme bei der Erstellung eines Leistungsverzeichnisses auftreten. Eingabefehler bei der Erfassung der Mengen mittels Software oder Rechenfehler bei manueller Mengenermittlung ohne EDV-Unterstützung ziehen eine unvollständige oder fehlerhafte Leistungsbeschreibung in Verbindung mit widersprüchlichen Angaben zwischen Planunterlagen und Leistungsverzeichnis nach sich. Die VOB hat zwar in Teil B eine Systematik für das Lösen dieser Probleme vorgesehen. Allerdings können dadurch aufgetretene Fehler nur korrigiert, deren Ursache jedoch nicht beseitigt werden.

2.5.1.4 Fazit

Da derzeit keine Alternative zum Standard Leistungsverzeichnis⁵⁴ besteht, ist bei der Produktbeschreibung für ein Bauwerk auch weiterhin von einer Leistungsbeschreibung in Verbindung mit Planunterlagen auszugehen. Die Fertigungsprozesse sind durch den Bieter entsprechend der Struktur des Leistungsverzeichnisses in den Positionen abzubilden. Dies geschieht anhand von Teilprozessen als Unterpositionen. Die Teilprozesse zur Herstellung eines Fertigungsabschnitts liegen dadurch an die Struktur des Leistungsverzeichnisses angepasst und in der Regel über unterschiedliche Positionen verteilt vor. Ein direkter Bezug zu den Fertigungsabschnitten ist in einem Leistungsverzeichnis nach Standardleistungsbuch in der Regel nicht gegeben.

⁵³ Vgl. Kuhne, C: Grundlagen und Entwurf eines Produktionsmodells für das Bauwesen, Dissertation TU München 2000, S. 138ff

⁵⁴ Ripberger, A.: Kosten- und Terminkontrolle mittels eines Produktionsmodells, Dissertation am Lehrstuhl für Tunnelbau und Baubetriebslehre TU München 2000, S. 166

Aus Sicht des Produktionsablaufs reicht es nicht aus, den Fertigungsabschnitten die in den Unterpositionen abgebildeten Teilprozesse lediglich zuzuweisen. Für die Produktionsplanung sind Teilprozessketten zu bilden, welche die strukturierte Abfolge der Teilprozesse bei der Herstellung eines Fertigungsabschnitts beschreiben (vgl. Kapitel 2.3.6.3). Innerhalb der Teilprozesskette ist daher für jeden Teilprozess die Angabe der Positionsnummer und der Kennung der Unterposition, die als Teilprozessschlüssel verwendet werden kann, notwendig. Durch die für jeden Fertigungsabschnitt anzulegende Teilprozesskette ist der Bezug zwischen Produkt und Prozess hergestellt. Dies bildet die Grundlage für ein darauf aufbauendes Produktionsmodell. Über die Positionsnummer der Teilprozesse ist der Bezug zwischen Fertigungsabschnitt und Leistungsverzeichnis hergestellt.

2.5.2 *Kostenarten*

Die Kostenarten nach KLR Bau wurden bereits in Kapitel 2.1.4.1 behandelt. Grundsätzlich ist

- dem Personal und der Aufsicht eines Betriebs,
- jedem Gerät bzw. Schalung und Rüstung,
- sämtlichen Materialien und
- allen Nachunternehmern

die entsprechende Kostenart nach KLR Bau zuzuweisen. Die Struktur der Kostenarten kann firmenspezifisch angelegt werden. Die firmenspezifische Kostenartenstruktur sollte sich jedoch an der KLR Bau orientieren, da diese einen einheitlichen Standard für das Bauwesen vorgibt.

2.5.3 *Mittellohne*

Für den Produktionsapparat entstehen zeitabhängige Kosten durch dessen Vorhaltung auf einer Baustelle. Im Falle der Einsatzmittel Personal und Aufsicht betrifft dies die Lohnkosten. Diese werden proportional zur Vorhaltezeit in €/Ah angesetzt. Aus der erwarteten durchschnittlichen Anzahl der gewerblichen Arbeitskräfte und deren Verteilung auf die Lohngruppen wird der Mittellohn ML als durchschnittlicher Gesamttariflohn eines Betriebs in Währungseinheiten je Arbeiterstunde errechnet. Die Berechnungsmethodik ist in der KLR Bau⁵⁵ beschrieben. Der Mittellohn sollte unter Berücksichtigung des Anteils für Aufsichtstätigkeiten des Aufsichtspersonals separat für jeden Betrieb gebildet werden. Für jeden Mittellohn ist eine eigene Kostenart als Unterkostenart zur Hauptkostenart 1 nach KLR Bau anzulegen. Der Mittellohn wird zur Eingangsgröße für die Kalkulation der Lohnkosten eines Projekts. Für jede Position wird der kalkulierte Aufwandswert mit dem Mittellohn des entsprechenden Betriebs multipliziert. Das Beispiel einer Mittellohnberechnung ist im Anhang enthalten.

⁵⁵ Vgl. KLR Bau - Kosten- und Leistungsrechnung der Bauunternehmen, 7. Auflage 2001

2.5.4 *Gerätstamm*

Für den Gerätstamm dient die Baugeräteliste BGL als Vorlage. Es empfiehlt sich, die Gliederung der BGL zu übernehmen und diese um die dort nicht enthaltenen Geräte zu ergänzen. Die in der BGL nicht gelisteten Geräte können unter dem Punkt „Sonstige Geräte“ angelegt werden. Die Gliederung des Gerätstamms nach BGL ist bereits in gängiger Software realisiert, wobei die firmenspezifischen Daten einzupflegen sind. In der Regel ist lediglich eine Auswahl an Beispieldaten aufgeführt⁵⁶, wobei Schalung und Rüstung nicht in diesem Gerätstamm enthalten sind. Werden die Werte für A+V und R gegenüber den Werten der BGL erhöht oder reduziert, so wird dies in der Regel über einen Prozentsatz bezogen auf die BGL-Werte berücksichtigt.

2.5.5 *Gerätegruppen und Geräteliste*

Als Bestandteil der Betriebe sind Gerätegruppen zu bilden. Dazu werden einzelne Geräte aus dem Gerätstamm ausgewählt und gruppiert. Die Gerätedaten können aus der Gerätegruppe direkt in die Kalkulation und von dort in die Produktions- und Ablaufplanung übernommen werden (vgl. Kapitel 2.4.1). Die Anwendung von Gerätebausteinen für Leistungsgeräte, wie z.B. Bagger bei Aushubarbeiten, und für Vorhaltegeräte, wie z.B. Krane der Baustelleneinrichtung, ist bereits Standard in marktüblicher Software. Gerätebausteine für Schalung und Rüstung sind in derzeitiger Software nicht vorgesehen. Die Vorhaltemenge für Schalung und Rüstung ist normalerweise in der Geräteliste nicht enthalten. Sie wird in separater Software für die Produktions- und Ablaufplanung ermittelt. Dies hat zur Konsequenz, dass die Informationen über die kalkulierten Vorhaltemengen an Schalung und Rüstung, wenn überhaupt, nur in den einzelnen Positionen aufgeführt sind.

Für kontinuierliche Prozesse liegt die Vorhaltemenge über die Anzahl der Gerätegruppen, wie z.B. Anzahl Bagger, vor (vgl. Kapitel 2.4.1.1). Bei den diskontinuierlichen Prozessen für Schalung und Rüstung ist die Vorhaltemenge für die einzelnen Pools anzugeben. Die Vorhaltemenge gibt die Kapazität des jeweiligen Pools an. Für Schalung wird in der Regel die Mengenangabe Quadratmeter herangezogen. Die Vorhaltemenge kann ebenfalls über eine Stückliste angegeben werden. Die zugehörigen Kostenarten nach KLR Bau werden bereits im Gerätstamm zugeordnet.

2.5.6 *Werkzeuge und Kleingerät*

Neben den in der BGL gelisteten Geräten sind für die Bauproduktion Werkzeuge und Kleingeräte notwendig. Diese sind in der Baustellenausstattungs- und Werkzeugliste BAL⁵⁷ als Ergänzung zur BGL aufgeführt. Die Gliederung der BAL erfolgt in neun Gruppen. Die BAL ist bereits EDV-gerecht gestaltet und enthält einheitliche Werte für die aufgeführten Gegenstände.

⁵⁶ Vgl. Software ARRIBA®, Fa. RIB, Stuttgart

⁵⁷ Vgl. BAL 2001 Baustellenausstattungs- und Werkzeugliste, Hrsg. Hauptverband der Deutschen Bauindustrie e.V., Bauverlag 4. Ausgabe 2001

Werkzeuge und Kleingerät werden im Normalfall auf einem Projekt beschrieben. In der Kalkulation ist der Ansatz für Werkzeuge und Kleingeräte innerhalb der Baustellengemeinkosten oder über einen prozentualen Zuschlag auf den Mittelohn möglich⁵⁸. Die Höhe der Kosten kann dazu über eine Auflistung nach Struktur der BAL oder über die Nachkalkulation ähnlicher Projekt ermittelt werden.

2.5.7 *Material*

Innerhalb der Materialstruktur wird jedem Material für spätere Auswertungen eine Kostenart zugeordnet. Die Hauptkostenart 2 nach KLR Bau wird dazu weiter in Unterkostenarten untergliedert. Daraus ergibt sich eine hierarchische Struktur in Form einer Baumstruktur, wie es bereits im Baukontenrahmen der KLR Bau für die so genannten Baustoffe und Fertigungsstoffe der Konten 620 bis 624 angegeben ist. Die Materialmenge kann für das gesamte Projekt als Materialauszug in Form einer so genannten „Einkaufsliste“ für die Preisanfragen bei Materiallieferanten herangezogen werden. Dies ist in gängiger Software bereits realisiert⁵⁹.

Die Kosten für Stoffe sind je Mengeneinheit gegeben. Der Materialbedarf für jeden Teilprozess ergibt sich über die Mengenangabe im Kalkulationsbaustein. Hilfsstoffe werden normalerweise nicht direkt vergütet.

Grundsätzlich sei angemerkt, dass ein bestimmtes Material aus kaufmännischer Sicht als Stoff oder als Hilfsstoff deklariert werden kann, wie z.B. bei Beton als Stoff für einen Fertigungsabschnitt Stahlbetonwand oder als Hilfsstoff im Falle eines Kranfundaments.

2.5.8 *Nachunternehmer*

Nachunternehmerleistungen können nach der prozessorientierten Kostenbetrachtung behandelt werden wie Stoffe. Dies ist darin begründet, dass Nachunternehmerleistungen je ausgeführter Mengeneinheit vergütet werden. Nachunternehmer (NU) werden nach KLR Bau wie folgt klassifiziert⁶⁰:

- als selbstständige Nachunternehmer, die technisch in sich abgeschlossene Leistungen übernehmen und ausführen oder
- als Fremdundernehmer, die eine so genannte Fremdleistung anstelle des Hauptunternehmers (HU) in dessen Auftrag ganz oder teilweise erbringen.

Für die prozessorientierte Betrachtungsweise spielt diese Klassifizierung keine Rolle. Die korrekte Zuordnung zu den Teilleistungen des Leistungsverzeichnisses sowie die Umrechnung auf die betreffende Mengeneinheit der Teilleistung in der Kalkulation ist Sache des Hauptunternehmers. Jedem Nachunternehmer kann eine eigene Kostenart zugeordnet werden.

⁵⁸ Vgl. Drees, G. / Paul, W.: Kalkulation von Baupreisen, Bauverlag, 7. Auflage 2002

⁵⁹ Vgl. Modul Artikelstamm der Software ARRIBA®, Fa. RIB Stuttgart

⁶⁰ Vgl. KLR Bau - Kosten- und Leistungsrechnung der Bauunternehmen, 7. Auflage 2001, S. 22ff

Aus Sicht der Bauproduktion stellen die selbstständigen Nachunternehmer eigene Betriebe dar. Deren Zusammenwirken ist durch den Auftraggeber zu regeln⁶¹. Auf die entsprechenden Verordnungen und Gesetze in diesem Zusammenhang sei hingewiesen⁶². Die Nachunternehmer planen und führen ihre Arbeiten selbstständig aus gemäß vertraglich festgelegten Vorgaben. Für die Produktionsplanung und Koordinierung des Produktionsablaufs ist allerdings notwendig, dass dem Hauptunternehmer folgende Informationen vorliegen:

- durchschnittliche und maximale Personalstärke des Betriebs des Nachunternehmers für die Planung der Baustelleneinrichtung,
- geplante Produktionsgeschwindigkeiten bzw. Dauern für die einzelnen Teilprozesse,
- Personalstärken für die einzelnen Teilprozesse.

Indem man die zeitabhängigen Kosten je Teilleistung vom Nachunternehmer getrennt abfragt, können dem Angebot eines Nachunternehmers die für den Hauptunternehmer zur Koordinierung des Produktionsablaufs notwendigen Informationen entnommen werden. Die Angabe des Mittellohns ist vom Nachunternehmer einzufordern, um der Prüfungspflicht des Hauptunternehmers in Bezug auf die Vergütung des gesetzlichen Mindestlohns durch den Nachunternehmer an dessen gewerbliche Mitarbeiter genüge zu leisten⁶³. Wird vom Nachunternehmer verlangt, die Einheitspreise in die Anteile Lohn (EP_{Lohn}), Gerät ($EP_{Gerät}$), Material (EP_{Mat}) und Sonstiges ($EP_{Sonst.}$) aufzuschlüsseln, kann anhand des Mittellohns und des Lohnanteils am Einheitspreis der Aufwandswert je Position berechnet werden.

$$w_{\phi, Pos., n} = \frac{EP_{Lohn, Pos., n}}{ML_{NU, i}} \quad \text{in [Ah/ME]} \quad \text{mit} \quad EP = EP_{Lohn} + EP_{Gerät} + EP_{Mat.} + EP_{Sonst.}$$

Formel 6: Ermittlung des Lohnanteils am Einheitspreis eines Nachunternehmers

Bei Nachunternehmern, die nur Werklohnarbeiten ausführen, genügt es, sich den Prozentwert der Umlage auf den Lohn angeben zu lassen. Anhand der Anteile am Einheitspreis kann die Produktions- und Ablaufplanung des Nachunternehmers überprüft werden. Ein Abgleich mit eigenen Kenn- und Erfahrungswerten für Aufwandswerte und Personalstärken ist möglich. Ferner kann dadurch der eigene Datenstamm bzgl. Aufwandswerten und Personalstärken der Nachunternehmer erweitert werden.

Anhand des Materialanteils sind ebenfalls Plausibilitätsprüfungen möglich, indem man die Materialpreise und die vom Nachunternehmer angesetzten Materialmengen durch Abgleich mit eigenen

⁶¹ Vgl. Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen (VOB), Teil B, Ausgabe 2002, §4

⁶² Vgl. Gesetz zur Regelung der gewerbsmäßigen Arbeitnehmerüberlassung vom 7. August 1972 in der aktuellen Fassung, neugefasst durch Bek. v. 3. 2.1995 I 158; zuletzt geändert durch Art. 17 G v. 23. 7.2004 I 1842 ! Änderung durch Art. 11 Nr. 21 G v. 30. 7.2004 I 1950 (Nr. 41) noch nicht berücksichtigt!

⁶³ Vgl. Arbeitnehmerentendegesetz §1a in Verbindung mit den Urteilen vom 12.01.2004 – 5AZR 617/01 und 279/01

Erfahrungswerten prüft. Bei Bedarf ist vom Hauptunternehmer weitere Aufklärung über den Angebotsinhalt zu verlangen⁶⁴.

2.5.9 Die Prozessstruktur als Stammdatenbank für die Kalkulation

Für ein möglichst effektives Vorgehen im Rahmen der Kalkulation ist es zweckmäßig, auf bereits bestehende Vorlagen zurückzugreifen. Daher wird eine Prozessstruktur als Datenstamm für die Kalkulation eingeführt, aus der die Teilprozesse als Unterpositionen in die einzelnen Positionen kopiert werden können. Die Prozessstruktur ist eine eigene, unabhängige Struktur, welche die Teilprozesse als Kalkulationsbausteine enthält. Die Gliederung der Prozessstruktur kann auf beliebige Weise firmenspezifisch erfolgen. Ein Beispiel für die Gliederung einer Prozessstruktur ist in Abbildung 9 aufgelistet.

- Leistungsbereich (z.B. Stahlbetonarbeiten)
 - Prozesstyp (z.B. Schalen)
 - Elementtyp (z.B. Schalen Wand)
 - Untertyp (z.B. Schalen Wand, zweiseitig)
 - Geometriertyp (z.B. Schalen Wand, zweiseitig, Höhe bis 3,50m)
 - Verfahrenstechnik (z.B. Schalen Wand, zweiseitig, Höhe bis 3,50m Rahmenschalung)
 - W-SCHAL-350-Q4 Schalen Wand, zweiseitig, Höhe bis 3,50m Rahmenschalung, Personalstärke 4 A; $Q_{TP} = Q4$
 - W-SCHAL-350-EINQ3 Einschalen Wand, zweiseitig, Höhe bis 3,50 m Rahmenschalung, Personalstärke 3 A; $Q_{TP} = Q3$
 - W-SCHAL-350-EINQ4 Einschalen Wand, zweiseitig, Höhe bis 3,50 m Rahmenschalung, Personalstärke 4 A; $Q_{TP} = Q4$
 - W-SCHAL-350-EINQ5 Einschalen Wand, zweiseitig, Höhe bis 3,50 m Rahmenschalung, Personalstärke 5 A; $Q_{TP} = Q5$
 - W-SCHAL-350-AUSQ3 Ausschalen Wand, zweiseitig, Höhe bis 3,50 m Rahmenschalung, Personalstärke 3 A; $Q_{TP} = Q3$
 - W-SCHAL-350-AUSQ4 Ausschalen Wand, zweiseitig, Höhe bis 3,50 m Rahmenschalung, Personalstärke 4 A; $Q_{TP} = Q4$
 - W-SCHAL-350-AUSQ5 Ausschalen Wand, zweiseitig, Höhe bis 3,50 m Rahmenschalung, Personalstärke 5 A; $Q_{TP} = Q5$

Abbildung 9: Beispiel für eine Prozessstruktur

⁶⁴ Vgl. Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen (VOB), Teil A, Ausgabe 2002

Die einzelnen Teilprozesse werden aus der Prozessstruktur, die als Stammdatenbank dient, in die Positionen des Leistungsverzeichnisses kopiert. Nach Kopie der Teilprozesse in die Positionen des Leistungsverzeichnisses können diese an die in der Ausschreibung geforderten individuellen Produkteigenschaften angepasst werden. Jeder Teilprozess verfügt über einen Schlüssel. Über den Schlüssel ist es möglich nachzuvollziehen, in welchen Positionen der Teilprozess als Kalkulationsbaustein enthalten ist.

3 Produktions- und Ablaufplanung

3.1 Grundlagen der Produktions- und Ablaufplanung

3.1.1 Ablaufelemente

Unter Ablaufelementen versteht man Ereignisse, Vorgänge und Anordnungsbeziehungen⁶⁵. Ein Ereignis ist ein Ablaufelement, welches das Eintreten eines bestimmten Zustands beschreibt. Ein Vorgang ist ein Ablaufelement, das ein bestimmtes Geschehen beschreibt, bei dem Anfang und Ende definiert sind. Anordnungsbeziehungen sind quantifizierbare Abhängigkeiten zwischen Ereignissen und Vorgängen. Als Anordnungsbeziehungen sind genormt die

- Normalfolge
- Sprungfolge
- Anfangsfolge
- Endfolge.

Zusätzlich zu den genormten Anordnungsbeziehungen wurde von Burkhardt die Anordnungsbeziehung kritische Annäherung, kurz Annäherung⁶⁶, definiert. Die Annäherung ist eine Kombination aus Anfangsfolge und Endfolge innerhalb einer Staffel von zwei Vorgängen. Die Vorgänge hängen derart voneinander ab, dass sie zwar gleichzeitig ablaufen, aber während ihrer gesamten Dauer einen gewissen räumlichen oder zeitlichen Mindestabstand einhalten müssen. Dieser Mindestabstand darf aus bautechnischen oder betrieblichen Gründen nicht unterschritten werden.

Die Anordnungsbeziehungen wurden am Lehrstuhl für Tunnelbau und Baubetriebslehre der TU München auf den Typ der Endfolge umgerechnet, genannt Uniformierung. Dazu wird der Zeitabstand ε eingeführt, der den entsprechenden uniformierten Zeitabstand einer Endfolge für den Mindestzeitabstand ($\min Z$) der jeweiligen Anordnungsbeziehung darstellt. Der Zeitabstand gibt den Zeitwert einer Anordnungsbeziehung an. Dieser kann größer als, kleiner als oder gleich Null sein.

Die Anordnungsbeziehungen werden grundsätzlich in zwei Kategorien unterschieden, in kausale und betriebliche Anordnungsbeziehungen⁶⁷.

⁶⁵ Vgl. DIN 69901, Ausgabe August 1987

⁶⁶ Vgl. Burkhardt, G.: Numerische Ablaufplanung einer Baustelle, Schriftenreihe des Bayerischen Bauindustrieverbandes Nr. 4, Bauverlag 2. Auflage 1968 S. 36ff.

⁶⁷ Vgl. Bösch, H.-J.: Vorlesungsskript Produktions- und Ablaufplanung, 3. Auflage 2003

| Bezeichnung | Darstellung | Berechnung | ϵ |
|---|-------------|--|--|
| NF Normalfolge $E(I) - A(J)$ | | $A(J) \geq E(I) + \min Z$ $A(J) \leq E(I) + \max Z$ | $\min Z + D(J)$ |
| SF Sprungfolge $A(I) - E(J)$ | | $E(J) \geq A(I) + \min Z$ $E(J) \leq A(I) + \max Z$ | $\min Z - D(I)$ |
| AF Anfangsfolge $A(I) - A(J)$ | | $A(J) \geq A(I) + \min Z$ $A(J) \leq A(I) + \max Z$ | $\min Z + D(J) - D(I)$ |
| EF Endfolge $E(I) - E(J)$ | | $E(J) \geq E(I) + \min Z$ $E(J) \leq E(I) + \max Z$ | $\min Z$ |
| A Annäherung $A(I) - A(J)$ und $E(I) - E(J)$ | | für $D(I) \leq D(J)$ bei $\min Z$ wie AF bei $\max Z$ wie EF für $D(I) \geq D(J)$ bei $\min Z$ wie EF bei $\max Z$ wie AF | $\min Z$ $\min Z + D(J) - D(I)$ |

Abbildung 10: Darstellung der Anordnungsbeziehungen⁶⁸

3.1.2 Kausale Anordnungsbeziehungen

Die kausalen (stringenten) Anordnungsbeziehungen zeigen die Ablaufstruktur eines Projektes allein nach konstruktiven, technologischen und bautechnischen Gesichtspunkten, ohne betriebliche Wünsche zu berücksichtigen. Das daraus resultierende Netz wird Kausalnetz genannt⁶⁹. Es bildet die Grundlage zur Entwicklung eines wirtschaftlichen Bauablaufs und erfüllt drei Aufgaben:

- Es zeigt die zwingend vorgegebenen Ablaufbedingungen eines Projekts.
- Es liefert Entscheidungskriterien für die Variation der betrieblichen Verknüpfungen.
- Es zeigt eine untere Grenze für die Bauzeit des Projekts, da sich die Projektdauer nur verlängern kann, wenn man betriebliche Verknüpfungen in das Kausalnetz einführt.

⁶⁸ Vgl. Hrsg. Bösch, H.-J.: Skriptum zu Vorlesung Übungen Baubetrieb 1 bis 3, Lehrstuhl für Tunnelbau und Baubetriebslehre der TU München, 2003

⁶⁹ Vgl. Burkhardt, G.: Numerische Ablaufplanung einer Baustelle, Schriftenreihe des Bayerischen Bauindustrieverbandes Nr. 4, Bauverlag 2.Auflage 1968 S. 52

Kausale Anordnungsbeziehungen können sich neben den genannten Randbedingungen auch aus vertraglichen Bedingungen ergeben.

3.1.3 Betriebliche Anordnungsbeziehungen

Falls zwischen Vorgängen oder Prozessen keine technischen Abhängigkeitsbeziehungen bestehen, können diese gleichzeitig oder in beliebiger Reihenfolge nacheinander ablaufen. Im Regelfall ist es wirtschaftlich sinnvoller, gleichartige Vorgänge und Prozesse mit ein und demselben Produktionsapparat nacheinander auszuführen. Dies reduziert den Umfang der Baustelleneinrichtung sowie die Anzahl von Personal und Gerät. Man ist also bestrebt, für einen Produktionsapparat eine kontinuierliche Abfolge der Arbeitsprozesse zu schaffen. Gelingt dies, so wird dies eine Fertigungsstraße genannt. Dies ist zum Beispiel der Fall bei unmittelbar aufeinander folgendem Aushub für Widerlager und Pfeiler einer Brücke. Ungleichartige Vorgänge können nicht zu Fertigungsstraßen zusammengefasst werden, da sie unterschiedliche Produktionsapparate benötigen, wie es z.B. bei den Vorgängen Pfähle Fundament und Aushub Fundament der Pfeiler einer Brücke der Fall ist. Ungleichartige Vorgänge sollen so ablaufen, dass im Produktionssystem keine Einsatzmittelspitzen auftreten⁷⁰. Zur Darstellung der Verteilung der Einsatzmittel über die Zeitachse werden Ganglinien durch Summierung der Einsatzmittel je Zeiteinheit gebildet. In einer Ganglinie kann jeweils nur ein Einsatzmitteltyp dargestellt werden. Zur Bewertung der Arbeiterganglinie und deren Spitzen dient der Potenzialfaktor (siehe Glossar). Der Zusammenhang zwischen Kausal- und Produktionsnetz stellt sich wie folgt dar:

$$\text{Kausalnetz} + \text{produktionstechnische Wünsche} = \text{Produktionsnetz}^{71}$$

Dies bedeutet: Die betrieblichen Anordnungsbeziehungen beschreiben in der Netzplantechnik die betrieblich erwünschten Ablaufbedingungen, die sich aus der Optimierung nach Zeit oder Kosten ergeben. Sie erweitern das Kausalnetz zum Produktionsnetz. Es existiert eine Vielzahl von Produktionsnetzen, aus denen ein Netz für den gewünschten Ablauf auszuwählen ist. Falls sich Abweichungen vom Sollzustand ergeben, ist das gewählte Produktionsnetz umgehend zu prüfen und an die neuen Gegebenheiten anzupassen.

3.1.4 Die Rangbestimmung von Vorgängen

Jedem Vorgang bzw. Ereignis wird eine Ordnungszahl als Rang R zugeordnet, die sich aus der Ablaufstruktur und den Anordnungsbeziehungen ergibt. Durch die Rangsortierung werden Vorgänge über ihre Anordnungsbeziehungen in eine qualitative Reihenfolge gebracht. Anhand der Anordnungsbeziehung zwischen zwei Vorgängen können diese in Vorgänger Vorgang I und Nachfolger

⁷⁰ Vgl. Burkhardt, G.: Numerische Ablaufplanung einer Baustelle, Schriftenreihe des Bayerischen Bauindustrieverbandes Nr. 4, 2.Auflage 1968 S. 54

⁷¹ Vgl. Burkhardt, G.: Numerische Ablaufplanung einer Baustelle, Schriftenreihe des Bayerischen Bauindustrieverbandes Nr. 4, 2.Auflage 1968 S. 80

Vorgang J klassifiziert werden. Der Projektanfang PA wird stets mit dem Rang 0 belegt. Für alle Nachfolger J werden sämtliche Vorgänger I_i untersucht. Beginnend vom Projektanfang ergibt sich der Rang für jeden Nachfolgevorgang über folgende Regel:

$$R(J) = \max \{ R(I_i) + 1 \} \text{ für alle Vorgänger } I_i \text{ von } J$$

Formel 7: Rangbestimmung eines Nachfolgevorgangs⁷²

Voraussetzung für die Rangbestimmung des Nachfolgers J ist, dass alle Vorgänger I_i bereits einen Rang erhalten haben. Die Rangsortierung ist beendet, wenn sämtlichen Vorgängen und Ereignissen ein Rang > 0 zugewiesen wurde. Durch die Rangbestimmung werden folgende Punkte ermöglicht:

- eine grafische Darstellung des Netzes,
- eine tabellarische Netzberechnung und
- das Auffinden von Zyklen.

3.1.5 Die Produktionsfunktion

Für die Berechnung der Dauer von Vorgängen wurde die allgemeine Produktionsfunktion nach Gutenberg⁷³ von Burkhardt⁷⁴ an die Anforderungen der Bauproduktion angepasst.

$$Q * D * T = V * w = W$$

Formel 8: Allgemeine Produktionsfunktion

Für die Anwendung zur Dauerberechnung von Vorgängen ist sie wie folgt formuliert:

$$D = \frac{V * w}{Q * T_d} = \frac{W}{Q * T_d} \quad [d]$$

Formel 9: Produktionsfunktion nach Burkhardt

Die Parameter bedeuten im Einzelnen:

- Q = Betrieb, repräsentiert durch dessen Einsatzmittel, dies gilt analog für Teile eines Betriebs, d.h. Kolonnen und Mannschaften [A] und Gerätegruppen [GG]
- D = Dauer [Mo, Wo, d, h], hier Angabe in [d]
- T_d = tägliche Arbeitszeit [h/d]
- V = Volumen [ME], Volumen eines Prozesses oder eines Vorgangs
- w = spezifischer Aufwandswert [EMh/ME]
- W = Aufwand [EMh]

Die Produktionsfunktion kann auf sämtliche Typen von Einsatzmitteln angewandt werden.

⁷² Vgl. Bösch, H.-J.: Vorlesungsskript Produktions- und Ablaufplanung, 3. Auflage und Übung Produktions- und Ablaufplanung, Lehrstuhl Tunnelbau und Baubetriebslehre der TU München 2003

⁷³ Vgl. Gutenberg, E.: Grundlagen der Betriebswirtschaftslehre Bd. 1 Die Produktion, Springer Verlag 24. Auflage 1983

⁷⁴ Vgl. Burkhardt, G.: Numerische Ablaufplanung einer Baustelle, Schriftenreihe des Bayerischen Bauindustrieverbandes Nr. 4, 2. Auflage 1968 S. 62ff

Über die Produktionsfunktion ist es ebenfalls möglich, die geplante Personalstärke eines Nachunternehmers zu berechnen, wenn Dauer und Aufwandswert bekannt sind. Die gewonnenen Werte dienen zum Abgleich mit der vorhandenen Personalstärke des Nachunternehmers während der Ausführung. Für kontinuierliche Prozesse kann alternativ die Dauerleistung bzw. die spezifische Produktionsgeschwindigkeit abgefragt werden.

3.1.6 Baugeschwindigkeit und Produktionsgeschwindigkeit

Die Soll-Baugeschwindigkeit ergibt sich aus dem geplanten Produktionsablauf. Dazu sind zuerst die Dauern der Teilprozessketten der einzelnen Fertigungsabschnitte zu bestimmen. Bei Einhaltung der Mindestzeitabstände liegt die minimale Dauer einer Teilprozesskette vor, d.h. die für jeden Fertigungsabschnitt minimale Fertigungsdauer bei gegebenen Einsatzmittelstärken. Der geplante Produktionsablauf und damit die geplante Dauer der Teilprozessketten folgt aus der Herstellungsreihenfolge der Fertigungsabschnitte, die im Rahmen der Produktionsplanung festgelegt wird.

Die Baugeschwindigkeit⁷⁵ beschreibt den auf eine Zeiteinheit bezogenen Fortschritt bei der Herstellung eines Bauwerks. Dabei gibt c_{SOLL} geplanten Fortschritt und c_{IST} den tatsächlichen Fortschritt an. Bezugsgröße ist das gesamte Bauwerk oder ein Teil des Bauwerks. Für die Angabe der Baugeschwindigkeit ist zu beachten, dass sich diese nur auf typgleiche Teile des Bauwerks beziehen kann. Für die Ablaufplanung kann eine Betrachtung auf übergeordneter Ebene wie z.B. Geschosse ausreichend sein. Dabei gibt man an, in wie vielen Wochen ein Geschoss hergestellt wird, z.B. 1 Geschoss in 2 Wochen.

Die Produktionsgeschwindigkeit ist die Bezugsgröße für Prozesse und Teilprozesse. Sie gibt an, wie viele Mengeneinheiten oder Fertigungsabschnitte in einem vorgegebenen Zeitraum hergestellt werden sollen als v_{SOLL} oder hergestellt worden sind als v_{IST} . Die Produktionsgeschwindigkeit ist abhängig vom gewählten Verfahren und berechnet sich als Quotient aus herzustellendem Volumen V und zugehöriger Dauer D .

$$v = \frac{V}{D} \quad \text{in [ME/ZE]}$$

Formel 10: Berechnung der Produktionsgeschwindigkeit über die Dauer

Die Produktionsgeschwindigkeit kann durch Variieren der Einsatzmittelstärke gezielt auf den geplanten Produktionsablauf ausgerichtet werden.

Für beide Größen c und v existieren Erfahrungswerte. Sie basieren auf vorangegangenen Projekten und werden durch Erfassung tatsächlich erreichter Werte ermittelt. Generell gilt: Bei neuen Projekten ist stets zu prüfen, ob die Erfahrungswerte bei den gegebenen Randbedingungen zutreffen oder ob eine Korrektur angebracht ist. Diese Einschätzung obliegt der Arbeitsvorbereitung und der Kalkulation.

⁷⁵ Vgl. Burkhardt, G.: Numerische Ablaufplanung einer Baustelle, Schriftenreihe des Bayerischen Bauindustrieverbandes Nr. 4, Bauverlag 2. Auflage 1968 S. 62ff

3.1.7 Kennwerte

Kennwerte dienen zur überschlägigen Dauerberechnung, als Vorgabe für die Produktionsplanung oder zur Plausibilitätsprüfung von Ergebnissen der Produktions- und Ablaufplanung. Diese Werte basieren in der Regel auf geometrischen Größen wie z.B. als Kennwert Arbeiterstunden je Kubikmeter Bruttorauminhalt eines Gebäudes [Ah/m³BRI].

Auf Basis von Kennwerten allein ist eine sinnvolle Produktions- und Ablaufplanung nicht möglich, da individuelle Projekteigenschaften, wie Geometrie des Bauwerks, und insbesondere die kausalen Abhängigkeiten nicht berücksichtigt werden. Daher sind diese Werte anhand von Baugeschwindigkeit oder Produktionsgeschwindigkeit auf Plausibilität zu überprüfen.

3.2 Stand der Produktions- und Ablaufplanung

3.2.1 Bisherige Vorgehensweise

3.2.1.1 Projektstrukturierung

Voraussetzung für die Ablaufplanung ist eine den Anforderungen des Projekts entsprechende, individuell angelegte Projektstruktur⁷⁶. Für die Ablaufplanung ist die maßgebende Projektstruktur die Ablaufstruktur⁷⁷ als Gesamtheit aller Ereignisse, Vorgänge und Anordnungsbeziehungen. Die Ablaufstruktur wird normalerweise in Form eines Ablaufplans dargestellt. Dazu wird das herzustellende Bauwerk im Top-Down-Verfahren in Einheiten untergliedert, die geeignet sind, die Produktion zu planen und zu steuern. Dies wurde von Burkhardt als Planung der Objektstruktur bezeichnet. Für die Produktion ist die Kenntnis der herzustellenden Mengen notwendig. Die Mengenermittlung erfolgt für die einzelnen Elemente der gewählten Ablaufstruktur.

3.2.1.2 Ablaufplanung

Die Ablaufplanung erfolgt auf Grundlage der gewählten Projektstruktur. Innerhalb der Ablaufplanung werden Vorgänge definiert, deren Dauer bestimmt und deren zeitliche Abfolge unter Berücksichtigung technischer und produktionsbedingter Abhängigkeiten festgelegt. Für die Bauausführung auf Auftragnehmerseite ist die Wahl geeigneter Verfahrenstechnik Voraussetzung für und Bestandteil der Ablaufplanung⁷⁸. Übergeordnetes Ziel der Ablaufplanung ist der geordnete Bauablauf unter Berücksichtigung der Optimierungsparameter Zeit oder Kosten.

Für die Herstellung eines Bauwerks dürfen nur solche Verfahren gewählt werden, die den Anforderungen der Leistungsbeschreibung bezüglich der geforderten Qualität und den Belangen der Arbeitssicherheit genüge leisten. Aus Gründen der Wirtschaftlichkeit muss das gewählte Verfahren möglichst effektiv und kostengünstig sein. Für einen Wirtschaftlichkeitsvergleich werden daher

⁷⁶ Vgl. DIN 69900-Teil 1, Ausgabe August 1987

⁷⁷ Vgl. DIN 69901, Ausgabe August 1987

⁷⁸ Vgl. Bauer, H.: Baubetrieb 2 – Bauablauf, Kosten, Störungen, Springer-Lehrbuch 2. Auflage, Springer Verlag Berlin 1999 S. 461

Variantenstudien vorgenommen. Die einzelnen Varianten werden unter den gegebenen Randbedingungen gegenübergestellt und Vor- und Nachteile sowie Kosten bewertet. Das Ergebnis der Ablaufplanung wird in der Regel als Balkenplan, Zeitfolgeplan, Weg-Zeit-Diagramm oder als Netzplan abgebildet. Zu weiterführenden Informationen wird auf die entsprechende Literatur verwiesen.

3.2.1.3 Produktionsplanung

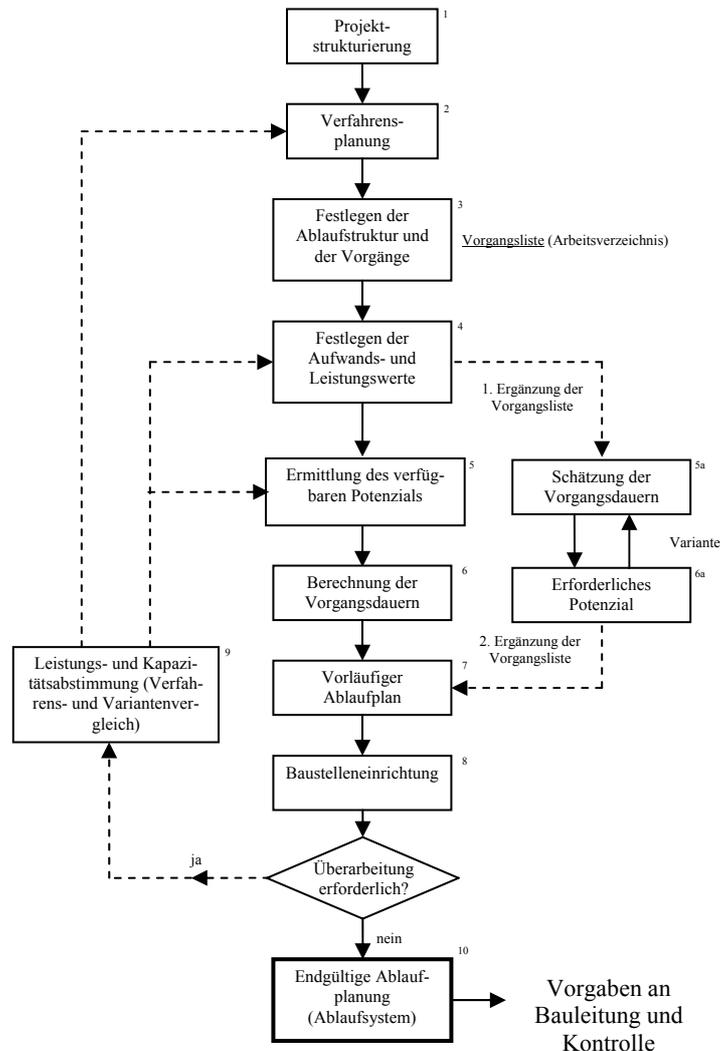


Abbildung 11: Schema der Bauablaufplanung nach Bauer⁷⁹

Produktionsplanung bedeutet die Kombination von Einsatzmittel- und Ablaufplanung unter Berücksichtigung der örtlichen Gegebenheiten, der gewählten Verfahrenstechnik sowie aller äußeren Einflüsse und sonstiger Abhängigkeiten. Für die Einsatzmittelplanung kommt die Produktionsfunktion (s. Formel 9) zur Anwendung. Im Rahmen der Einsatzmittelplanung werden Einsatzmittel Vorgängen zugeordnet und deren Einsatz im Bauablauf zeitlich koordiniert. Aus der Produktionsplanung

⁷⁹ Vgl. Bauer, H.: Baubetrieb 2, – Bauablauf, Kosten, Störungen, Springer-Lehrbuch 2. Auflage, Springer Verlag Berlin 1999, S. 469

ergibt sich der Materialbedarf für die einzelnen Prozesse. Daraus wird die Materialbedarfsplanung abgeleitet, welche die Planung und Koordinierung des Bedarfs sämtlicher Materialien, die zur Herstellung eines Bauwerks benötigt werden, beinhaltet. Die Materialbedarfsplanung ist Voraussetzung für die Materialdisposition als zeitliche Koordinierung des Materialflusses auf Grundlage des Bedarfs. Die Baustelleneinrichtungsplanung ist auf Produktionsplanung und Materialbedarfsplanung abzustimmen und hat folgende Anforderungen zu erfüllen⁸⁰:

- Bemessung und Bestimmung des Platzbedarfs für die einzelnen Elemente der Einrichtung,
- Schaffung der Voraussetzungen für einen ungestörten Bauablauf in jeder Bauphase,
- materialflussgerechte Anordnung der Einrichtung mit minimalen Transportwegen und
- Einhaltung der Emissionsgrenzen.

Zu ausführlichen Angaben und weiterführenden Beschreibungen wird auf die einschlägige Literatur verwiesen⁸¹. Exemplarisch ist das Schema der Bauablaufplanung nach Bauer in Abbildung 11 aufgeführt.

Für die Einsatzmittelplanung werden in geeigneten Fällen die Methoden der Taktplanung oder der Fließfertigung angewendet. Voraussetzung für Taktfertigung ist die Einteilung eines Bauwerks in eine ausreichend große Anzahl quantitativ und qualitativ gleichartiger Fertigungsabschnitte, die repetitive Teilprozessketten aufweisen⁸². Die Synchronisation erfolgt dabei über die Taktzeit. Ziel ist, eine möglichst konstante Ganglinie der an die Prozesse oder Teilprozesse gebundenen Einsatzmittel zu erreichen. Die Methoden der Taktplanung können bei diskontinuierlichen Prozessen nur bedingt oder nicht angewendet werden. Für diejenigen Bauwerke, bei denen die Voraussetzungen für Taktplanung nicht gegeben sind, ist die Produktionsplanung mit einem Poolkonzept zu erarbeiten. Poolkonzept bedeutet, dass die im Pool vorhandenen Einsatzmittel den einzelnen Teilprozessen so lange zugeteilt werden, bis die Einsatzmittelkapazität des Pools erschöpft ist⁸³. Die Einsatzmittelkapazität gibt die in einem Pool für die Disposition zur Verfügung stehende Anzahl bzw. Menge an Einsatzmitteln an. Die Zuteilung kann nach bestimmten Kriterien erfolgen, wie z.B. Prioritäten einzelner Teilprozesse, Kosten oder zur Verfügung stehende Fertigungszeit. Kausale Abhängigkeiten sind bei der Zuteilung der Einsatzmittel zu den einzelnen Teilprozessen zu beachten. Für einen möglichst kontinuierlichen Einsatz der Einsatzmittel sind die Teilprozesse untereinander zu synchronisieren. Bei Anwendung eines Poolmodells bedeutet Synchronisation die Abstimmung der einzelnen Teilprozesse untereinander unter Berücksichtigung der Einsatzmittelkapazitäten der Pools. Ziel ist durch einen Gleichlauf der Produktion eine möglichst gleichmäßige und optimale Auslastung der Einsatzmittel und einen wirtschaftlichen Produktionsablauf zu erreichen.

⁸⁰ Vgl. Bauer, H.: Baubetrieb 2, – Bauablauf, Kosten, Störungen, Springer-Lehrbuch 2. Auflage, Springer Verlag Berlin 1999

⁸¹ Vgl. Drees, G.: Fertigungsplanung und -steuerung im Bauwesen, Institut für Baubetriebslehre Universität Stuttgart 1990 und Bauer, H.: Baubetrieb 1, Springer Verlag Berlin 1999

⁸² Vgl. Schub, A.: Probleme der Taktplanung in der Bauproduktion, Bauverlag GmbH Wiesbaden und Berlin 1970

⁸³ Vgl. Bocklitz, Christian: Ein Beitrag zur Optimierung der Produktionsplanung diskontinuierlicher Prozesse, Dissertation TU München 2006

Fließfertigung bedeutet, dass sich die ausführenden Betriebe entlang einer Fertigungsstraße stetig über das Bauwerk hinweg bewegen. Dabei ist eine Anpassung der Produktionsgeschwindigkeit der einzelnen Prozesse an einen definierten Leitprozess möglich oder wird zumindest angestrebt. Die typische Anordnungsbeziehung zwischen den Prozessen bzw. Teilprozessen ist die kritische Annäherung. Fließfertigung ist charakteristisch für kontinuierliche Prozesse.

Die Ergebnisse der Produktionsplanung mit Einsatzmittelbedarf und Materialbedarf werden im Normalfall in einen Balkenplan oder Zeitfolgeplan übertragen. Dies geschieht durch Zuweisung dieser Einsatzmittel zu den einzelnen Vorgängen. Bei der Darstellung als Weg-Zeit-Diagramm oder Netzplan werden Einsatzmittelbedarf und Materialbedarf in der Regel nicht integriert. Auf entsprechende Literatur und Software wird verwiesen. Für die Darstellung der zeitlichen Verteilung eines bestimmten Volumens über die Zeitachse kommen Volumen-Zeit-Diagramme zur Anwendung. Dies ist auch relevant für die Darstellung von Materialbedarf und Materialverbrauch.

3.2.2 *Produktions- und Ablaufplanung nach Projektphasen*

3.2.2.1 Projektphasen der Produktions- und Ablaufplanung

Die Produktions- und Ablaufplanung wird üblicherweise in drei unterschiedlichen Phasen durchgeführt:

- Phase 1: Angebotsbearbeitung bis zum Zeitpunkt der Auftragserteilung,
- Phase 2: nach Beauftragung bis Beginn der Ausführung der jeweiligen Arbeiten,
- Phase 3: während der Ausführung als laufende Maßnahme zur Baustellensteuerung und Dokumentation bis hin zur Schlussrechnung.

Phase 1: Im Rahmen der Angebotsbearbeitung erfolgt die Produktions- und Ablaufplanung normalerweise auf einem weniger detaillierten Niveau als es für die spätere Ausführung erforderlich ist. Die Gründe liegen darin, dass der Aufwand und damit die Kosten für eine detaillierte Produktions- und Ablaufplanung relativ hoch sind. Man beschränkt sich üblicherweise auf die wesentlichen Positionen einer ABC-Analyse⁸⁴ und auf die Vorgänge, die für den Ablauf aus kausalen Gründen relevant sind. Für die definierten Vorgänge werden unter Berücksichtigung des jeweiligen Verfahrens Leistungsansätze oder Aufwandswerte (Stundenansätze) angesetzt. Die Einsatzzahlen für Schalung und Rüstung können aus der geplanten Baugeschwindigkeit und Produktionsgeschwindigkeit abgeleitet werden. In der Regel wird ein Zeitfolgeplan mit Personalganglinie angelegt, aus der durchschnittliche und maximale Personalstärke sowie Potenzialfaktor bestimmt werden. Die Vorhaltemengen für die einzelnen Gerätegruppen sind in einer Geräteliste festzuhalten. Die Vorhaltemengen für Schalung und Rüstung werden in der Regel über die Zuweisung des Bedarfs zu den einzelnen Vorgängen und die daraus resultierende Ganglinie bestimmt, woraus die zeitabhängigen Kosten für

⁸⁴ Vgl. Bauer, H.: Baubetrieb 2, Springer Verlag Berlin 1999, S. 470ff und Drees, G. / Paul, W.: Kalkulation von Baupreisen, 7. Auflage 2002

die Angebotskalkulation ermittelt werden. In einer marktüblichen Software kann ein so genanntes Vorgangsmodell für die Ablaufplanung angelegt und den Vorgängen die gesamte Menge oder eine Teilmenge einer Position des Leistungsverzeichnisses zugeordnet werden⁸⁵. Dabei werden sowohl die zugeordneten Mengen als auch die zugeordneten Einsatzmittel über die Dauer eines Vorgangs gleichmäßig verteilt.

Phase 2: Im Zuge der Arbeitsvorbereitungsmaßnahmen wird die Auftragskalkulation zur Arbeitskalkulation überarbeitet, damit sie als Vorgabe für die Kosten- und Leistungskontrolle mit den entsprechenden Soll-Ist-Vergleichen und als Grundlage für die monatliche Leistungsmeldung verwendet werden kann (vgl. Kapitel 2.1.2). Dies gilt analog für die Ablaufplanung, die für einen Ablauf-Soll-Ist-Vergleich geeignet zu strukturieren ist. Beim Ablauf-Soll-Ist-Vergleich werden Soll-Dauer und Ist-Dauer der definierten Vorgänge verglichen. Dazu ist es in der Regel notwendig, den Detaillierungsgrad der Ablaufplanung aus Phase 1 zu erhöhen. Der maximale Detaillierungsgrad ergibt sich bei einem Ablauf-Soll-Ist-Vergleich auf Basis von Fertigungsabschnitten und deren Teilprozessketten.

Phase 3: Parallel zur Ausführung sind die erforderlichen Ist-Werte zu erfassen und die notwendigen Soll-Ist-Vergleiche zur Steuerung des Bauvorhabens durchzuführen. Für den Ablauf-Soll-Ist-Vergleich ist für jeden Vorgang der Fertigstellungsgrad zu ermitteln. Der Fertigstellungsgrad gibt das Verhältnis der zu einem Stichtag erbrachten Leistung zur Gesamtleistung des Vorganges an⁸⁶. Dazu wird das Volumen V_{IST} erfasst, das bis zum Stichtag im Zeitraum D_{IST} hergestellt wurde. Die Angabe des Fertigstellungsgrads erfolgt in der Regel als prozentualer Anteil bezogen auf die herzustellende Gesamtmenge. V_{IST} kann über eine detaillierte Mengenermittlung als so genanntes Aufmaß oder anhand von Methoden mit geringerem Detaillierungsgrad erfasst werden. Hierfür kommen eine überschlägige Mengenermittlung oder eine mit ausreichender Genauigkeit durchgeführte Schätzung in Frage. Die Differenz zwischen Sollvorgabe V_{SOLL} und tatsächlich erbrachter Menge V_{IST} ergibt die Höhe der Abweichung.

Auf Grundlage der Ist-Produktionsgeschwindigkeiten und der Ist-Baugeschwindigkeiten wird die Prognose des weiteren Bauablaufs mit voraussichtlichem Fertigstellungstermin unter Einbezug und Beibehaltung der bislang erreichten Produktionsgeschwindigkeit erstellt. Die Ablaufplanung ist ausgehend von den bisherigen Ist-Zuständen ab dem betrachteten Zeitpunkt der Ist-Aufnahme neu zu durchlaufen. Die Prognosedaten gehen in die voraussichtliche Kostenentwicklung ein. Dies ist insbesondere relevant für die Einschätzung der weiteren Entwicklung der zeitabhängigen Kosten. Sind Steuerungsmaßnahmen notwendig, werden Varianten für den weiteren Produktionsablauf untersucht und bewertet. Diese Varianten können eine Änderungen der betrieblichen Anordnungsbeziehungen oder die Wahl einer anderen Verfahrenstechnik bedeuten. Ergibt sich für den weiteren Bauablauf eine günstigere Variante bezüglich Kosten oder Zeit, ist die bisherige Produktions- und Ablaufplanung dahingehend anzupassen.

⁸⁵ Vgl. Software ARRIBA®, Fa. RIB, Stuttgart

⁸⁶ Vgl. DIN 69901, Ausgabe August 1987

3.3 Probleme der derzeitigen Produktions- und Ablaufplanung

3.3.1 Die Eigenschaften von diskontinuierlichen Prozessen

Diskontinuierliche Prozesse weisen folgende Eigenschaften auf:

- Ein Teilprozess ist eine Fertigungsstufe bei der Herstellung eines Fertigungsabschnitts und Teil einer Teilprozesskette. Die Größe Produktionsgeschwindigkeit v eines Teilprozesses ist auf die jeweilige Mengeneinheit des Teilprozesses bezogen.
- Einsatzmittel können über einen Teilprozess hinaus an den Fertigungsabschnitt gebunden sein. Dies ist in der Regel der Fall bei Schalung und Rüstung. Personal ist normalerweise nur an einen Teilprozess gebunden.
- Die diskontinuierlichen Prozesse können zu bestimmten Zeiten mit unterschiedlicher Personalstärke belegt werden. Dadurch ändert sich die jeweilige Produktionsgeschwindigkeit v im entsprechenden Zeitabschnitt.
- Die Dauer eines diskontinuierlichen Prozesses kann relativ kurz sein, in der Regel weniger als ein Tag oder nur wenige Tage.
- Zur allgemeinen Optimierung des Bauablaufs kann die tägliche Arbeitszeit in Stunden je Tag [h/d] für die einzelnen Betriebe variiert werden.
- Für die einzelnen Betriebe, die an einer Teilprozesskette beteiligt sind, sind unterschiedliche tägliche Arbeitszeiten möglich.
- Ein diskontinuierlicher Prozess kann generell und auch im Laufe eines Tages unterbrochen werden.

Dies ist bei der Abbildung der Teilprozessketten zu berücksichtigen. Eine Teilprozesskette besteht in der Regel aus unterschiedlichen Teilprozessen mit ebenfalls unterschiedlichen Bezugsmengeneinheiten. Als gemeinsame Fertigungsabschnitt übergreifende Bezugsgröße kommen daher lediglich Kosten bzw. Vergütung und Termine infrage. Maßgebend ist die Baugeschwindigkeit eines Geschosses.

Die Soll-Kosten sind für jeden Teilprozess über die in der Kalkulation angesetzten Einsatzmittel und den Materialbedarf angegeben. Sie berechnen sich über das Produkt aus EKT je Mengeneinheit und den zugehörigen Volumenangaben für die Teilprozesse. Die Vergütung errechnet sich über die Abrechnungsmengen und die Einheitspreise der betreffenden Positionen. Werden Fertigungsabschnitte abgebildet, so können Soll-Kosten und Soll-Vergütung über sämtliche Teilprozesse kumuliert werden. Auf die Erfassung der Ist-Werte auf den Fertigungsabschnitten wird später im Zusammenhang mit Soll-Ist-Vergleichen auf Grundlage der Fertigungsabschnitte eingegangen.

3.3.2 Die Darstellung von diskontinuierlichen Prozessen

Bei der bisherigen Produktions- und Ablaufplanung werden diskontinuierliche Prozesse durch Vorgänge abgebildet. Die übliche Vorgehensweise sieht vor, einem Vorgang eine bestimmte Anzahl bzw. Menge an Einsatzmitteln fest über die gesamte Dauer zuzuweisen. Dieses Vorgehen ist nur für kontinuierliche Prozesse zutreffend, da bei diesen per Definition von einer kontinuierlichen Produktionsgeschwindigkeit bei ebenfalls kontinuierlicher Einsatzmittelstärke ausgegangen wird. Es besteht bei marktüblicher Software zwar die Möglichkeit, die Einsatzmittelstärke eines Vorgangs über die Zeitachse zu variieren. Die zeitliche Variierung ist allerdings fest über die Zeitachse vorzugeben⁸⁷. Auch bei variierender Einsatzmittelstärke wird dabei ein konstanter Aufwandswert angesetzt. Der Aufwandswert für einen Teilprozess ist jedoch abhängig von der gewählten Personalstärke. Für jeden Teilprozess existiert eine optimale Personalstärke, bei der der Aufwandswert minimal ist⁸⁸. Daneben existiert mindestens eine weitere wirtschaftlich vertretbare Personalstärke, die allerdings mit einem höheren Aufwandswert verbunden ist. Dies wurde in mehreren Diplomarbeiten am Lehrstuhl für Tunnelbau und Baubetriebslehre untersucht und bestätigt⁸⁹.

Ziel der Produktionsplanung ist, starke Personalschwankungen innerhalb eines Betriebs zu vermeiden. Es wird angestrebt, möglichst über längere Zeiträume mit einer konstanten Personalstärke zu arbeiten und eine kontinuierliche Beschäftigung des vorhandenen Personals in Verbindung mit einer möglichst hohen Effektivität und Effizienz zu erreichen. Dazu kommt bei diskontinuierlichen Prozessen ein Poolmodell zur Anwendung, bei dem das auf einer Baustelle vorhandene Personal auf die einzelnen Prozesse verteilt wird. An den einzelnen Teilprozessen eines Fertigungsabschnitts sind in der Regel unterschiedliche Betriebe tätig, für die jeweils ein eigener Pool existiert. Ziel ist jeden Pool optimal zu nutzen. Die Einsatzmittel werden aus dem jeweiligen Pool den einzelnen diskontinuierlichen Prozessen nach dem Bedarf an den Teilprozessen und nach Verfügbarkeit innerhalb des Pools zugeteilt. Dazu besetzt man die Teilprozesse mit dem nach Beendigung vorangegangener Teilprozesse zur Verfügung stehenden Personal oder zieht Personal von anderen Teilprozessen ab. Unterbrechungen von diskontinuierlichen Prozessen werden gezielt vorgenommen, um für den Gesamtablauf ein Optimum zu erreichen. Dieses Vorgehen wird in der gängigen Software nicht ausreichend berücksichtigt. Eine Unterbrechung von Vorgängen ist zwar generell möglich. Diese Unterbrechungen sind allerdings statisch, da sie per Eingabe festzulegen und bei Bedarf wiederum per Eingabe zu modifizieren sind. Infolge dieses statischen Prinzips ergibt sich bei diskontinuierlichen Prozessen im Normalfall keine ausgeglichene Ganglinie. Dies hat zur Folge, dass sowohl maximale als auch durchschnittliche Personalstärke und damit der Potenzialfaktor nicht zutreffend wiedergegeben werden. Bleiben die Unterbrechungen von diskontinuierlichen Prozessen

⁸⁷ Vgl. Software Teampplan®, Fa. Asta Development GmbH Deutschland, Karlsruhe

⁸⁸ Vgl. Burkhardt: Numerische Ablaufplanung einer Baustelle, Schriftenreihe des Bayerischen Bauindustrieverbandes Nr. 4, 2.Auflage 1968 S. 112ff

⁸⁹ Vgl. Dreyer, D.: Betriebsgrößen für die Grobterminplanung und Gnugesser, I.: Ein Ansatz zur Verbesserung der Termin- und Einsatzmittelplanung im Ausbau anhand eines Praxisbeispiels, Diplomarbeiten am Lehrstuhl für Tunnelbau und Baubetriebslehre 2000 und 2001

bei der Darstellung durch Vorgänge unberücksichtigt, sind die dem Vorgang zugeteilten Einsatzmittel über die Gesamtdauer des Vorgangs zugewiesen. Dies entspricht nicht den tatsächlichen Gegebenheiten und führt zu einer nicht zutreffenden Ganglinie.

Anhand der bestehenden Mittel zur Ablaufplanung und Produktionsplanung werden diskontinuierliche Prozesse nicht entsprechend den realen Verhältnissen dargestellt. Die bestehende Software ist lediglich geeignet, die Ablaufplanung in der Phase der Angebotsbearbeitung hinreichend genau abzubilden, da in dieser Phase im Normalfall mit einem geringeren Detaillierungsgrad operiert wird. Man beschränkt sich in der Regel auf einen maximalen Detaillierungsgrad bis hin zu Geschossen. Definiert man Vorgänge für die den Fertigungsabschnitten übergeordneten Ebenen, z.B. einen Vorgang für Wände und Stützen einer Ebene, kann dieser Vorgang mit einer durchschnittlichen Personalstärke und den Vorhaltemengen für Geräte, Schalung und Rüstung belegt werden. Für die Phase der detaillierten Produktionsplanung auf Basis von Fertigungsabschnitten und deren Teilprozessketten ist jedoch nach einer zweckmäßigeren Vorgehensweise zu suchen, welche die realen Verhältnisse der diskontinuierlichen Prozesse möglichst exakt berücksichtigt.

3.3.3 Probleme der Datenstrukturen und Datenhaltung

Traditionell besteht in der Bauindustrie eine Trennung zwischen den einzelnen Aufgaben innerhalb der Projektbearbeitung⁹⁰. Um auf gemeinsame Daten zurückgreifen zu können, sind zwischen diesen Aufgabenbereichen Beziehungen herzustellen. Verbindungen werden derzeit oftmals über manuelle Datenübertragung hergestellt, was mit einem hohen Aufwand und einer hohen Fehleranfälligkeit verbunden ist⁹¹. Auch bei den existierenden Schnittstellen zwischen Kalkulation und Ablauf- und Produktionsplanung wurden die genannten Probleme nicht gelöst. Die in der Kalkulation angelegten Vorgänge können zwar in die Software zur Ablaufplanung übernommen werden. Eine Eingabe der Anordnungsbeziehungen ist lediglich in der Software zur Ablaufplanung möglich⁹². Die für die Ablaufplanung verwendeten Mengen können nicht für das Aufmaß herangezogen werden, da die Zuteilung über prozentuale oder absolute Werte ohne detailliertes Aufmaß erfolgt. Zudem sind für die Bauproduktion unterschiedliche Mengentypen von Interesse: Abrechnungsmengen für Aufmaß und Abrechnung und Prozessmengen für die einzelnen Teilprozesse.

In der Regel werden die vorgesehenen Personalstärken der einzelnen Teilprozesse in den derzeitigen Kalkulationsbausteinen für diskontinuierliche Prozesse nicht in geeigneter Weise angegeben. Teilweise erfolgt die Angabe über Kommentarzeilen, wodurch eine automatisierte Übernahme in die Produktionsplanung nicht möglich ist⁹³. Die Übernahme ist dann per Handeingabe vorzunehmen.

⁹⁰ Vgl. Kuhne, C.: Grundlagen und Entwurf eines Produktionsmodells für das Bauwesen, Dissertation TU München 2000, S. 135

⁹¹ Baumgärtner, U.: Über die Grundlagen eines offenen Informationssystems für Bauunternehmungen, Dissertation TU München 1996

⁹² Vgl. Software ARRIBA®, Fa. RIB, Stuttgart

⁹³ Vgl. Software ARRIBA®, Fa. RIB, Stuttgart

Die in der Kalkulation angesetzten Aufwandswerte sind die Grundlage für die Produktions- und Ablaufplanung und die Soll-Ist-Vergleiche. Werden bei der Angebotskalkulation unter einem Aufwandswert mehrere Teilprozesse zusammengefasst, liegt der Aufwandswert lediglich als kumulierter Budgetwert für diese Teilprozesse vor. Zudem ist nicht ersichtlich, welcher Anteil des Aufwandswerts für welchen Teilprozess zugedacht wurde. Um die einzelnen Teilprozesse darzustellen, ist in der Arbeitskalkulation für jeden Teilprozess eine separate Unterposition mit der zugehörigen Bezugsmengeneinheit anzulegen. Bei unterschiedlichen Mengeneinheiten zwischen Position und Teilprozess sind Umrechnungen auf die Mengeneinheiten der einzelnen Teilprozesse erforderlich. Ohne die Teilprozesse ist eine Produktionsplanung nur auf Grundlage der kumulierten Budgetwerte möglich. Für die Arbeitsvorbereitung wird jedoch eine Betrachtung auf Basis der einzelnen Teilprozesse notwendig, da diese mit der jeweils passenden Personalstärke und dem zugehörigen Aufwandswert zu belegen sind. Steht für die Produktionsplanung lediglich ein kumulierter Aufwandswert zur Verfügung, ist ein späterer Soll-Ist-Vergleich ebenfalls nur anhand des Budgetwerts möglich. Die Einflüsse der einzelnen Teilprozesse sind dadurch nicht ersichtlich.

3.3.4 *Konsequenzen aus den strukturellen Problemen*

Bisher liegt die Software für Kalkulation sowie für Produktions- und Ablaufplanung in Form von zwei separaten Softwareprodukten vor. Der Datenaustausch ist über eine Schnittstelle möglich. Ein direktes Arbeiten innerhalb einer Softwarelösung würde einen gleichzeitigen, direkten Zugriff auf alle Daten der Ablaufplanung und der Kalkulation ermöglichen ohne den Datenaustausch über eine Schnittstelle. Daher liegt es nahe, die Produktions- und Ablaufplanung vollständig mit allen notwendigen Aspekten in die Kalkulationssoftware zu integrieren. Danach können die Soll-Ist-Vergleiche sowohl für den Ablauf als auch für Stunden, Material und Gerät sowie Kosten innerhalb einer Software vorgenommen werden.

Für die Steuerung einer Baumaßnahme ist neben den Soll-Ist-Vergleichen der Kosten, der Stunden und des Materials insbesondere der Faktor Zeit zu untersuchen. Dies geschieht bisher anhand des Ablauf-Soll-Ist-Vergleichs über den Fertigstellungsgrad von Vorgängen. Für die Bauproduktion ist ein Vergleich der Produktionskennzahlen Baugeschwindigkeit und Produktionsgeschwindigkeit zweckmäßiger, da diese Werte für die Prognose des weiteren Bauablaufs direkt als Eingangswerte für die Dauerberechnungen verwendet werden können.

Ein Bauwerk wird in Fertigungsabschnitten hergestellt. Jeder Fertigungsabschnitt stellt ein eigenständiges Produkt dar und verfügt über eine spezifische Teilprozesskette. Für die einzelnen Fertigungsabschnitte sind somit die Möglichkeiten für die Produktionsplanung und -steuerung über die Produktionsgeschwindigkeit der Teilprozesse gegeben. Für eine Produktionsplanung und Ablaufplanung, die sich auf das gesamte Bauwerk erstreckt, sind die Fertigungsabschnitte in einem Bauwerkmodell zusammenzuführen, das kausale und betriebliche Anordnungsbeziehungen zwischen den einzelnen Fertigungsabschnitten und deren Teilprozessen untereinander berücksichtigt. Die angestrebte Lösung soll Soll-Ist-Vergleiche und Prognoserechnungen anhand von Fertigungsab-

schnitten ermöglichen und dadurch ereignisorientiert schnell verfügbare Informationen über die voraussichtliche zeitliche Entwicklung liefern. Grundlage hierfür ist die Bewertung des Ist-Standes über die Fertigungsabschnitte. Die Abgrenzung der Teilleistungen soll anhand der Teilprozesse erfolgen, der terminliche Soll-Ist-Vergleich über Beginn und Ende der Teilprozesskette. Wird das Bauwerk mit seinen Fertigungsabschnitten in einer hierarchischen Struktur dargestellt, ergibt sich die Möglichkeit einer einfachen Kontrolle.

Neben dem Faktor Zeit sind die Mengen der einzelnen Fertigungsabschnitte zu betrachten. Bei den Soll-Ist-Vergleichen für Einsatzmittel und Material ist die Kenntnis der Mengen erforderlich, um festzustellen, welche Materialien und Einsatzmittelstunden in welcher Menge verbraucht worden sind. Zudem ist die Information relevant, wo diese Mengen verbraucht wurden. Dazu sind Mengenermittlungen für die einzelnen Teilprozesse der Fertigungsabschnitte Voraussetzung. Werden die Fertigungsabschnitte bereits in der Angebotsphase festgelegt, können die ermittelten Mengen über alle Projektphasen als durchgängige Bezugsgröße verwendet werden. Anhand der Fertigungsabschnitte des Bauwerkmodells werden Prognoserechnungen möglich ohne Umrechnungen oder aufwändige bzw. detaillierte zusätzliche Mengenermittlungen durchzuführen. Die Mengenermittlung wird weiter in Kapitel 4 betrachtet.

3.4 Produktionsplanung auf Grundlage von Prozessen

3.4.1 Analyse der Produktionsfunktion

Als Eingangswert für die Produktionsfunktion ist lediglich das Volumen fest vorgegeben. Für jeden Teilprozess ist dazu die Prozessmenge über Mengenermittlung zu bestimmen. Aufwandswert, Anzahl und Menge an Einsatzmitteln sowie die tägliche Arbeitszeit sind variable Größen. Für die weiteren Betrachtungen wird die allgemeine Produktionsfunktion an die Anforderungen der kontinuierlichen und diskontinuierlichen Prozesse angepasst:

$$\frac{V}{D} = \frac{Q}{w_{\phi}} = v \quad \text{in} \quad \left[\frac{ME}{h} \right] \quad \text{mit Dauer } D \text{ in Stunden [h] als Eingangswert.}$$

Formel 11: Produktionsfunktion zur Darstellung der Produktionsgeschwindigkeit

Ziel ist die Darstellung der Produktionsgeschwindigkeit v in Abhängigkeit der Parameter Q und w . Da bei kontinuierlichen Prozessen die Dauerleistung L_n der maßgebende Faktor für den Produktionsfortschritt ist, kann der Zusammenhang wie folgt dargestellt werden:

$$\frac{V}{D} = L_n(Q) \quad \text{in} \quad \left[\frac{ME}{h} \right] \quad \text{mit} \quad w(Q, L_n) = \frac{Q}{L_n(Q)} \quad \text{und} \quad L_n(Q) = v_{\phi}.$$

Formel 12: Produktionsfunktion für kontinuierliche Prozesse

Bei diskontinuierlichen Prozessen versteht sich der Aufwandswert als der durchschnittliche Aufwandswert w_{ϕ} über die in der Position zusammengefassten gleichartigen Leistungen (vgl. § 9 VOB Teil A). Im durchschnittlichen Aufwandswert sind sowohl die Abweichungen zwischen Prozess-

mengen und den Abrechnungsmengen nach VOB Teil C einzurechnen wie auch Einflüsse aus Einarbeitung, Witterung, unterschiedlicher Personalstärke, Arbeitsorganisation und Qualifikation der Arbeitskräfte. Zudem sind unterschiedliche Schwierigkeitsgrade der zusammengefassten Leistungen sowie Rückstellungen für Nacharbeiten zu berücksichtigen. Der durchschnittliche Aufwandswert kann damit als Budgetwert je Abrechnungsmengeneinheit betrachtet werden. Er wird durch die Kalkulation in Zusammenarbeit mit der Arbeitsvorbereitung festgelegt.

Bei diskontinuierlichen Prozessen kann die Personalstärke für einen Teilprozess variieren. Dies bedeutet, dass die Produktionsgeschwindigkeit in Abhängigkeit von der Personalstärke variiert. Die Produktion kann somit an bestimmte Vorgaben angepasst werden, wie z.B. vorgegebene Einsatzmittelkapazitäten für Personal und Gerät. Das Volumen V eines Teilprozesses wird bei kontinuierlicher Produktion und gleich bleibender Einsatzmittelstärke von der gewählten Anzahl Arbeitskräften innerhalb der Dauer D abgearbeitet:

$$V = v(Q) * D \quad \text{in [ME].}$$

Formel 13: Zusammenhang zwischen Volumen, Produktionsgeschwindigkeit und Dauer

Da für einen diskontinuierlichen Prozess Unterbrechungen grundsätzlich möglich sind, ist die Dauer eines Teilprozesses D_{TP} als Summe über die einzelnen Arbeitsintervalle D_i zu verstehen. Das in einer bestimmten Dauer D hergestellte Volumen V berechnet sich über die Produktionsgeschwindigkeiten $v(Q_i)$ und den jeweiligen Dauern D_i der einzelnen Zeiträume:

$$V = \sum_{i=1}^n v(Q_i) * D_i \quad \text{in [ME].}$$

Formel 14: Produktionsfunktion für diskontinuierliche Prozesse

Generell sei angemerkt, dass im Sinne einer möglichst störungsfreien Produktion die Personalstärke an einem Betriebspunkt nicht geändert werden sollte. Das verbleibende Volumen errechnet sich über die Differenz des bisher hergestellten zum gesamten Volumen V des Teilprozesses.

Die Dauer der Teilprozesskette D_{TPK} ergibt sich bei vorgegebener täglicher Arbeitszeit in Abhängigkeit folgender Parameter:

- Personalstärke Q_A der einzelnen Teilprozesse und
- Anordnungsbeziehungen zwischen den einzelnen Teilprozessen und zugehörigem Zeitabstand ε .

3.4.2 Die Darstellung von Teilprozessketten

Die Gesamtdauer einer Teilprozesskette errechnet sich wie folgt:

$$D_{TPK} = \sum_{i=1}^n D_{TP} + \sum_{i=1}^n \varepsilon_i \quad \text{in [h],}$$

Formel 15: Dauer einer Teilprozesskette

D_{TPK} ist die Mindestdauer der Teilprozesskette. Im geplanten Produktionsablauf kann sich die Dauer für die Herstellung eines Fertigungsabschnitts durch die Fertigungsreihenfolge der einzelnen Fertigungsabschnitte untereinander oder gezielte Unterbrechungen verlängern.

Für das Beispiel einer Stahlbetonwand ist die Teilprozesskette nachfolgend sowohl als Balkenplan (siehe Abbildung 12) als auch tabellarisch (siehe Abbildung 13) dargestellt. Es handelt sich um die Wand W9 des Obergeschosses OG 1 aus den Planunterlagen des Beispielgebäudes im Anhang. Die Wand verfügt über die Abmessungen Länge $L = 3,70$ m, Höhe $H = 3,00$ m und Dicke $D = 0,20$ m. Zur Visualisierung einer Teilprozesskette empfiehlt sich die Darstellung als Balkenplan bzw. Zeitfolgeplan.

| ID | Typ | Schlüssel | ME | Name | TAG 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | Tag 2 | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------|-----|--------------------|----------|-------------------------|-------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|-------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| ID | ID | Db | Pos. | Teilprozess Bezeichnung | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Key | | Nr. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | Q3 | W-SCHAL-350-EIN-Q3 | 13.1.60 | Einschalen | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | Q4 | BEW-500-M | 13.1.190 | Bewehrung Mattenstahl | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | Q4 | BEW-500-S | 13.1.200 | Bewehrung Stabstahl | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | Q3 | W-SCHAL-350-EIN-Q3 | 13.1.60 | Einschalen | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | Q3 | W-BET-350-D20-Q3 | 13.1.50 | Betonieren | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | Q3 | W-SCHAL-350-AUS-Q3 | 13.1.60 | Ausschalen | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7 | Q3 | W-SCHAL-350-AUS-Q3 | 13.1.60 | Ausschalen | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Gesamtdauer | | | 1,1 d | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Abbildung 12: Teilprozesskette als Balkenplan am Beispiel einer Stahlbetonwand

Für die Produktions- und Ablaufplanung ist eine tabellarische Darstellung zweckmäßig. Abbildung 13 zeigt die tabellarische Darstellung der Teilprozesskette. In dieser Tabelle sind die für die Produktionsplanung notwendigen Informationen enthalten. Über die Angaben zu Volumen, Personalstärke und Aufwandswert ist die Dauerberechnung der Teilprozesse in Stunden möglich. Innerhalb der Teilprozesskette werden nur die kausalen Anordnungsbeziehungen berücksichtigt. Die Angaben zu den Nachfolgern und Mindestzeitabständen zwischen den Teilprozessen bestimmen die Abfolge der Teilprozesse innerhalb der Teilprozesskette. In diesem Fall sind sämtliche Anordnungsbeziehungen Normalfolgen. Negative Werte für $\min Z$ sind möglich.

| ID | Typ | Schlüssel | ME | Name | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----|-----|--------------------|----------|-------------------------|--------------|------------------|---------|--------|---|---------------|---------------------|-------|---------------|-------|-------|-------|------|------|--|--|--|
| Nr. | Q | Db | Pos. | Teilprozess Bezeichnung | Prozessmenge | Abrechnungsmenge | Q | w(Q) | v | Dauer Soll TP | Nachfolger N in TPK | A (l) | Dauer Soll TP | E (l) | min Z | T_d | | | | | |
| Key | | Nr. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | V | ME | V | ME | [A] | [Ah/ME] | [ME/h] | h | | | | | | | | | | | | |
| 1 | Q3 | W-SCHAL-350-EIN-Q3 | 13.1.60 | Einschalen | 11,100 | m2 | 0,000 | m2 | 3 | 0,290 | 10,34 | 1,07 | 2 | 0,00 | 0,12 | 0,12 | 0,00 | 9,00 | | | |
| 2 | Q4 | BEW-500-M | 13.1.190 | Bewehrung Mattenstahl | 0,142 | t | 0,142 | t | 4 | 14,000 | 0,29 | 0,50 | 3 | 0,12 | 0,06 | 0,17 | 0,00 | 9,00 | | | |
| 3 | Q4 | BEW-500-S | 13.1.200 | Bewehrung Stabstahl | 0,036 | t | 0,036 | t | 4 | 15,000 | 0,27 | 0,13 | 4 | 0,17 | 0,01 | 0,19 | 0,00 | 9,00 | | | |
| 4 | Q3 | W-SCHAL-350-EIN-Q3 | 13.1.60 | Einschalen | 12,300 | m2 | 0,000 | m2 | 3 | 0,290 | 10,34 | 1,19 | 5 | 0,19 | 0,13 | 0,32 | 0,00 | 9,00 | | | |
| 5 | Q3 | W-BET-350-D20-Q3 | 13.1.50 | Betonieren | 2,220 | m3 | 2,220 | m3 | 3 | 1,200 | 0,89 | 0,89 | 6 | 0,32 | 0,10 | 0,42 | 1,00 | 9,00 | | | |
| 6 | Q3 | W-SCHAL-350-AUS-Q3 | 13.1.60 | Ausschalen | 12,300 | m2 | 12,300 | m2 | 3 | 0,130 | 23,08 | 0,53 | 7 | 1,00 | 0,06 | 1,06 | 0,00 | 9,00 | | | |
| 7 | Q3 | W-SCHAL-350-AUS-Q3 | 13.1.60 | Ausschalen | 11,100 | m2 | 11,100 | m2 | 3 | 0,130 | 23,08 | 0,48 | | 1,06 | 0,05 | 1,11 | 0,00 | 9,00 | | | |

Abbildung 13: Tabellarische Darstellung der Teilprozesskette am Beispiel einer Stahlbetonwand

Die Zeitwerte sind ohne Bezug auf ein konkretes Datum oder eine konkrete Stunde. Die konkreten Anfangs- und Endwerte für die einzelnen Teilprozesse werden erst im Produktionsmodell im Rahmen der Produktionsplanung auf Grundlage der Fertigungsabschnitte für die einzelnen Geschosse

errechnet. Das Eingabefeld für den Nachfolger des letzten Teilprozesses steht für die Eingabe des Nachfolgeteilprozesses eines anderen Fertigungsabschnittes zur Verfügung.

3.4.3 Vorteile der Teilprozesskette für die Produktions- und Ablaufplanung

Da für die kontinuierlichen Prozesse bereits Lösungsansätze zur Produktionsplanung und Produktionssteuerung anhand der Dauerleistung L_n bestehen, wird nachfolgend lediglich auf die diskontinuierlichen Prozesse eingegangen.

In den Kalkulationsbausteinen für die Teilprozesse sind die für die Produktionsplanung relevanten Daten Personalstärke und Aufwandswert bereits enthalten. Diese Werte können aus den Kalkulationsbausteinen in die Teilprozesskette geladen werden (vgl. Abbildung 7 und Abbildung 13). Über den spezifischen Aufwandswert $w(Q)$ und die Personalstärke Q_A wird die Produktionsgeschwindigkeit $v(Q)$ berechnet. Der Baufortschritt für die einzelnen Geschosse wird anhand der Baugeschwindigkeit c kontrolliert.

Über die Mengenangabe der einzelnen Teilprozesse in der Teilprozesskette kann neben der Dauer eines Teilprozesses auch der Bedarf an Geräten und Material und deren Soll-Kosten sowie die Vergütung je Teilprozess ermittelt werden. Die auf dem Fertigungsabschnitt enthaltenen Informationen stehen damit für die Einsatzmittel- und Materialdisposition sowie für Auswertungen über den zeitlichen Verlauf von Soll-Kosten, Soll-Aufwand und erwarteter Vergütung zur Verfügung. Durch die dem Einsatzmittel bzw. Material zugeordneten Kostenarten ist eine Auswertung über die Kostenarten ebenfalls möglich. Über die Positionsnummer und die angegebene Abrechnungsmenge der Teilprozesse wird anhand des Einheitspreises der jeweiligen Position die Vergütung für den Fertigungsabschnitt ermittelt. Somit sind die wesentlichen Soll-Werte für Personal, Geräte, Material, Kosten, Kostenarten, Dauern und Vergütung auf dem Fertigungsabschnitt enthalten.

Für die Produktionsplanung sind folgende Informationen für jeden Teilprozess relevant:

- Personalbedarf,
- Gerätebedarf und
- Materialbedarf.

| ID | Typ | Schlüssel | ME | Name | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----|-------|--------------------|----------|-------------------------|--------------|-------|---------------|-------------|----------------|--------------------|--------|--------------------------------------|----------------------|----------------|------------------|----|-------------|--|--|
| Nr. | Q TP | Db | Pos. | Teilprozess Bezeichnung | Prozessmenge | Gerät | Bindung | Gerät je ME | ME Kalkulation | Soll-Bedarf Gerät | ME | Stoffe / NU | Stoffe / NU je ME TP | ME | Abrechnungsmenge | ME | Stoffbedarf | | |
| Key | | | Nr. | | V | ME | | | | | | | | | | | | | |
| 84 | W-D20 | W9 | X | Wand Achse 4 TR 1 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | Q3 | W-SCHAL-350-EIN-Q3 | 13.1.60 | Einschalen | 11,100 | m2 | Schalung Wand | 1 | 1,20 | m ² VHM | 13,32 | m ² VHM | | | | | | | |
| 2 | Q4 | BEW-500-M | 13.1.190 | Bewehrung Mattenstahl | 0,142 | t | | | | | | Bewehrung Mattenstahl inkl. Verlegen | 1,00 | t | 0,142 | t | 0,142 | | |
| 3 | Q4 | BEW-500-S | 13.1.200 | Bewehrung Stabstahl | 0,036 | t | | | | | | Bewehrung Stabstahl inkl. Verlegen | 1,00 | t | 0,036 | t | 0,036 | | |
| 4 | Q3 | W-SCHAL-350-EIN-Q3 | 13.1.60 | Einschalen | 12,300 | m2 | Schalung Wand | 1 | 1,20 | m ² VHM | 14,76 | m ² VHM | | | | | | | |
| 5 | Q3 | W-BET-350-D20-Q3 | 13.1.50 | Betonieren | 2,220 | m3 | | | | | | Ortbeton C25/30 | 1,05 | m ³ | 2,220 | m3 | 2,331 | | |
| 6 | Q3 | W-SCHAL-350-AUS-Q3 | 13.1.60 | Ausschalen | 12,300 | m2 | Schalung Wand | -1 | | | -14,76 | m ² VHM | | | | | | | |
| 7 | Q3 | W-SCHAL-350-AUS-Q3 | 13.1.60 | Ausschalen | 11,100 | m2 | Schalung Wand | -1 | | | -13,32 | m ² VHM | | | | | | | |

Abbildung 14: Übersicht Geräte- und Materialbedarf für einen Fertigungsabschnitt

Eine Übersicht über den Bedarf an Personal, Gerät und Material ist für den Fertigungsabschnitt in Abbildung 14 enthalten. Die Kalkulationsansätze für Geräte und Stoffe werden ebenfalls aus den Kalkulationsbausteinen in die Teilprozesskette des Fertigungsabschnitts geladen.

Die Kalkulationsbausteine für die Wandschalung wurden bereits in Abbildung 7 dargestellt. Die Kalkulationsbausteine für Bewehren und Betonieren sind im Anhang enthalten.

Für den Fertigungsabschnitt Wand W9 kommen für die Teilprozesse Einschalen, Betonieren und Ausschalen 3 Arbeitskräfte zum Einsatz, für die Bewehrungsarbeiten 4 Arbeitskräfte. Sowohl Personalstärke als auch Aufwandswert sind den Kalkulationsbausteinen der jeweiligen Teilprozesse entnommen.

Der Gerätebedarf beschränkt sich in diesem Fall auf die Schalung. Die Bindung der Einsatzmittel ist durch den Faktor „1“ angegeben, die Freigabe durch den Faktor „-1“. Die Gerätebezeichnung aus dem Kalkulationsbaustein ist in der Spalte Geräte enthalten. Der Soll-Bedarf für die Schalungsfläche der Wand inklusive Überstände ergibt sich aus dem Produkt der Prozessmenge und dem in der Kalkulation angegebenen Faktor für den Mehrbedarf, hier 1,2 m² Vorhaltemenge je m² Prozessmenge (m²VHM/m²). Dies entspricht einem Zuschlag von 20 % für die Überstände (siehe Abbildung 15).

| Schlüssel | Menge | ME | Kurztext | Stunden | Geräte | Stoffe | NU | Lohn | €/ME | EKT |
|--------------------|-------|--------------------|------------------------------------|---------|--------|--------|------|-------|-------|-------|
| W-SCHAL-350-EIN-Q3 | 1,000 | m ² | Einschalen | | | | | | | |
| | 3 | A | Mannschaftsstärke Q _{opt} | | | | | 30,00 | | |
| SuB | 0,290 | Ah/ME | Lohnstunden je Einheit | 0,290 | | | | | 8,70 | |
| SCH-W | 1,20 | m ² VHM | Schalung Wand | | 18,00 | | | | 3,32 | |
| S-VERB | 1,00 | m ² | Verbrauchsstoffe | | | 0,50 | | | 0,50 | |
| S-BRETT | 0,05 | m ² | Schalbretter | | | 7,00 | | | 0,35 | |
| | | €/ME | Betriebskosten je Einheit | | | | | | 0,00 | |
| | | €/ME | Stoffkosten je Einheit | | | | | | 0,00 | |
| | | €/ME | Verluste je Einheit | | | | | | 0,00 | |
| | | €/ME | NU-Kosten je Einheit | | | | | | 0,00 | |
| | 6,50 | 1/Mo | Einsatzzahl E | 0,290 | 3,32 | 0,85 | 0,00 | 8,70 | 12,87 | 12,87 |

Abbildung 15: Beispiel Kalkulationsbaustein Einschalen – Vorhaltemenge Schalung

Der Soll-Bedarf für den Transportbeton wird über das Produkt aus der Prozessmenge plus die in der Kalkulation angesetzten planmäßigen Verluste berechnet. Hier wurde in der Kalkulation ein Zuschlag von 5 % angesetzt (vgl. Abbildung 16). Der Materialbedarf beträgt damit das 1,05-fache der Prozessmenge.

| Schlüssel | Menge | ME | Kurztext | Stunden | Geräte | Stoffe | NU | Lohn | €/ME | EKT |
|------------------|-------|----------------|------------------------------------|---------|--------|--------|------|-------|--------|--------|
| W-BET-350-D20-Q3 | 1,000 | m ³ | Betonieren | | | | | | | |
| | 3 | A | Mannschaftsstärke Q _{opt} | | | | | 30,00 | | |
| SuB | 1,200 | Ah/ME | Lohnstunden je Einheit | 1,200 | | | | | 36,00 | |
| | | €/Mo | Mietkosten je Monat | | | | | | 0,00 | |
| | | €/ME | Hilfsstoffe | | | | | | 0,00 | |
| | | €/ME | Betriebskosten je Einheit | | | | | | 0,00 | |
| C25-30 | 1,00 | m ³ | Ortbeton C25/30 | | | 65,00 | | | 65,00 | |
| | 0,05 | m ³ | Verluste je Einheit | | | 65,00 | | | 3,25 | |
| | | €/ME | NU-Kosten je Einheit | | | | | | 0,00 | |
| | | 1/Mo | Einsatzzahl E | 1,200 | 0,00 | 68,25 | 0,00 | 36,00 | 104,25 | 104,25 |

Abbildung 16: Beispiel Kalkulationsbaustein Betonieren – Materialbedarf Beton

Die sonstigen Materialien beschränken sich auf Hilfsstoffe. Eine Aufstellung für die einzelnen Hilfsstoffe würde zu detailliert ausfallen. Hier empfiehlt sich wie bisher eine Auswertung über die

Kostenarten. Der Bewehrungseinbau ist Nachunternehmerleistung. Der Materialbedarf an Bewehrung ergibt sich ebenfalls über die Prozessmenge.

Die Vergütung für den Fertigungsabschnitt errechnet sich aus dem Produkt von Abrechnungsmenge eines Teilprozesses und dem Einheitspreis (EP). Über alle Positionen addiert ergibt sich die Gesamtvergütung für den Fertigungsabschnitt (siehe Abbildung 17). Die Abrechnungsmenge für die Schalarbeiten ist jeweils dem Teilprozess Ausschalen zugeordnet, da erst mit dem Ausschalen die Leistung Schalarbeiten fertig gestellt ist.

| ID | Typ | Schlüssel | ME | Name | | | | |
|--------------|---------|--------------------|----------|----------------------------|----------------------------|----|----------|---------------|
| 84 | W-D20 | W9 | X | Wand Achse 4 TR 1 | | | | |
| Nr. | Q TP | Db | Pos. | Teilprozess Bezeichnung | Abrech- nungs- menge | | EP | Vergütung |
| | | Key | Nr. | | V | ME | [€/ME] | [€] |
| 1 | Q3 | W-SCHAL-350-EIN-Q3 | 13.1.60 | Einschalen | 0,000 | m2 | | 0,00 |
| 2 | Q4 | BEW-500-M | 13.1.190 | Bewehrung Mattenstahl | 0,142 | t | 906,54 | 128,80 |
| 3 | Q4 | BEW-500-S | 13.1.200 | Bewehrung Stabstahl | 0,036 | t | 963,19 | 34,21 |
| 4 | Q3 | W-SCHAL-350-EIN-Q3 | 13.1.60 | Einschalen | 0,000 | m2 | | 0,00 |
| 5 | Q3 | W-BET-350-D20-Q3 | 13.1.50 | Betonieren | 2,220 | m3 | 118,13 | 262,25 |
| 6 | Q3 | W-SCHAL-350-AUS-Q3 | 13.1.60 | Ausschalen | 12,300 | m2 | 19,00 | 233,70 |
| 7 | Q3 | W-SCHAL-350-AUS-Q3 | 13.1.60 | Ausschalen | 11,100 | m2 | 19,00 | 210,90 |
| Summe | | | | | | | | 869,86 |

Abbildung 17: Übersicht Vergütung für einen Fertigungsabschnitt

Das für den Stunden-Soll-Ist-Vergleich zur Verfügung stehende Budget an Arbeiterstunden W_{Budget} aus der Auftragskalkulation wird über das Produkt aus Abrechnungsmenge V_{AM} und durchschnittlichem Aufwandswert w_{ϕ} aus der Kalkulation ermittelt.

$$W_{\text{Budget}} = V_{\text{AM}} * w_{\phi}$$

Formel 16: Budget-Aufwand für eine bestimmte Abrechnungsmenge

| ID | Typ | Schlüssel | ME | Name | | | | | |
|--------------|---------|--------------------|----------|----------------------------|-------------------|----|-------|-----------------------------|------|
| 84 | W-D20 | W9 | X | Wand Achse 4 TR 1 | | | | | |
| Nr. | Q TP | Db | Pos. | Teilprozess Bezeichnung | Prozess- menge | Q | w(Q) | Soll- Aufwand W TP | |
| | | Key | Nr. | | V | ME | [A] | [Ah/ME] | [Ah] |
| 1 | Q3 | W-SCHAL-350-EIN-Q3 | 13.1.60 | Einschalen | 11,100 | m2 | 3 | 0,290 | 3,22 |
| 2 | Q4 | BEW-500-M | 13.1.190 | Bewehrung Mattenstahl | 0,142 | t | 4 | 14,000 | 1,99 |
| 3 | Q4 | BEW-500-S | 13.1.200 | Bewehrung Stabstahl | 0,036 | t | 4 | 15,000 | 0,53 |
| 4 | Q3 | W-SCHAL-350-EIN-Q3 | 13.1.60 | Einschalen | 12,300 | m2 | 3 | 0,290 | 3,57 |
| 5 | Q3 | W-BET-350-D20-Q3 | 13.1.50 | Betonieren | 2,220 | m3 | 3 | 1,200 | 2,66 |
| 6 | Q3 | W-SCHAL-350-AUS-Q3 | 13.1.60 | Ausschalen | 12,300 | m2 | 3 | 0,130 | 1,60 |
| 7 | Q3 | W-SCHAL-350-AUS-Q3 | 13.1.60 | Ausschalen | 11,100 | m2 | 3 | 0,130 | 1,44 |
| Summe | | | | | | | | 15,01 | |

Abbildung 18: Übersicht Soll-Aufwand für einen Fertigungsabschnitt

Analog zur Soll-Dauer eines Teilprozesses wird der Soll-Aufwand eines Teilprozesses über die Prozessmenge bestimmt. Die Soll-Vorgabe des Aufwands für die Produktion ergibt sich damit aus dem Produkt von Prozessmenge und spezifischem Aufwandswert des Teilprozesses. Falls innerhalb der

Arbeitskalkulation Teilprozesse ersetzt werden oder bei Teilprozessen der Aufwandswert geändert wird, so ist der modifizierte Wert als Soll-Vorgabe für die Ausführung heranzuziehen.

$$W_{Soll} = V_{PM} * w(Q)$$

Formel 17: Soll-Aufwand für einen Teilprozess

Anhand der Teilprozesse der Teilprozesskette kann der fertigungstechnische Zustand eines Fertigungsabschnitts über die Prozessmengen abgegrenzt werden. Dies bildet die Voraussetzung für die terminliche Bewertung des Projektstands. Die relativ ungenauen Angaben zum Fertigstellungsgrad von Vorgängen mittels überschlägiger Mengenangaben oder geschätzter Prozentwerte entfallen, da das Aufmaß bereits innerhalb der Produktionsplanung für die einzelnen Fertigungsabschnitte vorweggenommen wird. Somit werden die sonst üblichen mehrfachen Mengenermittlungen innerhalb der Projektabwicklung für Ablaufplanung, Produktionsplanung in den unterschiedlichen Projektphasen sowie für das Aufmaß nach Leistungserstellung vermieden. Die Anwendung der Fertigungsabschnitte ermöglicht damit die Voraussetzung für eine durchgängige Projektstruktur für sämtliche Projektphasen. Hierfür sind die Fertigungsabschnitte noch in ein geeignetes Produktionsmodell zu integrieren.

Über die Teilprozesskette liegen die Prozessmengen und die Abrechnungsmengen eines Fertigungsabschnitts vor. Somit können sowohl die zum Zeitpunkt der Fertigstellung eines Teilprozesses erbrachte Leistung anhand der Abrechnungsmenge abgegrenzt werden als auch die zum Stichtag vorgegebenen Soll-Kosten über die Prozessmengen. Damit ist die Voraussetzung für eine ereignisorientierte Betrachtung von Kosten und Leistung gegeben.

Nach Fertigstellung eines Fertigungsabschnitts werden die Abrechnungsmengen in das Aufmaß übernommen. Über die zum betrachteten Zeitpunkt fertig gestellten Fertigungsabschnitte besteht somit die Möglichkeit, den Fertigstellungsgrad eines Projektes⁹⁴ als das Verhältnis der zu einem Stichtag erbrachten Leistung zur Gesamtleistung anzugeben.

Für spätere Soll-Ist-Vergleiche liegt für jeden Teilprozess der Soll-Aufwand auf dem Fertigungsabschnitt vor. Dabei ist es prinzipiell möglich, mehrere Fertigungsabschnitte zusammengefasst zu betrachten, wie z.B. sämtliche Wände eines Geschosses. Dies ist individuell auf die Bedürfnisse des Projekts und der ausführenden Firma auszurichten. Auf diesen Punkt wird im Rahmen der Soll-Ist-Vergleiche nochmals eingegangen.

⁹⁴ Vgl. DIN 69901, Ausgabe August 1987

4 Fertigungsabschnitte als Grundlage des Produktionsmodells

4.1 Herleitung der Fertigungsabschnitte

Das Anlegen sämtlicher Fertigungsabschnitte eines Bauwerks ist mit hohem Aufwand verbunden, wenn jeder einzelne Fertigungsabschnitt separat herzuleiten bzw. anzulegen ist. Daher ist nach einer Möglichkeit zu suchen, die den Aufwand für die Bildung der Fertigungsabschnitte möglichst reduziert.

4.1.1 *Beispiel für die Entwicklung eines Fertigungsabschnitts*

4.1.1.1 Entwicklung eines Standard-Elements

Bestimmte Fertigungsabschnitte können innerhalb eines Bauwerks identisch sein. Weiterhin liegt typgleichen Fertigungsabschnitten trotz unterschiedlicher Abmessungen und damit unterschiedlicher Mengenangaben die gleiche Teilprozesskette zugrunde. Auf dieser Grundlage kann eine Systematik für die Herleitung der Fertigungsabschnitte entwickelt werden, die den Aufwand beim Anlegen der Bauwerkstruktur reduziert und redundante Datenhaltung vermeidet. Kern dieser Systematik ist die Typenbildung. Dazu wird eine Struktur für Fertigungsabschnitte eingeführt.

Sind Fertigungsabschnitte identisch oder typgleich, so enthalten diese identische bzw. typgleiche Daten. Identische Daten werden über Kopieren der relevanten Werte aus den Datenstämmen zugewiesen. Änderungen an der Teilprozesskette typgleicher Fertigungsabschnitte oder an einem mehrfach in einem Bauwerk vorkommenden identischen Fertigungsabschnitt sind dadurch zentral in der Struktur für Fertigungsabschnitte möglich. Ziel ist, einen bestimmten Fertigungsabschnitt nur einmal zu definieren und danach in das Produktionsmodell zu kopieren. Ergeben sich Änderungen in der Planung, kann der Fertigungsabschnitt im Produktionsmodell gelöscht und durch eine Kopie des geänderten Fertigungsabschnitts ersetzt werden.

Als Vorlage für die Herleitung der einzelnen Fertigungsabschnitte können Standard-Elemente definiert werden. Diese enthalten eine standardisierte Teilprozesskette ohne Mengenangaben. Die Eigenschaften des Standard-Elements sind für sämtliche daraus abgeleiteten typgleichen Fertigungsabschnitte identisch. Diese Eigenschaften gehören zu den statischen Eigenschaften der Fertigungsabschnitte. Statische Eigenschaften dürfen auf den Fertigungsabschnitten nicht verändert werden und sind daher auf Ebene der Fertigungsabschnitte für Eingaben und Änderungen gesperrt. Folgende Informationen sind für sämtliche typgleichen Fertigungsabschnitte identisch:

- die laufende Nummer innerhalb der Teilprozesskette,
- der Schlüssel des Kalkulationsbausteins aus der Arbeitskalkulation,
- die Positionsnummer,
- Bezeichnung des Teilprozesses aus der Arbeitskalkulation,
- Nachfolger des Teilprozesses innerhalb der Teilprozesskette und

- der Wert des Mindestzeitabstands min Z.

Als Beispiel eines Standard-Elements dient der Wandabschnitt W9 aus Kapitel 3.4.2. Der Aufbau als Datentabelle ermöglicht es, einen Fertigungsabschnitt ohne feste Vorgaben frei zu definieren. Anhand dieses Aufbaus können sämtliche Typen von Fertigungsabschnitten einer Bauwerkstruktur abgebildet werden.

| ID | Typ | Schlüssel | ME | Name | | | | | | | | | | | | | | |
|-----|-------|--------------------|----------|-------------------------|-------------------|----------------------------|---|--------|-------|-----------|---------------------|---------------------------|-------|---------------------|-------|-------|----------------|--|
| | W-D20 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Nr. | Q TP | Db | Pos. | Teilprozess Bezeichnung | Prozess- menge | Abrech- nungs- menge | | Q | w(Q) | v Soll | Dauer Soll TP | Nachfolger N in TPK | A (l) | Dauer Soll TP | E (l) | min Z | T _d | |
| Key | | | Nr. | | V | ME | V | ME | [A] | [Ah/ME] | [ME/h] | h | | d | | d | h/d | |
| 1 | Q3 | W-SCHAL-350-EIN-Q3 | 13.1.60 | Einschalen | m2 | m2 | 3 | 0,290 | 10,34 | | | 2 | 0,00 | | | 0,00 | 9,00 | |
| 2 | Q4 | BEW-500-M | 13.1.190 | Bewehrung Mattenstahl | t | t | 4 | 14,000 | 0,29 | | | 3 | | | | 0,00 | 9,00 | |
| 3 | Q4 | BEW-500-S | 13.1.200 | Bewehrung Stabstahl | t | t | 4 | 15,000 | 0,27 | | | 4 | | | | 0,00 | 9,00 | |
| 4 | Q3 | W-SCHAL-350-EIN-Q3 | 13.1.60 | Einschalen | m2 | m2 | 3 | 0,290 | 10,34 | | | 5 | | | | 0,00 | 9,00 | |
| 5 | Q3 | W-BET-350-D20-Q3 | 13.1.50 | Betonieren | m3 | m3 | 3 | 0,950 | 3,16 | | | 6 | | | | 1,00 | 9,00 | |
| 6 | Q3 | W-SCHAL-350-AUS-Q3 | 13.1.60 | Ausschalen | m2 | m2 | 3 | 0,130 | 23,08 | | | 7 | | | | 0,00 | 9,00 | |
| 7 | Q3 | W-SCHAL-350-AUS-Q3 | 13.1.60 | Ausschalen | m2 | m2 | 3 | 0,130 | 23,08 | | | | | | | 0,00 | 9,00 | |

Abbildung 19: Beispiel für eine standardisierte Teilprozesskette

Zu Beginn ist der Typ anzugeben. Danach können die einzelnen Teilprozesse zeilenweise geladen werden. Per Eingabe der ID des Teilprozesses werden die Personalstärke und der zugehörige Aufwandswert des Teilprozesses aus der Prozessstruktur eingelesen. Über den Teilprozess liegen die Angaben zu Positionsnummer, Bezeichnung des Teilprozesses aus der Arbeitskalkulation sowie die Mengeneinheiten von Prozess- und Abrechnungsmenge vor und werden aus dem Kalkulationsbaustein geladen. Nachfolger und Mindestzeitabstand min Z sind individuell für das Standard-Element einzugeben. Der Wert der täglichen Arbeitszeit wird mit einem Vorgabewert belegt. Die tägliche Arbeitszeit ist variabel und kann für die spätere Produktionsplanung zur Abstimmung der einzelnen Teilprozesse auf den Produktionsablauf geändert werden.

Die einzelnen Fertigungsabschnitte, die aus dem Standard-Element hergeleitet werden, verfügen über unterschiedliche Geometrien. Sowohl die Abrechnungsmenge als auch die Prozessmenge eines Fertigungsabschnitts sind aus dessen Geometrie und Abmessungen sowie den sonstigen Eigenschaften wie z.B. dem Material zu ermitteln. Die Mengenangaben zählen ebenfalls zu den unveränderlichen und damit statischen Eigenschaften eines Fertigungsabschnitts.

Gegenüber den statischen Eigenschaften können die weiteren Eigenschaften im Rahmen der Produktionsplanung und -steuerung gezielt verändert werden. Dies sind Anzahl und Menge an Einsatzmitteln sowie Angaben, die sich auf den Faktor Zeit beziehen. Innerhalb der Arbeitskalkulation kann es zu Änderungen an der Personalstärke oder am Aufwandswert kommen. Weiterhin ist eine Änderung oder Anpassung der täglichen Arbeitszeit innerhalb der Produktionsplanung möglich. Diese Werte werden weiterhin als dynamische Eigenschaften bezeichnet. Dynamische Eigenschaften sind:

- ID des Teilprozesses aus der Prozessstruktur,
- Personalstärke des Teilprozesses,
- spezifischer Aufwandswert des Teilprozesses,
- Produktionsgeschwindigkeit,

- Dauer des Teilprozesses,
- Anfang des Teilprozesses,
- Ende des Teilprozesses und
- tägliche Arbeitszeit des Teilprozesses.

Der Wert der Produktionsgeschwindigkeit eines Teilprozesses errechnet sich aus Personalstärke und Aufwandswert (siehe Formel 11). Über die Eingangswerte Personalstärke und Aufwandswert sowie der Mengenangabe für den Teilprozess folgt die Berechnung der Dauer eines Teilprozesses in Stunden anhand der Produktionsfunktion. Beginn und Ende der einzelnen Teilprozesse errechnen sich über die Angaben zu den Nachfolgern und den Mindestzeitabständen innerhalb der Teilprozesskette. Der Anfang $A(I)$ des ersten Teilprozesses ist auf Null gesetzt.

Die Standard-Elemente werden vorab angelegt und daraus die einzelnen Fertigungsabschnitte abgeleitet. Sämtliche Fertigungsabschnitte der Wandstärke 20 cm des Standard-Elements in Abbildung 19 verfügen über die dort aufgeführten Informationen. Die restlichen Angaben sind für die spezifischen Teilprozessketten der Fertigungsabschnitte zu ergänzen. Als Eingangswerte sind dazu die Mengen aus der Geometrie des spezifischen Fertigungsabschnitts zu ermitteln. Aus dem Standard-Element in Abbildung 19 wurde der Fertigungsabschnitt W9 in Abbildung 13 Kapitel 3.4.2 hergeleitet.

Änderungen an der Teilprozesskette selbst sind jeweils im Standard-Element vorzunehmen. Neben einer Arbeitserleichterung beim Anlegen der Fertigungsabschnitte hat dies den Vorteil, dass Redundanzen auf den unterschiedlichen Fertigungsabschnitten vermieden werden.

4.1.1.2 Entwicklung eines Fertigungsabschnitts

Die Angaben der standardisierten Teilprozesskette werden für sämtliche spezifischen Fertigungsabschnitte durch Ableitung übernommen. Durch die Übernahme der Daten aus dem Standard-Element reduziert sich der Aufwand für die Herleitung der spezifischen Fertigungsabschnitte auf die Mengenermittlung für Prozessmenge und Abrechnungsmenge. Die tägliche Arbeitszeit bleibt auf dem Fertigungsabschnitt variabel und kann so individuell an die Anforderungen des Produktionsablaufs angepasst werden. Anhand der Mengenangaben können die weiteren Werte für Anfang des Teilprozesses, Ende des Teilprozesses und Dauer des Teilprozesses berechnet werden.

Abbildung 20 zeigt die spezifischen Fertigungsabschnitte Stahlbetonwand Typ W8 und Stahlbetonwand Typ W9 im Bereich des Treppenhauses 1 des ersten Obergeschosses des Beispielgebäudes. Beide Fertigungsabschnitte wurden aus dem Standard-Element Wand der Dicke 20 cm hergeleitet. Beide Fertigungsabschnitte unterscheiden sich lediglich in den Mengenangaben für Prozessmenge und Abrechnungsmenge. W8 verfügt über die Abmessungen Länge 4,7 m und Höhe 3,00 m. Auf die Vorgehensweise bei der Mengenermittlung von Prozessmenge und Abrechnungsmenge wird am Beispiel von W9 in Kapitel 4.3.2 eingegangen.

Für einen möglichst effektiven Aufbau des Produktionsmodells wird eine Stammdatenbank für Fertigungsabschnitte eingeführt. In dieser Stammdatenbank können Standard-Elemente und daraus abgeleitete Fertigungsabschnitte als Vorlage angelegt, in den Projektstamm kopiert und dort projektspezifisch angepasst werden. Die für das Produktionsmodell notwendigen Angaben sind in den einzelnen Spalten enthalten.

| ID | Typ | Schlüssel | ME | Name | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----|-------|--------------------|----------|-------------------------|--------------|------------------|--------|------|--------|---------------|---------------------|-------|---------------|-------|-------|----------------|------|------|--|--|
| 83 | W-D20 | W8 | X | Wand Achse 3 TR 1 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Nr. | Q TP | Db | Pos. | Teilprozess Bezeichnung | Prozessmenge | Abrechnungsmenge | Q | w(Q) | v Soll | Dauer Soll TP | Nachfolger N in TPK | A (l) | Dauer Soll TP | E (l) | min Z | T _d | | | | |
| Key | | Nr. | | | V | ME | V | ME | [A] | [Ah/ME] | [ME/h] | h | | d | | d | h/d | | | |
| 1 | Q3 | W-SCHAL-350-EIN-Q3 | 13.1.60 | Einschalen | 14,100 | m2 | 0,000 | m2 | 3 | 0,290 | 10,34 | 1,36 | 2 | 0,00 | 0,15 | 0,15 | 0,00 | 9,00 | | |
| 2 | Q4 | BEW-500-M | 13.1.190 | Bewehrung Mattenstahl | 0,180 | t | 0,180 | t | 4 | 14,000 | 0,29 | 0,63 | 3 | 0,15 | 0,07 | 0,22 | 0,00 | 9,00 | | |
| 3 | Q4 | BEW-500-S | 13.1.200 | Bewehrung Stabstahl | 0,045 | t | 0,045 | t | 4 | 15,000 | 0,27 | 0,17 | 4 | 0,22 | 0,02 | 0,24 | 0,00 | 9,00 | | |
| 4 | Q3 | W-SCHAL-350-EIN-Q3 | 13.1.60 | Einschalen | 15,300 | m2 | 0,000 | m2 | 3 | 0,290 | 10,34 | 1,48 | 5 | 0,24 | 0,16 | 0,40 | 0,00 | 9,00 | | |
| 5 | Q3 | W-BET-350-D20-Q3 | 13.1.50 | Betonieren | 2,820 | m3 | 2,820 | m3 | 3 | 0,950 | 3,16 | 0,89 | 6 | 0,40 | 0,10 | 0,50 | 1,00 | 9,00 | | |
| 6 | Q3 | W-SCHAL-350-AUS-Q3 | 13.1.60 | Ausschalen | 15,300 | m2 | 16,500 | m2 | 3 | 0,130 | 23,08 | 0,66 | 7 | 1,00 | 0,07 | 1,07 | 0,00 | 9,00 | | |
| 7 | Q3 | W-SCHAL-350-AUS-Q3 | 13.1.60 | Ausschalen | 14,100 | m2 | 14,100 | m2 | 3 | 0,130 | 23,08 | 0,61 | | 1,07 | 0,07 | 1,14 | 0,00 | 9,00 | | |

| ID | Typ | Schlüssel | ME | Name | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----|-------|--------------------|----------|-------------------------|--------------|------------------|--------|------|--------|---------------|---------------------|-------|---------------|-------|-------|----------------|------|------|--|--|
| 84 | W-D20 | W9 | X | Wand Achse 4 TR 1 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Nr. | Q TP | Db | Pos. | Teilprozess Bezeichnung | Prozessmenge | Abrechnungsmenge | Q | w(Q) | v Soll | Dauer Soll TP | Nachfolger N in TPK | A (l) | Dauer Soll TP | E (l) | min Z | T _d | | | | |
| Key | | Nr. | | | V | ME | V | ME | [A] | [Ah/ME] | [ME/h] | h | | d | | d | h/d | | | |
| 1 | Q3 | W-SCHAL-350-EIN-Q3 | 13.1.60 | Einschalen | 13,320 | m2 | 0,000 | m2 | 3 | 0,290 | 10,34 | 1,29 | 2 | 0,00 | 0,14 | 0,14 | 0,00 | 9,00 | | |
| 2 | Q4 | BEW-500-M | 13.1.190 | Bewehrung Mattenstahl | 0,142 | t | 0,142 | t | 4 | 14,000 | 0,29 | 0,50 | 3 | 0,14 | 0,06 | 0,20 | 0,00 | 9,00 | | |
| 3 | Q4 | BEW-500-S | 13.1.200 | Bewehrung Stabstahl | 0,036 | t | 0,036 | t | 4 | 15,000 | 0,27 | 0,13 | 4 | 0,20 | 0,01 | 0,21 | 0,00 | 9,00 | | |
| 4 | Q3 | W-SCHAL-350-EIN-Q3 | 13.1.60 | Einschalen | 14,520 | m2 | 0,000 | m2 | 3 | 0,290 | 10,34 | 1,40 | 5 | 0,21 | 0,16 | 0,37 | 0,00 | 9,00 | | |
| 5 | Q3 | W-BET-350-D20-Q3 | 13.1.50 | Betonieren | 2,331 | m3 | 2,220 | m3 | 3 | 0,950 | 3,16 | 0,74 | 6 | 0,37 | 0,08 | 0,45 | 1,00 | 9,00 | | |
| 6 | Q3 | W-SCHAL-350-AUS-Q3 | 13.1.60 | Ausschalen | 14,520 | m2 | 12,300 | m2 | 3 | 0,130 | 23,08 | 0,63 | 7 | 1,00 | 0,07 | 1,07 | 0,00 | 9,00 | | |
| 7 | Q3 | W-SCHAL-350-AUS-Q3 | 13.1.60 | Ausschalen | 13,320 | m2 | 11,100 | m2 | 3 | 0,130 | 23,08 | 0,58 | | 1,07 | 0,06 | 1,13 | 0,00 | 9,00 | | |

Abbildung 20: Beispiel – Spezifische Fertigungsabschnitte abgeleitet aus einem Standard-Element

4.1.2 Einführung einer Struktur für die Fertigungsabschnitte

- Fertigungsabschnitte der Stammdatei
 - Fundamente
 - Bodenplatten
 - Wände
 - Wände aus Mauerwerk
 - Stahlbetonwände
 - Standard-Element Stahlbetonwand Dicke 20 cm
 - Spezifischer Fertigungsabschnitt 1
 - ...
 - Spezifischer Fertigungsabschnitt n
 - Standard-Element Stahlbetonwand Dicke 30 cm
 - ...
 - Stützen
 - Decken
 - Unterzüge
 - Träger
 - Podeste
 - Treppen
 - ...

Abbildung 21: Struktur für die Fertigungsabschnitte

Für eine geordnete Ablagestruktur der Fertigungsabschnitte kommt eine Baumstruktur zur Anwendung. Diese Baumstruktur ist hierarchisch gegliedert und das grundlegende Ordnungssystem zur strukturierten Abbildung der Fertigungsabschnitte. Die Struktur kann firmenspezifisch angelegt werden. Ein Vorschlag ist in Abbildung 21 enthalten. In der ersten Hierarchieebene der Struktur für die Fertigungsabschnitte werden sämtliche Typen aufgeführt, die in einem Tragwerk vorkommen können. Dies sind z.B. Fundamente, Bodenplatten, Wände, Stützen, Decken, Unterzüge etc. Die zweite Hierarchieebene bezieht sich auf das verwendete Material, wie z.B. Stahlbeton oder Mauerwerk. In der dritten Hierarchieebene werden die jeweiligen Standard-Elemente definiert, z.B. Stahlbetonwand Dicke 20 cm, Stahlbetonwand Dicke 30 cm usw. In der vierten Hierarchieebene folgen die spezifischen Fertigungsabschnitte.

4.1.3 Fertigungsabschnitte im Beispielgebäude

Als Beispiel dient ein Projekt, das bereits in den Übungen zur Vorlesung Baubetrieb 1 bis 3 am Lehrstuhl für Tunnelbau und Baubetriebslehre Anwendung gefunden hat⁹⁵. Es handelt sich um drei identische Bürogebäude, Gebäude A, B und C, die um eine Tiefgarage gruppiert sind. Planunterlagen befinden sich im Anhang. Exemplarisch wird das erste Obergeschoss OG 1 des Gebäudes A behandelt. Abbildung 22 zeigt eine dreidimensionale Schrägansicht der Wände des Geschosses OG 1.

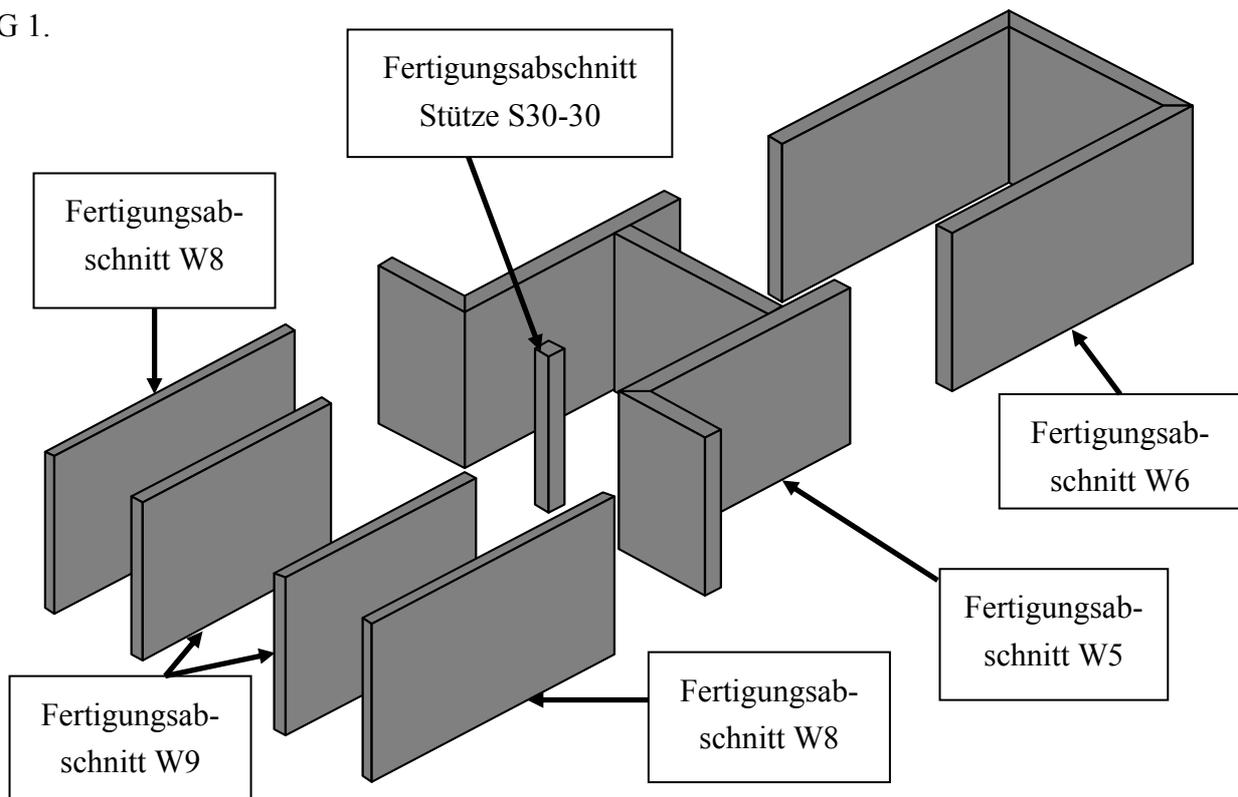


Abbildung 22: Dreidimensionale Schrägansicht Wände Obergeschoss Beispielgebäude⁹⁶

⁹⁵ Vgl. Skriptum Übungen zu Baubetrieb 1 bis 3, Hrsg. Lehrstuhl für Tunnelbau und Baubetriebslehre, Ausgabe Wintersemester 2003 / 2004

⁹⁶ Vgl. Bösch, H.-J. (Hrsg.): Skriptum zur Vorlesung Übungen Baubetrieb 1 bis 3, Lehrstuhl für Tunnelbau und Baubetriebslehre der TU München, 2003

Nachfolgend sind die Fertigungsabschnitte für das erste Obergeschoss OG 1 des Beispielgebäudes aufgelistet. Der Grundriss von OG 1 befindet sich im Anhang. Folgende Fertigungsabschnitte sind vorhanden:

- 1 Stahlbetonwand Aufzugskern, Dicke 30 cm, Höhe 3,00 m,
- 1 Stahlbetonwand Treppenhaus 2 umlaufend, Dicke 30 cm, Höhe 3,00 m,
- 2 identische Stahlbetonwände Treppenhaus 1, in Achse 3 und 7, Dicke 20 cm, Höhe 3,00 m,
- 2 identische Stahlbetonwände Treppenhaus 1, in Achse 4 und 6, Dicke 20 cm, Höhe 3,00 m,
- 17 identische Stahlbetonstützen mit quadratischem Grundriss der Seitenlänge 0,30 m und einer Höhe von 3,00 m,
- 1 Treppenpodest aus Stahlbeton Treppenhaus 1,
- 1 Treppenpodest aus Stahlbeton Treppenhaus 2,
- 2 Stahlbetonfertigteiltreppen Treppenhaus 1,
- 2 Stahlbetonfertigteiltreppen Treppenhaus 2,
- 1 Stahlbetondecke als Geschossdecke, nach Vorgaben aus der Arbeitsvorbereitung herzustellen in einem Fertigungsabschnitt.

Das Geschoss enthält mehrere Wände der Dicke 20 cm und der Dicke 30 cm und zwei Treppenpodeste. Für diese wird jeweils ein Standard-Element angelegt, aus dem die spezifischen Fertigungsabschnitte hergeleitet werden. Die Vorgehensweise wurde in Kapitel 4.1.1 am Beispiel für das Standard-Element der Dicke 20 cm beschrieben.

4.2 Mengenermittlung im Bauwesen

4.2.1 Regelwerke zur Mengenermittlung im Bauwesen

Für die Abrechnung im Bauwesen existieren drei allgemein gültige Regelwerke:

- Die Allgemeinen Technische Vertragsbedingungen (ATV), aufgelistet als Normensammlung 18299ff in der VOB Teil C,
- die Verfahrensbeschreibungen (VB) für die elektronische Bauabrechnung des Gemeinsamen Ausschusses Elektronik im Bauwesen (GAEB) und
- die Regelungen für die elektronische Bauabrechnung⁹⁷ (REB).

In den Allgemeinen Mengenermittlungen nach GAEB sowie in den REB sind Verfahrensanweisungen mit Formeln zur Mengenermittlung angegeben. Dadurch ergänzen sich ATV und GAEB bzw. REB. Zusammen mit den ATV werden im Normalfall entweder die Regelungen nach GAEB oder REB als Grundlage für die Abrechnung von Bauleistungen vertraglich vereinbart.

⁹⁷ Vgl. Merkblatt zur elektronischen Bauabrechnung, Hrsg.: Gemeinsamer Ausschuss Elektronik im Bauwesen (GAEB), Bonn, Ausgabe Oktober 2000, überarbeitet Januar 2003

4.2.1.1 Mengenermittlung zur Abrechnung gemäß ATV VOB Teil C

Die ATV sind gegliedert nach unterschiedlichen „Arbeiten“, die jeweils in Punkt 1 der Norm mit Bezug auf den „Geltungsbereich“ definiert sind. Angaben zu den Abrechnungseinheiten für die Teilleistungen (Positionen) befinden sich jeweils in Abschnitt 0.5. Die Modalitäten, Vorgehensweisen und Regelungen zur Bestimmung der Eingangswerte zur Abrechnung befinden sich in Abschnitt 5 der einzelnen Normen.

4.2.1.2 Das Verfahren nach GAEB

Der Gemeinsame Ausschuss Elektronik im Bauwesen hat mehrere Verfahrensbeschreibungen für die elektronische Bauabrechnung herausgegeben. Die aktuelle Sammlung zur Allgemeinen Mengenberechnung findet sich in den GAEB-VB 23.004⁹⁸. Dort wird generell unterschieden in Soll-Mengen, z.B. für die Erstellung eines Leistungsverzeichnisses, und Ist-Mengen, z.B. für die Bauabrechnung. Als Datenquellen für die Mengenberechnungen werden genannt:

- manuelle Übernahme aus Abrechnungsplänen,
- digitale Übernahme der Daten aus Abrechnungsplänen (z.B. CAD),
- manuelle Übernahme von Aufmaßdaten,
- digitale Übernahme von Aufmaßdaten,
- Übernahme von Daten aus Austauschverfahren nach GAEB DA 2000 und
- Übernahme von Ergebnissen anderer Verfahren.

Auf das detaillierte Verfahren wird an dieser Stelle nicht weiter eingegangen. Die Vorgehensweise ist wie folgt beschrieben: „Die zu berechnenden Leistungen werden den Positionen des Leistungsverzeichnisses zugeordnet und anhand der Bauteilabmessungen mengenmäßig erfasst. Die Abmessungen der Bauteile werden den Abrechnungsplänen entnommen und gemeinsam mit Angaben der Zuordnung, erläuternden Texten und der Formelnummer erfasst. Jede Eingabezeile erhält eine eindeutige Adresse. Die Berechnung der Rechenansätze erfolgt je nach Formelnummer

- gemäß den Parametern der gespeicherten Formeln,
- durch Abarbeiten der Werte anhand der gesetzten Rechenzeichen (s. FNR 099),
- durch Abarbeiten der Werte gemäß den Regeln der Algebra (s. FNR 091) oder
- mittels hinterlegter Makros, die zuvor zwischen den Vertragspartnern vereinbart werden müssen.“⁹⁹

⁹⁸ Vgl. Gemeinsamer Ausschuss Elektronik im Bauwesen (GAEB), Hrsg. Deutsches Institut für Normung e.V.: Verfahrensbeschreibungen für die elektronische Bauabrechnung GAEB-VB 23.004 Allgemeine Mengenberechnung, Ausgabe März 1999

⁹⁹ Gemeinsamer Ausschuss Elektronik im Bauwesen (GAEB), Hrsg. Deutsches Institut für Normung e.V.: Verfahrensbeschreibungen für die elektronische Bauabrechnung GAEB-VB 23.004 Allgemeine Mengenberechnung, Ausgabe März 1999, S. 8

Der Formelkatalog gegliedert nach Formelgruppen ist in Abbildung 23 aufgelistet.

| GRUPPE | FORMEL-NUMMER | BEZEICHNUNG |
|--------|---------------|---|
| 0 | 000 – 099 | Allgemeine mathematische Formeln |
| 1 | 100 – 199 | Formeln für Längenberechnungen |
| 2 | 200 – 299 | Formeln für Flächenberechnungen |
| 3 | 300 – 399 | Formeln für Volumenberechnungen |
| 4 | 400 – 499 | Formeln für Gewichtsberechnungen |
| 5 | 500 – 599 | Formeln für die Mengenermittlung aus Dreieckprismen |
| 6 | 600 – 699 | - nicht belegt - |
| 7 | 700 – 799 | Profilweise Mengenermittlungen (Flächen) |
| 8 | 800 – 899 | Profilweise Mengenermittlungen (Volumen) |
| 9 | 900 – 999 | Frei definierbare Formeln |

Abbildung 23: Formelgruppen nach GAEB-VB 23.004

4.2.1.3 Das Verfahren nach REB

Der Zweck der Regelungen für die elektronische Bauabrechnung¹⁰⁰ (REB) liegt darin, durch einheitliche Regelungen und Verfahrensbeschreibungen (VB) zur Datenübergabe und Anwendung der elektronischen Datenverarbeitung (EDV) schneller, sicherer und wirtschaftlicher gegenüber der manuellen Bearbeitung zu sein. Ziel ist eine Rationalisierung der Arbeitsabläufe und Festlegung eines einheitlichen Formats zur Datenübergabe. Als Datenquellen für die Eingangswerte werden Zeichnungen, Ausführungsunterlagen, Entwurfs- und sonstige Vorberechnungen angegeben. Generell gilt die Leitlinie, dass bei Datenübergabe die Daten den Bedingungen der VB entsprechen müssen. Die vom Auftraggeber geprüfte und anerkannte Berechnung bildet die Grundlage für die Abrechnung.

Die REB beinhalten Regelungen, die einheitlich und eindeutig sind für die Berechnung geometrischer Figuren, und sonstige Berechnungsformeln zur Ermittlung von Mengen. Für die Mengenermittlung existiert ein Formelkatalog, in dem Formeln zur Berechnung von geometrischen Figuren zusammen mit Skizzen und mathematischen Formeln mit den jeweiligen Eingangswerten aufgeführt sind. Nach Eingabe der Formelnummer folgt die Eingabe der einzelnen Werte für die durch die Formelnummer festgelegten Parameter in der vorgegebenen Reihenfolge. Ein Hauptaugenmerk liegt auf den organisatorischen Regelungen, welche die Vertragspartner rechtzeitig vereinbaren sollen:

- Angaben zu den Datenquellen, z.B. geometrische Arbeitsvorbereitungen, CAD- oder sonstige Pläne oder gemeinsame Aufmaße,

¹⁰⁰ Vgl. Merkblatt zur elektronischen Bauabrechnung, Hrsg.: Gemeinsamer Ausschuss Elektronik im Bauwesen (GAEB), Bonn, Ausgabe Oktober 2000, überarbeitet Januar 2003

- welche VB für welche Teilleistungen angewendet werden sollen,
- Einzelheiten zur Datenübergabe bezüglich Datenformat,
- Festlegungen zu geometrischen Bedingungen, d.h. die Modalitäten zur Abgrenzung von Teilen des Bauwerks und zur Definition der Eingangswerte,
- organisatorischer Ablauf für das Aufstellen und Prüfen der Berechnungen mit Angabe der zuständigen Stellen bei Auftragnehmer und Auftraggeber,
- Toleranzregelungen und
- Anzahl der erforderlichen Ausfertigungen der Ausgabelisten.

4.2.2 *Klassifizierung von Mengen für die Bauproduktion*

Die nach VOB Teil C ermittelten Mengen geben in der Regel nicht die tatsächlich auszuführenden Mengen an. Daher wird für das weitere Vorgehen eine Klassifikation vorgenommen, die sich auf die Mengenermittlung für die Fertigungsabschnitte bezieht:

- Abrechnungsmengen (AM) als Grundlage für die Abrechnung,
- Prozessmengen (PM) als Mengenangabe für das Volumen eines Teilprozesses.

4.2.2.1 Abrechnungsmengen

Die Abrechnungsmengen sind diejenigen Mengen, die als vertraglich festgelegte Abrechnungseinheiten zur Abrechnung der Bauleistung vorgesehen sind. Bei einem Einheitspreisvertrag werden diese nach Leistungserstellung durch Aufmaß für die einzelnen Positionen des Leistungsverzeichnisses ermittelt. Ist die VOB Teil B Vertragsgrundlage, gelten die Vorschriften der VOB Teil C ebenfalls als Vertragsbestandteil. Die Richtlinien für die rechnergestützte Mengenermittlung nach REB oder GAEB sind separat zu vereinbaren. Eventuelle Besondere oder Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen sind zu berücksichtigen. In Bezug auf die prozessorientierte Betrachtung und auf die Definition der Fertigungsabschnitte geben die Abrechnungsmengen die Menge an Output einer Teilprozesskette an, nach der die tatsächlich ausgeführten Leistungen vergütet werden (vgl. § 2 Nr. 2 VOB Teil B).

4.2.2.2 Prozessmengen

Die Prozessmenge ist die Mengenangabe für den Input eines Teilprozesses. Über die Prozessmenge wird der tatsächliche Bedarf an Einsatzmitteln und Materialien ermittelt, der sich durch die gewählte Verfahrenstechnik, die Produktionsbedingungen an den Betriebspunkten und sonstige betriebliche oder technische Einflüsse ergibt. Angaben zum Input der Einsatzmittel und Materialien sind bei abweichender Mengeneinheit auf die Mengeneinheit des Teilprozesses umzurechnen. Die Prozessmenge kann sich von der Abrechnungsmenge gemäß VOB Teil C durch die dort aufgeführten Ab-

rechnungsvorschriften unterscheiden. Prozessmengen werden ebenfalls durch Aufmaß ermittelt. Die Mengenermittlung erfolgt dann ebenfalls gemäß REB bzw. GAEB.

4.2.3 Beispiel für Abrechnungsmenge nach VOB Teil C und Prozessmenge

Als Beispiel dient eine Stahlbetonwand mit den Abmessungen Länge = 10,00 m, Dicke = 0,30 m, Höhe = 3,00 m. Die Stahlbetonwand verfügt über eine Aussparung mit den Abmessungen Länge 1,00 m, Breite 2,60 m und Tiefe 0,10 m auf einer Seite der Wand.

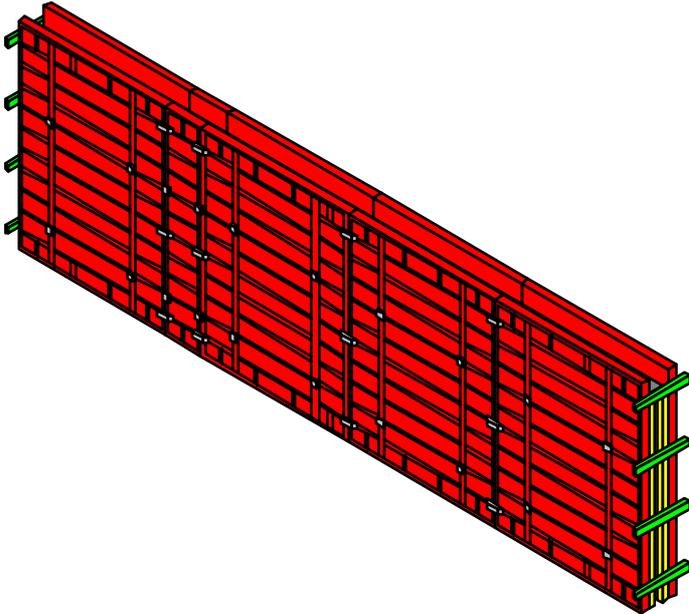


Abbildung 24: Beispiel Fertigungsabschnitt Stahlbetonwand eingeschalt¹⁰¹

Die Stirnseiten können entweder Wandabschlüsse oder Arbeitsfugen sein. Handelt es sich um Wandabschlüsse, wird die Fläche sowohl bei der Prozessmenge als auch bei der Abrechnungsmenge nach VOB Teil C hinzugezählt. Handelt es sich um Arbeitsfugen, wird die Fläche lediglich für die Prozessmenge angesetzt.

Die Abrechnungsmenge wird gemäß den Berechnungsvorschriften nach DIN 18331 (VOB Teil C) ermittelt. Betrachtet werden nachfolgend die Teilprozesse Schalung und Beton. Abrechnungsmenge wie auch Prozessmenge für die Bewehrung werden im Normalfall der Bewehrungsplanung entnommen.

Die Prozessmenge für Beton berücksichtigt die Verringerung des Betonvolumens infolge der Aussparung. Für die Prozessmenge der Schalung ist aufgrund des verfahrensbedingten Überschalens der Aussparung die Fläche der Aussparung ebenfalls anzusetzen. Die Stirnseiten sind in diesem Fall Arbeitsfugen. Die Fläche der Arbeitsfugen wird als Prozessmenge bei der Schalung der zweiten Seitenfläche (Schließschalung) berücksichtigt.

¹⁰¹ erstellt mit Software ELPOS® der Firma PERI, Weißenhorn

Nach DIN 18331 wird das Betonvolumen der Aussparung bei der Ermittlung der Abrechnungsmenge nicht abgezogen, da das Volumen mit $0,26 \text{ m}^3$ geringer ist als der Grenzwert von $0,5 \text{ m}^3$. Da die Fläche der Aussparung mit $2,6 \text{ m}^2$ größer ist als der Grenzwert von $2,5 \text{ m}^2$ ist die Schalfläche der Aussparung bei der Abrechnungsmenge der Schalfläche abzuziehen.

| Mengentyp | Schalung in m^2 | Beton in m^3 |
|------------------|--|---|
| Abrechnungsmenge | $10,00 * 3,00 + 10,00 * 3,00 - 1,00 * 2,60$ $= 57,400 \text{ m}^2$ Anmerkung: $2,60 \text{ m}^2 > 2,50 \text{ m}^2$ | $10,00 * 0,30 * 3,00$ $= 9,000 \text{ m}^3$ Anmerkung: $0,26 \text{ m}^2 < 0,50 \text{ m}^2$ |
| Prozessmenge | $10,00 * 3,00 + 10,00 * 3,00 = 60,000 \text{ m}^2$ Stirnseiten: $2 * 0,30 * 3,00 = 1,800 \text{ m}^2$ | $10,00 * 0,30 * 3,00 -$ $1,00 * 2,60 * 0,10$ $= 8,740 \text{ m}^3$ |
| Faktor PM / AM | $61,800 \text{ m}^2 / 57,400 \text{ m}^2 = 1,077$ | $8,740 \text{ m}^3 / 9,000 \text{ m}^3 = 0,971$ |

Abbildung 25: Beispiel für Abrechnungsmenge und Prozessmenge eines Fertigungsabschnitts

Der Bedarf an Schalung ergibt sich aus dem Produkt von Prozessmenge und in der Kalkulation angesetzttem Faktor für Überstände etc. Bei einem angenommenen Zuschlag von 20 % für den planmäßigen Überstand der Schalung führt dies zu einem kalkulatorischen Bedarf an Schalung von 72 m^2 für die Seitenflächen und $2,16 \text{ m}^2$ für die Arbeitsfugen.

Vor Behandlung der Systematik der Mengenermittlung von Abrechnungsmenge und Prozessmenge für die einzelnen Teilprozesse wird nachfolgend kurz der derzeitige Stand der Mengenermittlung im Bauwesen betrachtet.

4.2.4 Stand der Mengenermittlung im Bauwesen

4.2.4.1 Überschlüssig ermittelte Mengen

Überschlüssige Mengenermittlungen werden als Eingangswerte für ebenfalls überschüssige Dauerberechnungen verwendet, wie sie z.B. in der Angebotsphase vorgenommen werden. Hierfür sind keine allgemein gültigen Vorgaben möglich, da eine Vielzahl von Vorgehensweisen und Varianten existiert. Die Vorgehensweise ist auf den Einzelfall abzustimmen und liegt zudem im Bereich der Empirie und der Berufserfahrung der jeweiligen Person. Die überschüssige Mengenermittlung empfiehlt sich generell für Plausibilitätskontrollen.

4.2.4.2 Aufmaß aus Planunterlagen

Im Normalfall werden die Eingangswerte zur Mengenermittlung aus zweidimensionalen Planunterlagen abgelesen. Dazu werden die Pläne als so genannte „Aufmaßpläne“ farblich angelegt, wobei jeweils eine Farbe der Zuordnung zu einer Position des Leistungsverzeichnisses entspricht. Im Plan nicht angegebene Werte sind als gesondert gekennzeichnete Hilfwerte zu berechnen. Vor Einfüh-

rung von Software für das Aufmaß war es üblich, die Werte per Hand auf Formblätter zu übertragen, dort Zwischenergebnisse zu berechnen und die Zwischenergebnisse zu summieren. Nach derzeitigem Stand kommen entweder Tabellenkalkulationsprogramme oder spezielle Software zur Anwendung, wobei das Prinzip der Aufmaßblätter beibehalten wurde. Nach Eingabe der Formelnummer gemäß GAEB bzw. REB sind die einzelnen Werte der entsprechenden Formel in der vorbestimmten Reihenfolge in die entsprechenden Zellen für die einzelnen Werte einzutragen.

| Messurkunde 23003 | | | | | | | | | |
|---------------------|--------------|------------------------------|------------|---|--|------------------------|-------------|---------|--|
| Projekt: Aufmaß: | Test-01 1 | Testprojekt LV BB-Gebäude | | | Mit LV-Menge, sortiert nach Ordnungszahl | | | | |
| Ordnungszahl | K | Erläuterung | Faktor FN | Rechenansatz | | | Ergebnis | Adresse | |
| 13. 1. 30. | OG-1 | 343 | 4 | Stützen 0,30m x 0,30m betonieren, Höhe 3,00m bis 3,50m 0,300 0,300 3,000 | | | 0,270 | 1 A0 | |
| | | | | | | | Gesamtsumme | 0,270 | |
| 13. 1. 30. | OG-1 | 343 | 4 | Stützen 0,30m x 0,30m schalen, Höhe 3,00m bis 3,50m 4,000 4 0,300 3,000 | | | 3,600 | 1 B0 | |
| | | | | | | | Gesamtsumme | 3,600 | |
| Aufgestellt: | | | Anerkannt: | | | | | | |
| Ort | Datum | (Für den Aufsteller) | | (Für den Auftragnehmer) | | (Für den Auftraggeber) | | | |

Diese Messurkunde besteht aus den Seiten 1 bis 1

Abbildung 26: Beispiel eines Aufmaßes gemäß REB 23.003¹⁰²

Die Software bietet lediglich eine Unterstützung in Form von automatisierten Berechnungen. Nach Eingabe der zugehörigen Positionsnummer des Leistungsverzeichnisses werden die Zwischenergebnisse für die einzelnen Positionen kumuliert. Diese Vorgehensweise ist gängige Praxis für das Aufmaß bei Einheitspreisverträgen nach VOB. Als weitere Information kann das Ergebnis jeder Ansatzzeile einem Bauabschnitt oder Bauteil zugeordnet werden. Dazu ist in gängiger Software die Ausgabe von so genannten Messurkunden als Aufmaßblätter möglich (siehe Abbildung 26). Die Zuordnung von Plannummern zu den entsprechenden Rechenansätzen ist über eine Kommentarzeile möglich. Der Auftragnehmer übergibt die Messurkunde zusammen mit den farblich angelegten Aufmaßplänen. Der Auftraggeber prüft die vom Auftragnehmer erstellten Aufmaße und zeichnet sie ab.

Beim Aufmaß mittels selbst registrierenden Messgeräten werden Abmessungen mit einem digitalen Lesegerät aus den Planunterlagen über Punktkoordinaten ermittelt. Flächen berechnen sich über deren Begrenzungslinien. Nach Einlesen der Eingangswerte aus Planunterlagen über relative Koordinaten werden die Abmessungen analog zu den farblich angelegten, so genannten „Aufmaßplänen“ digital dokumentiert. Um die Ansätze rückverfolgbar zu machen, sind weitere Informationen zur Dokumentation wie Zuordnung und Herleitung der Rechenansätze zu integrieren¹⁰³. Flächen mit gleicher Farbmarkierung werden summiert und der entsprechenden Position des Leistungsverzeich-

¹⁰² Vgl. Software ARRIBA®, Fa. RIB Stuttgart, Darstellung eines vom Autor erstellten Beispiels

¹⁰³ Vgl. Gemeinsamer Ausschuss Elektronik im Bauwesen (GAEB), Hrsg. Deutsches Institut für Normung e.V.: Verfahrensbeschreibungen für die elektronische Bauabrechnung GAEB-VB 23.004 Allgemeine Mengenberechnung, Ausgabe März 1999, S. 7

nisses zugeordnet. Als Ergebnis liegen die Planunterlagen in digitalisierter Form vor und können vom Anwender am Bildschirm farblich gekennzeichnet betrachtet werden. Es besteht die Möglichkeit, die eingelesenen Daten direkt in ein Tabellenkalkulationsprogramm oder in Software für Ausschreibung bzw. Kalkulation zu übernehmen¹⁰⁴. Die Zuordnung der Farben und damit die Zuordnung zu den Positionen des Leistungsverzeichnisses nimmt man über manuelle Eingabe vor.

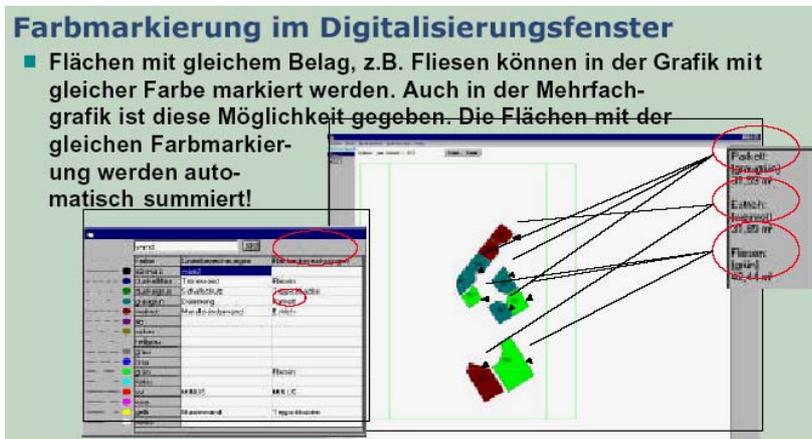


Abbildung 27: Beispiel für die Anwendung eines selbst registrierenden Messgeräts¹⁰⁵

4.2.4.3 Automatisierte Mengenermittlung aus dreidimensionalen CAD-Modellen

Eine automatisierte Mengenermittlung aus dreidimensionalen CAD-Modellen wird dadurch ermöglicht, dass in einem CAD-Modell sämtliche geometrischen Daten der einzelnen Volumenkörper enthalten sind. Dies betrifft Abmessungen und Längenangaben, Mantelflächen, Volumen, Grundrissflächen oder Umfangslänge der Objekte plus Informationen zu Elementtyp und Material¹⁰⁶. Die einzelnen Objekte werden als Instanzen von Objektklassen, wie z.B. Wand oder Stütze erzeugt. Durch die Klassenbildung liegen die gewünschten Informationen bereits strukturiert vor. Eine weitere Unterteilung, wie z.B. in Wände unterschiedlicher Dicke, ist ebenfalls möglich. Die Mengenangaben zu den Objekten können in ein Leistungsverzeichnis eines Ausschreibungs- oder Kalkulationsprogramms übernommen werden. Hierfür existieren bereits Softwarelösungen als so genannte „Aufsätze“ oder „Erweiterungen“ zu bestehender CAD-Software, mit denen eine weitgehend automatisierte Erstellung eines Leistungsverzeichnisses möglich ist¹⁰⁷. Nach Angaben von Softwarefirmen sind die Regeln zur Mengenermittlung gemäß den Allgemeinen Technischen Vertragsbedingungen für Bauleistungen der Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen (VOB Teil C) berücksichtigt. Die Mengen können nach bestimmten Vorgaben gegliedert in Tabellenkalkulationsprogramme, wie z.B. Excel®, oder Datenbankanwendungen, wie z.B. Access® ausgegeben werden.

¹⁰⁴ Vgl. www.digimass.de, mit Produktinformationen der Firma allplan, Augsburg

¹⁰⁵ Vgl. www.digimass.de, Präsentation zur Anwendung

¹⁰⁶ Vgl. Bogatic, Z.: Objektorientierte, dreidimensionale Modelle in der Tragwerksplanung – ein Vergleich zum bisherigen Standard mit zweidimensionaler Planung, Diplomarbeit am Lehrstuhl für Tunnelbau und Baubetriebslehre 2004, S. 39

¹⁰⁷ Vgl. Software und Angaben der Firmen RIB oder Sidoun

In Verbindung mit Aufsätzen für die CAD-Software können die Mengen auch direkt in das Leistungsverzeichnis einer Software für Kalkulation oder Ausschreibung, Vergabe und Abrechnung (AVA) übernommen werden. Schnittstellen hierfür sind in der Regel bereits integriert. Informationen über die Zuordnung der CAD-Objekte zu Bauabschnitten oder Ebenen eines Bauwerks sind normalerweise nicht enthalten. Dies kann durch Generierung von entsprechenden Eigenschaften (Attributen) und deren Zuordnung zu den CAD-Objekten innerhalb der CAD-Software erfolgen. Abbildung 28 zeigt den Export von Daten zu Stahlbetonstützen in ein Tabellenkalkulationsprogramm.

| STÜTZEN | | | | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|------------|---------------------------------|----------------------|----------|-------------|-----|-------------|-------|-------|
| Geschoss | Stützenstil | Anz. | Beschreibung | Material | ID | Teilflächen | +/- | Anmerkungen | A (m) | B (m) |
| alle Objekte | STB 50.0 x 50.0 | 1 | Stahlbeton 50.0 x 50.0 cm | Stahlbeton: Standard | 1195 | Hauptfläche | + | | 0,50 | 0,50 |
| | STB 50.0 x 50.0 | 4 | Stahlbeton 50.0 x 50.0 cm | Stahlbeton: Standard | 1196, 12 | Hauptfläche | + | | 0,50 | 0,50 |
| | STB 50.0 x 50.0 | 1 | Stahlbeton 50.0 x 50.0 cm | Stahlbeton: Standard | 1197 | Hauptfläche | + | | 0,50 | 0,50 |
| | STB 50.0 x 50.0 | 1 | Stahlbeton 50.0 x 50.0 cm | Stahlbeton: Standard | 1202 | Hauptfläche | + | | 0,50 | 0,50 |
| | STB 50.0 x 50.0 | 4 | Stahlbeton 50.0 x 50.0 cm | Stahlbeton: Standard | 1204, 12 | Hauptfläche | + | | 0,50 | 0,50 |
| | STB 50.0 x 50.0 | 2 | Stahlbeton 50.0 x 50.0 cm | Stahlbeton: Standard | 1212, 12 | Hauptfläche | + | | 0,50 | 0,50 |
| | STB 50.0 x 50.0 | 6 | Stahlbeton 50.0 x 50.0 cm | Stahlbeton: Standard | 1215, 12 | Hauptfläche | + | | 0,50 | 0,50 |
| | STB 50.0 x 50.0 | 2 | Stahlbeton 50.0 x 50.0 cm | Stahlbeton: Standard | 1680, 16 | Hauptfläche | + | | 0,50 | 0,50 |
| | STB 50.0 x 50.0 | 1 | Stahlbeton 50.0 x 50.0 cm | Stahlbeton: Standard | 1679 | Hauptfläche | + | | 0,50 | 0,50 |
| | Summe Stützenstil | | 22 | | | | | | | |
| | STB Durchmesser 40.0 | 36 | Stahlbeton, Durchmesser 40.0 cm | Stahlbeton: Standard | 1085, 10 | Hauptfläche | + | | 0,40 | 0,40 |
| | STB Durchmesser 40.0 | 19 | Stahlbeton, Durchmesser 40.0 cm | Stahlbeton: Standard | 982, 990 | Hauptfläche | + | | 0,40 | 0,40 |
| | STB Durchmesser 40.0 | 383 | Stahlbeton, Durchmesser 40.0 cm | Stahlbeton: Standard | 951, 952 | Hauptfläche | + | | 0,40 | 0,40 |
| Summe Stützenstil | | 438 | | | | | | | | |

Abbildung 28: Beispiel für einen Auszug aus einer Bauteilliste für Stützen¹⁰⁸

4.2.5 Fazit

Die bisherigen Vorgehensweisen bei der Mengenermittlung sind für die Erfordernisse der Produktions- und Ablaufplanung nicht geeignet. Das grundsätzliche Problem besteht darin, dass das Aufmaß auf Positionen ausgerichtet ist und die Produktionsplanung auf Fertigungsabschnitte. Ziel ist daher eine Systematik zu finden, die beiden Aspekten gerecht wird. Dies wird dadurch erreicht, dass man die Fertigungsabschnitte schon zu Beginn der Produktionsplanung anlegt und die Mengen sowohl für die Produktionsplanung als auch für die Abrechnung auf Basis von Fertigungsabschnitten ermittelt. Dadurch erhält man eine durchgängige Struktur für das Mengengerüst innerhalb der gesamten Projektabwicklung.

Im Idealfall ist für die gesamte Projektabwicklung nur eine durchgehende Struktur notwendig. Dies bedeutet eine einmalige Mengenermittlung zu Beginn eines Projekts als Grundlage für die gesamte Projektabwicklung. Werden die Fertigungsabschnitte zu Beginn eines Projekts angelegt, steht eine durchgehende Projektstruktur zur Verfügung.

¹⁰⁸ Vgl. Bogatic, Z.: Objektorientierte, dreidimensionale Modelle in der Tragwerksplanung – ein Vergleich zum bisherigen Standard mit zweidimensionaler Planung, Diplomarbeit am Lehrstuhl für Tunnelbau und Baubetriebslehre 2004 sowie Software Architectural Desktop® (ADT) der Firma Autodesk und PALLADIO X 2004® der Firma acadGraph

4.3 Mengenermittlung auf Basis von Fertigungsabschnitten

4.3.1 Mengenangaben für die Fertigungsabschnitte

Sowohl für die Produktions- und Ablaufplanung als auch für Aufmaß und Abrechnung ist eine Mengenermittlung auf Grundlage der Fertigungsabschnitte erforderlich. Für jeden Teilprozess ist anzugeben:

- Abrechnungsmenge mit zugehöriger Mengeneinheit und
- Prozessmenge mit zugehöriger Mengeneinheit.

Prozess- und Abrechnungsmenge unterscheiden sich aufgrund der Berechnungsvorschriften der VOB Teil C. Beiden Mengen liegen jedoch dieselben Parameter als Eingangswerte zugrunde. Ist für einen Teilprozess keine Abrechnungsmenge vorgesehen, ist lediglich die Prozessmenge zu bestimmen.

Die Mindestdauer eines Teilprozesses wird über die Prozessmenge oder die Abrechnungsmenge bestimmt. Wie die Menge ermittelt wird und welche Eingangswerte zugrunde liegen, ist für die Anwendung der Produktionsfunktion nicht von Bedeutung. Für die Soll-Ist-Vergleiche wird lediglich das Volumen der Abrechnungsmenge und der Prozessmenge benötigt.

Die Mengenermittlung mit den jeweiligen Ansätzen, Formeln und Eingangswerten ist jedoch relevant für Aufmaß und Abrechnung. Daher wird die Mengenermittlung auf einer untergeordneten Ebene angesiedelt und in den Teilprozessen nur das Ergebnis der Mengenermittlung als Summe angegeben.

Unter bestimmten Voraussetzungen sind für eine Abrechnungsmenge mehrere Teilprozesse auszuführen. Dies ist z.B. der Fall, wenn in Teilbereichen mit unterschiedlichen Einsatzmitteln gearbeitet wird. Als Beispiel sei Deckenschalung genannt, bei der die Ausgleichsbereiche nicht mit Regelelementen sondern mit individuell zugeschnittenen Passstücken geschalt werden. Um dies in der Kalkulation zu berücksichtigen, ist sowohl für die Bereiche der Regelelemente als auch für die Passbereiche ein separater Teilprozess zu kalkulieren. Die Leitmenge gibt dabei an, welche Menge je Mengeneinheit des Kalkulationsbausteins für die ausgeschriebene Mengeneinheit angesetzt ist. Der Wert der Leitmenge kann über die Verteilung zwischen Regelelementen und Passbereichen entweder exakt bestimmt oder anhand von Erfahrungswerten abgeschätzt werden. Die Sollvorgabe ergibt sich über das Produkt aus Abrechnungsmenge und Leitmenge.

Bei Pauschalverträgen empfiehlt es sich, für die Mengenermittlung ebenfalls die Vorschriften der VOB Teil C heranzuziehen. Damit bezieht sich die Mengenermittlung auf allgemein anerkannte Regeln.

4.3.2 Mengenermittlung für die Teilprozesse

Das Aufmaß ist für die Abrechnung mit sämtlichen Eingangswerten und Ansätzen nachvollziehbar aufzustellen. Die Mengenermittlung kann dadurch relativ umfangreich ausfallen mit mehreren An-

satzzeilen je Teilprozess. Falls sich ein Fertigungsabschnitt aus mehreren geometrischen Körpern zusammensetzt, ist die Ermittlung für jeden Teil separat durchzuführen.

Nachfolgend ist beispielhaft die Mengenermittlung für die Teilprozesse der Wand W9 aus Kapitel 3.4.2 erläutert. Den Mengenermittlungen liegen die REB zugrunde.

Um eine redundante Datenhaltung zu vermeiden, ist eine Lösung zu suchen, bei der jeder Wert nur einmal angegeben wird. Dies dient der Reduzierung des Aufwands bei Änderungen und zur Fehlervermeidung. Dazu werden die relevanten Werte als lokale Variablen für jeden Fertigungsabschnitt in einer Tabelle angegeben und von dort als Eingangswerte in die Mengenermittlung sowohl der Abrechnungsmenge als auch der Prozessmenge kopiert. Zur besseren Verständlichkeit empfiehlt sich die Verwendung von Variablen, wie z.B. L für Länge. In Abbildung 29 ist die Datentabelle für die Mengenermittlung der Wand W9 des Obergeschosses des Beispielgebäudes aufgeführt. Zur besseren Verständlichkeit ist jedem Eingangswert eine Variable mit entsprechender Bezeichnung zugeteilt.

| Eingangsdaten | | | W9 | |
|---------------|--------|----------------|--------|-------------------|
| Nr. | Kürzel | Bezeichnung | Wert | ME |
| 1 | L1 | Länge | 3,700 | m |
| 2 | D | Dicke | 0,200 | m |
| 3 | H | Höhe | 3,000 | m |
| 4 | b | Bewehrungsgrad | 80,000 | kg/m ³ |
| 5 | B | Bewehrung | 0,178 | t |
| 6 | BM | Mattenstahl | 80,00% | |
| 7 | BS | Stabstahl | 20,00% | |

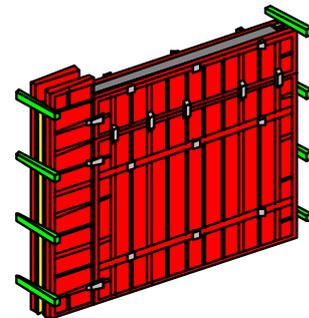


Abbildung 29: Beispiel für die Datentabelle einer Mengenermittlung

Durch die Verwendung der lokalen Variablen innerhalb der Mengenermittlung können bereits angelegte Fertigungsabschnitte kopiert und an die geänderte Geometrie angepasst werden. Der Aufwand reduziert sich dabei auf die Änderung der Werte der Variablen, was zu einer enormen Arbeitserleichterung innerhalb der Angebotsbearbeitung und Arbeitsvorbereitung führt. Die tabellarische Teilprozesskette ist bereits in Abbildung 13 enthalten. Zur besseren Nachvollziehbarkeit ist in Abbildung 30 ein Ausschnitt der Teilprozesskette mit den Mengenangaben zu Prozessmenge und Abrechnungsmenge aufgeführt.

| ID | Typ | Schlüssel | ME | Name | | | | |
|-----|-------|--------------------|----------|-------------------------|--------------|------------------|--------|----------------|
| 84 | W-D20 | W9 | X | Wand Achse 4 TR 1 | | | | |
| Nr. | Q TP | Db | Pos. | Teilprozess Bezeichnung | Prozessmenge | Abrechnungsmenge | | |
| | | Key | Nr. | | V | ME | V | ME |
| 1 | Q3 | W-SCHAL-350-EIN-Q3 | 13.1.60 | Einschalen | 11,100 | m ² | 0,000 | m ² |
| 2 | Q4 | BEW-500-M | 13.1.190 | Bewehrung Mattenstahl | 0,142 | t | 0,142 | t |
| 3 | Q4 | BEW-500-S | 13.1.200 | Bewehrung Stabstahl | 0,036 | t | 0,036 | t |
| 4 | Q3 | W-SCHAL-350-EIN-Q3 | 13.1.60 | Einschalen | 12,300 | m ² | 0,000 | m ² |
| 5 | Q3 | W-BET-350-D20-Q3 | 13.1.50 | Betonieren | 2,220 | m ³ | 2,220 | m ³ |
| 6 | Q3 | W-SCHAL-350-AUS-Q3 | 13.1.60 | Ausschalen | 12,300 | m ² | 12,300 | m ² |
| 7 | Q3 | W-SCHAL-350-AUS-Q3 | 13.1.60 | Ausschalen | 11,100 | m ² | 11,100 | m ² |

Abbildung 30: Ausschnitt eines Fertigungsabschnitts - Prozessmengen und Abrechnungsmengen

Die Teilprozesse Einschalen und Ausschalen der Wand beziehen sich auf dieselbe Abrechnungsmenge. Da die Leistung erst mit Ende des Teilprozesses Ausschalen fertig gestellt ist, wird die Abrechnungsmenge beim Teilprozess Ausschalen angesetzt. Daher ist die Abrechnungsmenge den Teilprozessen TP Nr. 6 und TP Nr. 7 zugeordnet. Für die Abrechnungsmenge ist jeweils die Stirnseite der Wand anzusetzen, da es sich um eine frei stehende Wand ohne Arbeitsfugen handelt. Die Stirnseiten sind hier beide der an zweiter Stelle gestellten Seite der Schalung (Seite 2) zugeordnet. Für die Ermittlung der Abrechnungsmenge der Schalfläche der an erster Stelle gestellten Schalung (Seite 1) kommt die Formel 4 nach REB für Rechtecke zur Anwendung.

| TP Nr. | TP Bezeichnung | Nr. | Kommentar | Faktor | Formel-Nr. | Wert 1 | Wert 2 | Wert 3 | Wert 4 | Wert 5 | Ergebnis |
|--------------|----------------|-----|-----------|--------|------------|--------|--------|--------|--------|--------|---------------|
| 7 | Ausschalen | 1 | | 1,00 | 4 | L1 | H | | | | 11,100 |
| Summe | | | | | | | | | | | 11,100 |

Abbildung 31: Beispiel zur Ermittlung der Abrechnungsmenge Schalen Seite 1

Die erste Spalte enthält die Teilprozessnummer innerhalb der Teilprozesskette, die zweite die Bezeichnung des Teilprozesses. Beide Angaben werden aus der Teilprozesskette übernommen. Die laufende Nummer jeder Ansatzzeile ist in Spalte 3 angegeben. Der Faktor dient zur Multiplikation des Ansatzes, um den Aufwand bei Eingabe mehrfach identischer Zeilen zu verringern.

Für die Ermittlung der Abrechnungsmenge der Schalfläche der Seite 2 kommt ebenfalls die Formel 4 nach REB für Rechtecke zur Anwendung. Der Teilprozess Ausschalen Seite 2 benötigt zwei Ansatzzeilen, da die Stirnseiten der Wände als Wandabschluss in die Abrechnungsmenge eingehen. Beide Stirnflächen sind durch den Faktor 2 berücksichtigt.

| TP Nr. | TP Bezeichnung | Nr. | Kommentar | Faktor | Formel-Nr. | Wert 1 | Wert 2 | Wert 3 | Wert 4 | Wert 5 | Ergebnis |
|--------------|----------------|-----|-----------|--------|------------|--------|--------|--------|--------|--------|---------------|
| 6 | Ausschalen | 1 | | 1,00 | 4 | L1 | H | | | | 11,100 |
| 6 | Ausschalen | 2 | | 2,00 | 4 | H | D | | | | 1,200 |
| Summe | | | | | | | | | | | 12,300 |

Abbildung 32: Beispiel zur Ermittlung der Abrechnungsmenge Schalen Seite 2

Die Bewehrung wird sowohl für den Mattenstahl als auch für den Stabstahl anhand von Bewehrungsmenge und Anteil Mattenstahl an der Bewehrungsmenge ermittelt. Das Ergebnis wird anhand von Formel 91 nach REB für Rechenansätze berechnet.

| TP Nr. | TP Bezeichnung | Nr. | Kommentar | Faktor | Formel-Nr. | Berechnung | Ergebnis |
|--------------|-----------------------|-----|-----------|--------|------------|------------|--------------|
| 2 | Bewehrung Mattenstahl | 1 | | 1,00 | 91 | =B*BM | 0,142 |
| Summe | | | | | | | 0,142 |

Abbildung 33: Beispiel zur Ermittlung der Abrechnungsmenge Mattenstahl

| TP Nr. | TP Bezeichnung | Nr. | Kommentar | Faktor | Formel-Nr. | Berechnung | Ergebnis |
|--------------|---------------------|-----|-----------|--------|------------|------------|--------------|
| 3 | Bewehrung Stabstahl | 1 | | 1,00 | 91 | =B*BS | 0,036 |
| Summe | | | | | | | 0,036 |

Abbildung 34: Beispiel zur Ermittlung der Abrechnungsmenge Stabstahl

Für die Abrechnungsmenge des Betonvolumens kommt die Formel 4 nach REB für Quader zur Anwendung. In diesem Fall wird nach Eingabe der Formelnummer gemäß REB und Eingabe der Werte 1 bis 3 das Ergebnis berechnet. Die Abmessungen Länge, Höhe und Breite sind mit den entsprechenden Variablen angegeben.

| TP Nr. | TP Bezeichnung | Nr. | Kommentar | Faktor | Formel-Nr. | Wert 1 | Wert 2 | Wert 3 | Wert 4 | Wert 5 | Ergebnis |
|--------------|----------------|-----|-----------|--------|------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------------|
| 5 | Betonieren | 1 | | 1,00 | 4 | L1 | H | B | | | 2,220 |
| Summe | | | | | | | | | | | 2,220 |

Abbildung 35: Beispiel zur Ermittlung der Abrechnungsmenge Beton

Für die Stahlbetonwand sind Abrechnungsmenge und Prozessmenge für das Betonvolumen identisch, da keine Aussparungen vorhanden sind.

Für Mattenstahl und Stabstahl kann bei Vorliegen der Bewehrungsplanung der exakte Wert sowohl für die Abrechnungsmenge als auch die Prozessmenge aus den Planunterlagen entnommen werden. Der Bedarf für die Schalung beinhaltet die planmäßigen Überstände. Dies ist in den Kalkulationsansätzen der Teilprozesse durch einen Faktor berücksichtigt.

Die Menge für den Teilprozess Ausschalen Seite 1 (Nr. 7) ist identisch mit der Menge Einschalen Teilprozess Nr. 1, die Menge für den Teilprozess Ausschalen Seite 2 (Nr. 6) identisch mit der Menge Einschalen Teilprozess Nr. 4. Beide Werte berechnen sich analog.

| TP Nr. | TP Bezeichnung | Nr. | Kommentar | Faktor | Formel-Nr. | Berechnung | | | | | Ergebnis |
|--------------|----------------|-----|-----------|--------|------------|------------|---|--|--|--|---------------|
| 1 | Einschalen | 1 | | 1,00 | 4 | L1 | H | | | | 11,100 |
| Summe | | | | | | | | | | | 11,100 |

Abbildung 36: Beispiel zur Ermittlung der Prozessmenge Schalen Seite 1

| TP Nr. | TP Bezeichnung | Nr. | Kommentar | Faktor | Formel-Nr. | Berechnung | | | | | Ergebnis |
|--------------|----------------|-----|-----------|--------|------------|------------|---|--|--|--|---------------|
| 4 | Einschalen | 1 | | 1,00 | 4 | L1 | H | | | | 11,100 |
| 4 | Einschalen | 2 | | 2,00 | 4 | H | D | | | | 1,200 |
| Summe | | | | | | | | | | | 12,300 |

Abbildung 37: Beispiel zur Ermittlung der Prozessmenge Schalen Seite 2

Alternativ besteht die Möglichkeit, den exakten Bedarf an Schalung mittels schalungsspezifischer Software zu bestimmen¹⁰⁹.

Die Ergebnisse der Mengenermittlung stehen für alle weiteren Anwendungen zur Verfügung. Sowohl für die Produktionsplanung als auch für das Aufmaß wie auch für die Soll-Ist-Vergleiche und Prognosen wird damit auf dieselbe Datengrundlage zugegriffen.

4.4 Vorteile der Mengenermittlung auf Basis von Fertigungsabschnitten

4.4.1 Vorteile gegenüber den herkömmlichen Vorgehensweisen

4.4.1.1 Vorteile gegenüber dem Aufmaß aus Planunterlagen

Das Aufmaß für die Abrechnung der ausgeführten Leistungen wird in der Regel nicht auf Basis von Fertigungsabschnitten vorgenommen, sondern für größere Abschnitte, wie z.B. für die Gesamtlänge der Außenwand eines Gebäudes. Da die Produktionsplanung vorab auf Basis von Fertigungsabschnitten erfolgt, bedeutet dies, dass die Mengen für dieselben Bauteile mehrfach und unterschiedlich strukturiert erfasst werden. Durch eine Strukturierung der Mengenermittlung, die sowohl den Belangen der Produktionsplanung als auch denen des späteren Aufmaßes gerecht wird, verringert

¹⁰⁹ Vgl. hierzu Softwarelösungen der Firmen PERI und DOKA

sich der Arbeitsaufwand auf eine einmalige Mengenermittlung. Geht man davon aus, dass bei Einheitspreisverträgen auf Auftragnehmerseite für die Erstellung des Aufmaßes ca. 1,5 % der Auftragssumme zu veranschlagen sind¹¹⁰, ergibt sich ein Einsparpotenzial, das bei den derzeit geringen Renditen und nur wenig differierenden Angebotssummen auf Auftragnehmerseite einen nicht zu unterschätzenden Wettbewerbsvorteil darstellen kann.

Dieselben Werte sind für einen Fertigungsabschnitt teils mehrfach einzugeben, wie z.B. die Wandlänge zur Ermittlung der Schalfläche und des Betonvolumens. Redundanzen sind die Folge. Die Verwendung von Parametern und Variablen würde hier Abhilfe schaffen. Bei Änderungen ist in diesem Fall lediglich der Wert der Variablen zu ändern.

Die Schnittstelle nach GAEB ermöglicht zwar einen Austausch der Aufmaßdaten von Auftragnehmer zu Auftraggeber mit anschließenden Kontrollrechnungen¹¹¹. Eine separate Dokumentation anhand von Aufmaßplänen ist dennoch notwendig, da die Ansätze ohne die begleitenden Informationen aus den Planunterlagen nur schwer nachvollziehbar bzw. rückverfolgbar sind¹¹². Daher wird mit Hilfe von Kommentarzeilen innerhalb der Aufmaßblätter der Verweis auf den entsprechenden Plan dokumentiert. Auf den Plänen wird die Zuordnung zu den einzelnen Positionen ebenfalls per Handeintrag vermerkt. Dies führt zu redundanten Informationen in Aufmaßblatt und Plan und stellt eine potenzielle Fehlerquelle dar. Das farbliche Anlegen der Pläne mit Zuordnung der Positionen des Leistungsverzeichnisses ist sehr arbeitsintensiv. Sind die Aufmaßpläne mehrfach anzufertigen, führt dies entweder zu einem hohen Arbeitsaufwand mit dem Risiko von Übertragungsfehlern oder zu hohen Kosten für Farbkopien.

Bei selbst registrierenden Messgeräten zur Ermittlung von Flächen und Längen sind die einzelnen Koordinaten mit dem Messgerät anzusteuern und einzugeben. Hierbei kann man Eingabe- oder Zuordnungsfehler nicht ausschließen. Die Daten liegen nach dem Einlesevorgang als feste Werte vor, parametrisierte Angaben sind nicht vorgesehen. Bei Änderungen ist daher die Mengenermittlung erneut durchzuführen. Mit automatisierten Berechnungen können Rechenfehler bei Längen- oder Flächenberechnungen zwar vermieden werden. Die Gefahr einer falschen Zuordnung von Mengen bleibt infolge der manuellen Eingaben erhalten. Auf Plausibilitätskontrollen kann auch in diesem Fall nicht verzichtet werden. Die Digitalisierung beschränkt sich zudem auf Längen und Flächen.

Da dem Fertigungsabschnitt die Mengen bereits zugeordnet sind, ist das Anlegen von Aufmaßblättern oder die digitale Ermittlung von Längen bzw. Flächen nicht mehr erforderlich. Die Information über die Mengenzuordnung liegt über die Bezeichnung des Fertigungsabschnitts bereits vor. Für die einzelnen Fertigungsabschnitte ist daher lediglich der Bezug auf das Bauwerk herzustellen. Dies

¹¹⁰ Vgl. Schweibenz, B. / Weber, Th.: Dokumentation des Baufortschritts mittels Laserscanning-Technologie, in Baumarkt+Bauwirtschaft 12/2003

¹¹¹ Vgl. Gemeinsamer Ausschuss Elektronik im Bauwesen (GAEB), Hrsg. Deutsches Institut für Normung e.V.: Verfahrensbeschreibungen für die elektronische Bauabrechnung GAEB-VB 23.004 Allgemeine Mengenberechnung, Ausgabe März 1999

¹¹² Vgl. Gemeinsamer Ausschuss Elektronik im Bauwesen (GAEB), Hrsg. Deutsches Institut für Normung e.V.: Verfahrensbeschreibungen für die elektronische Bauabrechnung GAEB-VB 23.004 Allgemeine Mengenberechnung, Ausgabe März 1999

wird später im Rahmen des Produktionsmodells und der zugrunde liegenden Bauwerkstruktur in Kapitel 5 weiter erläutert.

4.4.1.2 Vorteile gegenüber der Mengenermittlung aus dreidimensionalen CAD-Modellen

Die CAD-Modelle sind auf die Bedürfnisse der Architektur und der Tragwerksplanung im Hinblick auf Entwurf und Konstruktion ausgelegt. Für die Belange der Bauausführung sind die bisherigen Möglichkeiten der automatisierten Mengenermittlungen nicht ausreichend. Für die Produktionsplanung sind die einzelnen Fertigungsabschnitte relevant. Eine Abgrenzung einzelner Fertigungsabschnitte ist in den CAD-Modellen bisher weder vorgesehen noch üblich. Fertigungsabschnitte wären in den CAD-Modellen separat anzulegen, z.B. durch Teilen oder Gruppieren von Objekten bzw. durch Löschen und Neueingabe von Objekten. Das Aufmaß kann daher ohne weitergehende Bearbeitung des Modells nicht baubegleitend vorgenommen werden. Die Mengenermittlung erfolgt für das fertig gestellte Bauwerk. Eine getrennte Mengenermittlung für Tragwerk und Ausbau ist nicht vorgesehen, ist allerdings durch zusätzliche Strukturierungsmaßnahmen möglich. Um sämtliche Anforderungen von der Objektplanung bis zur Ausführungsplanung in einem Gesamtmodell zu berücksichtigen, müssten die dreidimensionalen Modelle entweder für die einzelnen Phasen der Mengenermittlung, wie LV-Erstellung oder Produktionsplanung mit Fertigungsabschnitten, jeweils überarbeitet und angepasst oder neu erstellt werden. Da im Rahmen der Bauausführung derzeit eine sehr hohe Anzahl von Änderungen anfällt, stellt dies einen kaum zu beherrschenden Arbeitsaufwand dar. Dies gilt bereits unter der Voraussetzung, dass Planlauf, Änderungsdienst oder Zugriffsrechte entsprechend geregelt sind.

Ein grundsätzliches Problem bei dreidimensionalen Gebäudemodellen liegt in deren Datenfülle und der damit verbundenen aufwändigen Datenhaltung. Dadurch ist es kaum möglich, sämtliche Details in ausreichendem Umfang abzubilden. Bereits bei Bauwerkmodellen, in denen lediglich der Leistungsbereich Stahlbetonarbeiten ohne Ausbaugewerke oder Technische Ausrüstung enthalten ist, kann die Datenmenge selbst bei Verwendung von leistungsfähigen Personal Computern (PCs) zu beträchtlichen Antwortzeiten oder gar „Abstürzen“ in Verbindung mit Datenverlusten führen¹¹³. Dem kann man in begrenztem Umfang dadurch begegnen, dass Teilmodelle, z.B. für jede Ebene eines Gebäudes, gebildet werden. Diese werden anschließend in einer übergeordneten Datei aus den Teilmodellen zusammengeführt. Fehlerhafte Darstellungen oder Inkonsistenzen bei automatisch generierten Schnitten oder Ansichten können dabei sowohl im Gesamtmodell wie auch in den Teilmodellen auftreten¹¹⁴. Eine korrekte Darstellung ist dadurch nicht in ausreichendem Maße gewährleistet.

¹¹³ Vgl. Bogatic, Z.: Objektorientierte, dreidimensionale Modelle in der Tragwerksplanung – ein Vergleich zum bisherigen Standard mit zweidimensionaler Planung, Diplomarbeit am Lehrstuhl für Tunnelbau und Baubetriebslehre 2004, S. 39

¹¹⁴ Dies war der Fall bei Modellen, die am Lehrstuhl für Tunnelbau und Baubetriebslehre zu Testzwecken erstellt worden sind.

4.4.2 *Vorteile der Fertigungsabschnitte*

Die Fertigungsabschnitte enthalten neben Abrechnungsmenge und Prozessmenge die Informationen zu den benötigten Mengen an Einsatzmitteln und Material sowie die Produktionsgeschwindigkeiten der Teilprozesse. Über die zugehörige Position des Leistungsverzeichnisses wird der Bezug sowohl zu den Kalkulationsdaten zur Quantifizierung des Inputs als auch für das Aufmaß nach Leistungsverzeichnis zur Quantifizierung des Outputs hergestellt. Über die Fertigungsabschnitte liegen somit sämtliche Daten vor, die für die Produktionsplanung und -steuerung sowie für Aufmaß und Abrechnung erforderlich sind. Sie bilden eine Einheit, die mit verträglichem Aufwand im Rahmen der Projektabwicklung kontrolliert werden kann. Sie können dadurch weiter als Bezugsgröße für die Soll-Ist-Vergleiche herangezogen werden.

Auf Grundlage der vorab genannten Informationen werden die Fertigungsabschnitte als Basis für die Ermittlung des Fertigstellungsgrads herangezogen. Durch Eingabe des Fertigstellungsdatums ist eine ereignisorientierte Ermittlung des Fertigstellungsgrads für jeden Fertigungsabschnitt möglich. Um den Fertigstellungsgrad eines Bauwerks ermitteln zu können, sind die Fertigungsabschnitte in ein Produktionsmodell zu integrieren. Anhand dieses Produktionsmodells werden der geplante Produktionsablauf dargestellt und in Abhängigkeit vom Baufortschritt das Fertigstellungsdatum der Fertigungsabschnitte erfasst. Danach können die erforderlichen Auswertungen bezüglich Kosten und Termine folgen.

5 Ermittlung des Fertigstellungsgrads anhand von Fertigungsabschnitten

5.1 Fertigungsabschnitte als Grundlage eines Produktionsmodells

5.1.1 *Das Bauwerkmodell als Produktionsmodell*

5.1.1.1 Anforderungen an ein das Bauwerkmodell

Der Begriff Bauwerk dient als Sammelbegriff für sämtliche baulichen Anlagen, auch bezeichnet als Bauobjekte¹¹⁵. Sie sind das Ergebnis der Bauproduktion.

In einem Bauwerkmodell wird das herzustellende oder bereits bestehende Bauwerk beschrieben und strukturiert abgebildet. Ein für die Bauproduktion entwickeltes und konfiguriertes Bauwerkmodell ist an den Anforderungen der Bauproduktion auszurichten. Es muss daher möglich sein, die Abläufe innerhalb der Bauproduktion so abzubilden, wie sie in der realen Produktionsabfolge auftreten. Aus diesen Gründen scheiden Bauwerkmodelle auf Grundlage dreidimensionaler CAD-Planungssoftware aus, da diese das Bauwerk primär als fertig gestelltes Produkt abbilden und die unterschiedlichen Zustände bei der Herstellung nicht ausreichend berücksichtigen.

Dem Tragwerk kommt aus statischen Gründen eine zentrale Stellung bei der Herstellung eines Bauwerks zu. Bei jedem Bauwerktyp wird zuerst das Tragwerk hergestellt. Im Anschluss daran werden die nicht tragenden Bauteile und sonstigen Bestandteile ergänzt. Ein geeignetes Bauwerkmodell muss daher auf Grundlage des Tragwerks entwickelt werden.

Für bestimmte Bauwerktypen kann eine Betrachtung auf Basis von Räumen notwendig sein¹¹⁶. Dies ist der Fall bei nutzungsorientierter Betrachtung nach DIN 277 oder bei Anwendung eines Raumbuchs. Vor allem im Schlüsselfertigen Hochbau sind so genannte Raumbücher üblich, da die Anforderungen des Ausbaus an die Produktionsplanung und -steuerung durch das Tragwerk allein ohne Bezug auf Räume nicht abgedeckt werden können. Um eine Betrachtung auf Basis von Räumen zu ermöglichen, ist in einem allgemein gültigen Bauwerkmodell daher die Möglichkeit zur Abbildung von Räumen zu integrieren. Eine alleinige Betrachtung auf Basis von Räumen ist für die Belange der Bauproduktion nicht zweckdienlich, da hierbei das Tragwerk keine Berücksichtigung findet. Da sowohl für das Tragwerk als auch für den Ausbau unterschiedliche Randbedingungen gelten, führt dies zur Notwendigkeit von zwei Teilmodellen. In einem Teilmodell wird das Tragwerk anhand der Bauwerkstruktur abgebildet. Für die weiteren Bestandteile kann bei Bedarf ein Raumbuch zur Anwendung kommen, das anhand einer Ausbaustruktur abgebildet wird.

Die Bauwerkstruktur beschreibt als grundlegendes Ordnungssystem die geometrisch abgrenzbaren Einheiten des Tragwerks. Sie bildet das Tragwerk mit seinen kausalen Abhängigkeiten ab. Die Bauwerkstruktur ist hierarchisch gegliedert und wird in Form einer Baumstruktur auf alle Arten von

¹¹⁵ Vgl. Bösch, H.-J.: Vorlesungsskript Produktionsplanung und Ablaufplanung, 3. Auflage 2003, S.1 und Schub, A. 1994 in - ebenda -

¹¹⁶ Vgl. Krüger, H.: Entwurf eines Produktionsmodells für Bauvorhaben unter besonderer Berücksichtigung der Belange der Termin- und Kostensteuerung, Diplomarbeit TU München 1997

Bauwerken angewendet. Das unterste Element in der Hierarchie der Bauwerkstruktur in Bezug auf die Produktionsplanung ist stets ein Fertigungsabschnitt. Die Bauwerkstruktur ist für jedes Bauwerk individuell aufzustellen und an die spezifischen Gegebenheiten anzupassen. Sie ist daher für jedes Projekt neu zu definieren und zu strukturieren. Dies ist grundlegende Ingenieuraufgabe. Der Fertigungsabschnitt ist die unterste Hierarchiestufe der Bauwerksstruktur für die Bauausführung und das maßgebende Element für die Produktionsplanung.

5.1.1.2 Anforderungen an die Fertigungsabschnitte im Bauwerkmodell

Bisher enthalten die Fertigungsabschnitte die Soll-Vorgaben für die Produktionsplanung. Als Bestandteil der Bauwerkstruktur sind weitere Informationen auf den Fertigungsabschnitten erforderlich. Für die Dokumentation des Bauablaufs sind die Fertigungsabschnitte dahingehend auszubilden, dass die Eingabe des Fertigstellungsdatums und von Ist-Werten im Produktionsablauf möglich ist. Über die Eingabe des Fertigstellungsdatums der einzelnen Fertigungsabschnitte wird der Fertigstellungsgrad des Bauwerks ermittelt. Der Fertigstellungsgrad ist nach DIN 69901 definiert als das Verhältnis der zu einem Stichtag erbrachten Leistung zur Gesamtleistung eines Vorganges oder eines Projektes¹¹⁷. Für die vorliegende Arbeit wird der Fertigstellungsgrad hinsichtlich zweier Aspekte betrachtet, bezogen auf die Mengen und die sich daraus ergebende Vergütung sowie terminlich.

Grundlage für die Bestimmung des Fertigstellungsgrads in Bezug auf Mengen und Vergütung sind die Abrechnungsmengen der zum Stichtag fertig gestellten Fertigungsabschnitte und die Voraussichtlichen Abrechnungsmengen aller Fertigungsabschnitte des Bauwerks. Für die einzelnen Teilprozesse der Fertigungsabschnitte liegen die Abrechnungsmengen durch Mengenermittlung bereits vor. Die Voraussichtlichen Abrechnungsmengen ergeben sich aus der Summe der Abrechnungsmengen sämtlicher Fertigungsabschnitte des Bauwerks. Für die Angabe des Fertigstellungsgrads ist eine Auswertung nach den Positionen des Leistungsverzeichnisses erforderlich. Anschließend können die jeweiligen Mengen mit dem zugehörigen Einheitspreis multipliziert werden. Die Angabe des Fertigstellungsgrads ist damit sowohl für die einzelnen Positionen in Prozent der Voraussichtlichen Abrechnungsmenge als auch in Prozent über die voraussichtliche Gesamtvergütung möglich. Bezüglich der Termine ist anzugeben, wie viele Zeiteinheiten Differenz zum Stichtag gegenüber dem Soll-Produktionsablauf vorliegen. Die terminliche Betrachtung ist für Fertigungsabschnitte, Geschosse oder das gesamte Bauwerk möglich. Die Abweichung kann in Tagen oder Wochen angegeben werden.

5.1.2 Aufbau der Bauwerkstruktur

Als grundsätzlicher Aufbau der Bauwerkstruktur empfiehlt sich eine hierarchische Baumstruktur, wie sie in Abbildung 38 enthalten ist. Diese Struktur kann je nach Gegebenheiten erweitert und an-

¹¹⁷ Vgl. DIN 69901, Ausgabe August 1987

gepasst werden. Die vertikalen Fertigungsabschnitte der Tragstruktur einer Ebene sind diejenigen Elemente, deren Existenz Voraussetzung für die Herstellung der darüber liegenden horizontalen Fertigungsabschnitte dieser Ebene ist. Dadurch werden bereits die grundsätzlichen kausalen Zusammenhänge und Abhängigkeiten bei der Herstellung eines Bauwerks berücksichtigt.

- Projekt
 - Bauwerk
 - Ebene 1
 - ...
 - Ebene q - 1
 - Ebene q
 - Vertikale Fertigungsabschnitte der Tragstruktur der Ebene q, Deckenabschnitt 1
 - Wand 1
 - ...
 - Wand m
 - Stütze 1
 - ...
 - Stütze n
 - Horizontale Fertigungsabschnitte der Tragstruktur der Ebene q, Deckenabschnitt 1
 - Deckenabschnitt 1
 - ...
 - Vertikale Fertigungsabschnitte der Tragstruktur der Ebene q, Deckenabschnitt x
 - Wand 1
 - ...
 - Wand y
 - Stütze 1
 - ...
 - Stütze z
 - Horizontale Fertigungsabschnitte der Tragstruktur der Ebene q, Deckenabschnitt x
 - Deckenabschnitt x
 - Ebene q + 1
 - ...
 - Ebene r

Abbildung 38: Allgemeiner Aufbau und Gliederung einer Bauwerkstruktur

Falls innerhalb einer Ebene mehrere Deckenabschnitte zur Ausführung kommen, wird eine Zuordnung der Stützen und Wände zu dem darüber liegenden Deckenabschnitt notwendig. Dies ist darin begründet, dass eine kausale Anordnungsbeziehung nur zwischen einem Deckenabschnitt und den darunter liegenden vertikalen Fertigungsabschnitten existiert. Falls die Ebene nur über einen Deckenabschnitt verfügt, kann diese Zuordnung entfallen.

5.1.3 Vorgehensweise für das Aufstellen eines Produktionsmodells

Die Bauwerkstruktur ist Grundlage für die Produktionsplanung und die Optimierung des Bauablaufs. Auf Grundlage der Bauwerkstruktur können mehrere Varianten für den geplanten Produktionsablauf entwickelt werden, aus denen die für die vorgegebenen Erfordernisse optimale Variante auszuwählen ist. Zur Bestimmung des geplanten Produktionsablaufs sind die Fertigungsabschnitte um betrieblich erwünschte Anordnungsbeziehungen zu ergänzen oder zwischen den Fertigungsabschnitten nach vorab definierten Kriterien Rangfolgen für den Produktionsablauf festzulegen, z.B. durch Prioritäten.

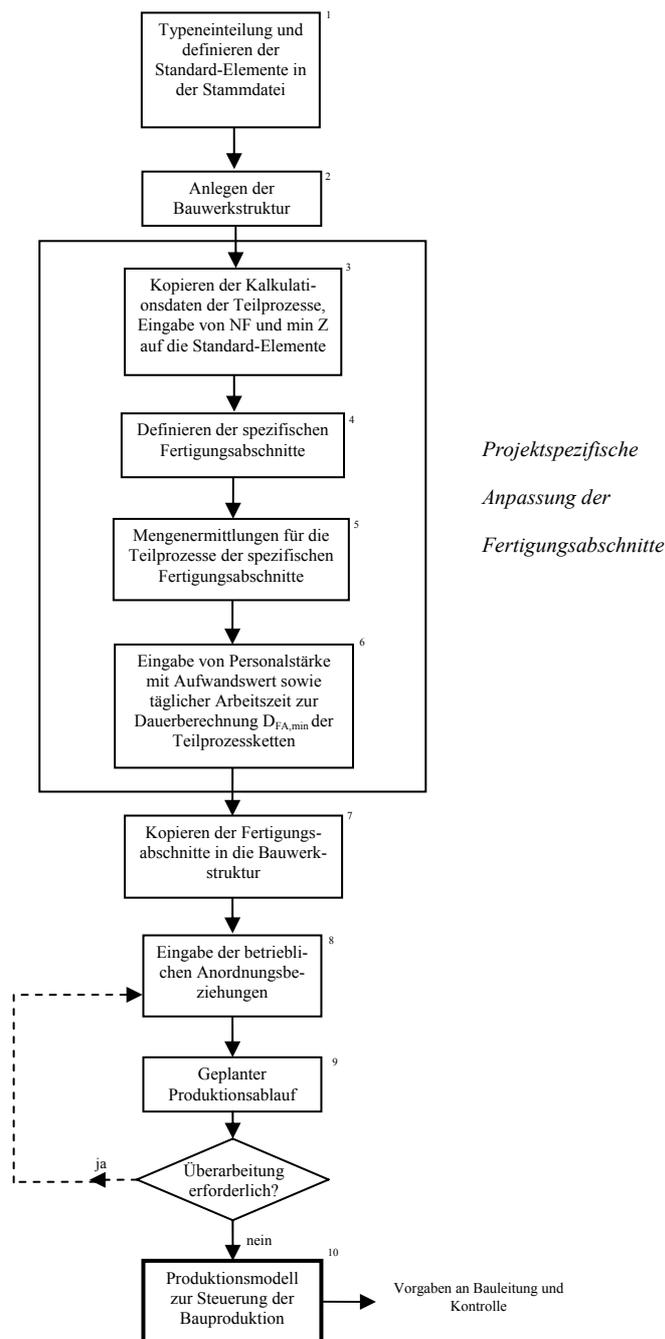


Abbildung 39: Ablaufschema für das Anlegen eines Produktionsmodells

Die Fertigungsreihenfolge zwischen den Fertigungsabschnitten gleichen Rangs ist veränderbar. Dadurch ist der geplante Produktionsablauf dynamisch. Er kann bei geänderten Randbedingungen an die neuen Gegebenheiten angepasst werden, indem man die Herstellungsreihenfolge von Fertigungsabschnitten gleichen Rangs ändert. Zur Planung und Steuerung der Produktion sind die Soll-Termine von Beginn und Ende der Arbeiten an einem Fertigungsabschnitt anzugeben und die Ist-Termine zu dokumentieren.

In Anlehnung an Burkhardt lässt sich der Zusammenhang zwischen Bauwerkstruktur und Produktionsablauf wie folgt beschreiben:

Bauwerkstruktur + produktionstechnische Wünsche = Geplanter Produktionsablauf.

Abbildung 39 beschreibt die Vorgehensweise für das Aufstellen eines Produktionsmodells. Zu Beginn sind die Fertigungsabschnitte zu definieren. Dies erfolgt in der Stammdatei der Fertigungsabschnitte. Dazu werden zuerst die Standard-Elemente angelegt. Aus diesen werden die Spezifischen Fertigungsabschnitte abgeleitet. Liegen sämtliche Spezifischen Fertigungsabschnitte vor, kann die Bauwerkstruktur angelegt werden. Nachdem die Bauwerkstruktur vorliegt, werden die Daten der Fertigungsabschnitte aus der Struktur der Fertigungsabschnitte auf die Bauwerkstruktur kopiert. Der Projektanfang ist manuell einzugeben. Danach folgt die Produktionsplanung zur Bestimmung des geplanten Produktionsablaufs. Zur Planung des Produktionsablaufs auf Grundlage von Prozessen sei auf die Arbeit von Rohr¹¹⁸ verwiesen.

5.2 Anforderungen an die Ermittlung des Fertigstellungsgrads

5.2.1 Darstellung des Produktionsablaufs für die Bauproduktion

Bei diskontinuierlichen Prozessen ist es üblich, den Produktionsablauf über einen Zeitfolgeplan als Balkenplan mit Anordnungsbeziehungen darzustellen (vgl. Kapitel 3.2.1.2). Falls die Anzahl der Fertigungsabschnitte zu umfangreich ist und dadurch die Übersichtlichkeit beeinträchtigt wird, kann die Darstellung jeweils auf einen Summenbalken für die horizontalen und die vertikalen Fertigungsabschnitte einer Ebene reduziert werden mit Angabe von frühestem Anfang und dem spätestem Ende aller relevanten Fertigungsabschnitte. Dies ist individuell am Projekt auszurichten. Beispiele zur Darstellung der Teilprozesse für den Produktionsablauf einschließlich Einsatzmittelganglinien sind bei Rohr¹¹⁹ enthalten.

Beispielhaft ist in Abbildung 40 ein möglicher Produktionsablauf der Wände des Geschosses OG 1 des Beispielgebäudes für die Schal- und Betonarbeiten abgebildet. Für die einzelnen Fertigungsabschnitte liegt über die Teilprozesse Beginn und Ende der Arbeiten vor. Das Datum des Beginns des

¹¹⁸ Rohr, S.: Optimierung der Bauproduktion durch Simulation von Prozessen, Dissertation an der TU München 2005, Shaker Verlag, Aachen

¹¹⁹ Rohr, S.: Optimierung der Bauproduktion durch Simulation von Prozessen, Dissertation an der TU München 2005, Shaker Verlag, Aachen, S. 109ff

ersten Teilprozesses dient als Soll-Angabe für den Beginn der Arbeiten, das Datum des Endes des letzten Teilprozesses als Soll-Angabe für das Ende der Arbeiten.

| Ablauf | Dauer [h] | Montag 27.06.05 | | Dienstag 28.06.05 | | Mittwoch 29.06.05 | | Donnerstag 30.06.05 | | Freitag 01.07.05 | |
|--------|----------------|---------------------------------------|------------|---------------------------------------|------------|----------------------|------------|------------------------|------------|---------------------|------------|
| | | Vormittag | Nachmittag | Vormittag | Nachmittag | Vormittag | Nachmittag | Vormittag | Nachmittag | Vormittag | Nachmittag |
| | | FA 82 | W6 | Wand TR2 umlaufend Seite 1 einschalen | 2,18 | | | | | | |
| | | Wand TR2 umlaufend Seite 2 einschalen | 2,08 | | | | | | | | |
| | | Wand TR2 umlaufend Beton | 2,43 | | | | | | | | |
| | | Wand TR2 umlaufend Seite 1 ausschalen | 0,94 | | | | | | | | |
| | | Wand TR2 umlaufend Seite 2 ausschalen | 0,89 | | | | | | | | |
| FA 83 | W8 | Wand TR1 Achse 3 Seite 1 einschalen | 1,37 | | | | | | | | |
| | | Wand TR1 Achse 3 Seite 2 einschalen | 1,43 | | | | | | | | |
| | | Wand TR1 Achse 3 Beton | 1,13 | | | | | | | | |
| | | Wand TR1 Achse 3 Seite 1 ausschalen | 0,59 | | | | | | | | |
| | | Wand TR1 Achse 3 Seite 2 ausschalen | 0,61 | | | | | | | | |
| FA 84 | W9 | Wand TR1 Achse 4 Seite 1 einschalen | 1,04 | | | | | | | | |
| | | Wand TR1 Achse 4 Seite 2 einschalen | 1,15 | | | | | | | | |
| | | Wand TR1 Achse 4 Beton | 0,89 | | | | | | | | |
| | | Wand TR1 Achse 4 Seite 1 ausschalen | 0,44 | | | | | | | | |
| | | Wand TR1 Achse 4 Seite 2 ausschalen | 0,49 | | | | | | | | |
| FA 85 | W9 | Wand TR1 Achse 6 Seite 1 einschalen | 1,04 | | | | | | | | |
| | | Wand TR1 Achse 6 Seite 2 einschalen | 1,15 | | | | | | | | |
| | | Wand TR1 Achse 6 Beton | 0,89 | | | | | | | | |
| | | Wand TR1 Achse 6 Seite 1 ausschalen | 0,44 | | | | | | | | |
| | | Wand TR1 Achse 6 Seite 2 ausschalen | 0,49 | | | | | | | | |
| FA 86 | W8 | Wand TR1 Achse 7 Seite 1 einschalen | 1,37 | | | | | | | | |
| | | Wand TR1 Achse 7 Seite 2 einschalen | 1,43 | | | | | | | | |
| | | Wand TR1 Achse 7 Beton | 1,13 | | | | | | | | |
| | | Wand TR1 Achse 7 Seite 1 ausschalen | 0,59 | | | | | | | | |
| | | Wand TR1 Achse 7 Seite 2 ausschalen | 0,61 | | | | | | | | |
| FA 87 | W5 | Wand Aufzug Seite 1 einschalen | 2,05 | | | | | | | | |
| | | Wand Aufzug Seite 2 einschalen | 2,32 | | | | | | | | |
| | | Wand Aufzug Beton | 2,43 | | | | | | | | |
| | | Wand Aufzug Seite 1 ausschalen | 0,88 | | | | | | | | |
| | | Wand Aufzug Seite 2 ausschalen | 0,99 | | | | | | | | |

Abbildung 40: Beispiel für die Produktionsplanung der Wände OG 1 des Beispielgebäudes

5.2.2 Darstellung des Produktionsablaufs für die Erfassung des Fertigstellungsgrads

Für die Erfassung des Fertigstellungsgrads eines Bauwerks auf Grundlage von Fertigungsabschnitten sind folgende Informationen relevant:

- Laufende Nummer des Fertigungsabschnitts,
- Bezeichnung bzw. Typ des Fertigungsabschnitts,
- Nummer und Bezeichnung der Ebene, in der sich der Fertigungsabschnitt befindet,
- Soll-Beginn und Soll-Fertigstellungsdatum des Fertigungsabschnitts sowie
- Ist-Beginn und Ist-Fertigstellungsdatum des Fertigungsabschnitts.

Eine Darstellung als Balkenplan ist für die Erfassung des Fertigstellungsgrads nicht zweckmäßig, da lediglich die Informationen Soll-Beginn und Soll-Ende der Arbeiten an einem Fertigungsabschnitt sowie Ist-Beginn und Ist-Ende der Arbeiten von Interesse sind. Daher kommt zu diesem Zweck eine tabellarische Darstellung zur Anwendung, die in den einzelnen Spalten die oben angeführten Informationen enthält. Die Bauwerkstruktur wird dazu als Liste mit sämtlichen Fertigungsabschnitten dargestellt.

| FA # | Schlüssel | Name | Ebene Nr. | Ebene Name | Beginn Soll | Ende Soll | Beginn Ist | Ende Ist |
|------|-----------|-------------------|-----------|------------|-------------|-----------|------------|----------|
| FA84 | W9 | Wand Achse 4 TR 1 | 1 | OG-1 | 28.06.05 | 30.06.06 | 28.06.05 | 30.06.06 |

Abbildung 41: Tabellarische Darstellung eines Fertigungsabschnitts zur die Erfassung des Fertigstellungsdatums

Aus der Produktionsplanung liegt jeweils das Datum von Soll-Beginn und Soll-Ende der Arbeiten an einem Fertigungsabschnitt vor. Lediglich die Daten zu Ist-Beginn und Ist-Ende der Fertigungs-

abschnitte sind laufend mit dem Produktionsfortschritt von der Bauleitung zu erfassen. In Abbildung 41 ist die tabellarische Darstellung eines Fertigungsabschnitts zur die Erfassung des Fertigstellungsdatums beispielhaft für die Wand W9 in OG 1 des Beispielgebäudes aufgeführt.

5.2.3 Ermittlung des Fertigstellungsgrads

| Pos. | Text | LV-Menge | ME | EP [€/ME] | GP [€] |
|--------------------------|--|------------|----------------|------------------------------|-------------------|
| 0 | Baustelleneinrichtung | | | | |
| 0.10 | Baustelle einrichten | 1,000 | psch | 51.768,16 | 51.768,16 |
| 0.20 | Baustelleneinrichtung vorhalten | 10,000 | Mo | 57.450,18 | 574.501,75 |
| 0.30 | Baustelleneinrichtung räumen | 1,000 | psch | 26.205,44 | 26.205,44 |
| | Summe Titel 0 | | | | 652.475,35 |
| 2 | Erdarbeiten | | | | |
| 2.10 | Oberboden Dicke 0,20m abtragen, verfahren und während der Bauzeit lagern | 3.850,000 | m ² | 5,67 | 21.813,50 |
| 2.20 | Gesamter Oberboden Pos. 2.10 Dicke 0,20m bis 1,00m auftragen | 1.000,000 | m ² | 5,67 | 5.665,84 |
| 2.30 | Oberboden während der Bauzeit in Mieten lagern | 1.000,000 | m ² | 1,13 | 1.133,17 |
| 2.40 | Boden BKL 3-4 profilgerecht lösen und laden | 23.000,000 | m ³ | 1,64 | 37.791,18 |
| 2.50 | Boden BKL 3-4 aus Aushub Pos. 2.40 wird Eigentum des AN | 15.700,000 | m ³ | 10,50 | 164.920,26 |
| E 2.60 | Boden BKL 5 profilgerecht lösen und verfahren (wird Eigentum des AN) | 1,000 | m ³ | 6,38 | ***** |
| 2.70 | Aushub aus Pos.2.40 über Bauzeit auf Deponie des AN lagern und bei Bedarf wieder anliefern | 7.300,000 | m ³ | 14,46 | 105.552,41 |
| 2.80 | Arbeitsräume verfüllen | 7.300,000 | m ³ | 2,83 | 20.680,33 |
| | Summe Titel 2 | | | | 357.556,69 |
| 6 | Verbau- u. Einpressarbeiten | | | | |
| 6.10 | Verbauträger rammen, l = 9,50m | 56,000 | St | 121,02 | 6.777,26 |
| 6.20 | Berliner Verbau herstellen, Abrechnung nach sichtbarer Fläche | 1.020,000 | m ² | 34,00 | 34.674,97 |
| 6.30 | Anker setzen und spannen | 52,000 | St | 412,70 | 21.460,40 |
| | Summe Titel 6 | | | | 62.912,63 |
| 13.1 | Beton- u. Stahlbetonarbeiten Gebäude A | | | | |
| 13.1.10 | Sauberkeitsschicht B 10, d = 10cm, herstellen | 500,000 | m ² | 8,67 | 4.334,37 |
| 13.1.20 | Bodenplatte d = 0,50m bis 0,80m schalen und betonieren | 400,000 | m ³ | 104,18 | 41.673,42 |
| 13.1.30 | Stützen 0,30m x 0,30m betonieren, h = 3,00-3,50m | 30,000 | m ³ | 128,33 | 3.849,94 |
| 13.1.40 | Stützen 0,30m x 0,30m schalen, h = 3,00-3,50m | 400,000 | m ² | 32,48 | 12.990,65 |
| 13.1.50 | Wände d = 0,20m betonieren | 110,000 | m ³ | 118,13 | 12.994,61 |
| 13.1.60 | Wände d = 0,20m schalen | 1.100,000 | m ² | 19,00 | 20.903,57 |
| 13.1.70 | Türausparung DG | 2,000 | St | 60,40 | 120,80 |
| 13.1.80 | Wände d = 0,30m betonieren | 350,000 | m ³ | 109,63 | 38.371,93 |
| 13.1.90 | Wände d = 0,30m schalen | 2.300,000 | m ² | 18,64 | 42.873,44 |
| 13.1.100 | Decken d= 0,35m, h= 3,00 bis 3,50m betonieren | 1.350,000 | m ³ | 97,74 | 131.943,35 |
| 13.1.110 | Aussparungen in Decken herstellen und montieren, Einzelgröße 0,50m ² bis 1,00m ² | 14,000 | St | 46,23 | 647,27 |
| 13.1.120 | Decken d= 0,35m, h= 3,00 bis 3,50m schalen Unterseite | 3.650,000 | m ² | 20,53 | 74.945,52 |
| 13.1.130 | Decken d= 0,35m, h= 3,00 bis 3,50m schalen Deckenrand | 400,000 | m ² | 46,95 | 18.778,87 |
| 13.1.140 | Fertigteiltreppe Typ 1 | 16,000 | St | 509,36 | 8.149,75 |
| 13.1.150 | Fertigteiltreppe Typ 2 | 14,000 | St | 532,02 | 7.448,32 |
| 13.1.160 | Treppenpodeste Rand schalen | 9,000 | m ² | 66,18 | 595,59 |
| 13.1.170 | Treppenpodeste Unterseite schalen | 50,000 | m ² | 47,14 | 2.356,99 |
| 13.1.180 | Treppenpodeste betonieren | 12,000 | m ³ | 136,83 | 1.641,96 |
| 13.1.190 | Betonstahl BSt 500 M | 120,000 | t | 906,54 | 108.784,21 |
| 13.1.200 | Betonstahl BSt 500 S | 110,000 | t | 963,19 | 105.951,29 |
| | Summe Titel 13.1 Gebäude A | | | | 639.355,84 |
| 13.2 | Summe Titel 13.2 Gebäude B | | | | 639.355,84 |
| 13.3 | Summe Titel 13.3 Gebäude C | | | | 639.355,84 |
| 13.4 | Summe Titel 13.4 TG | | | | 207.369,90 |
| Datum: | | | | Angebotssumme (netto) | 3.198.382,09 € |
| Stempel und Unterschrift | | | | Mehrwertsteuer (derzeit 16%) | 511.741,13 € |
| | | | | Angebotssumme (brutto) | 3.710.123,22 € |

Abbildung 42: Angebotsleistungsverzeichnis des Beispielgebäudes

Grundvoraussetzung für die Ermittlung des Fertigstellungsgrads ist die Erfassung der Fertigstellungsdaten der einzelnen Fertigungsabschnitte. Nach Eingabe der Ist-Daten zu Beginn und Fertig-

stellung der Arbeiten an den Fertigungsabschnitten sind die Abweichungen von Soll- und Ist-Terminen direkt ersichtlich. Die Differenz zwischen Soll- und Ist-Terminen in Tagen kann daraus ermittelt werden. Dies ist ausreichend für die terminliche Betrachtung des Fertigstellungsgrads.

Für die Betrachtung des Fertigstellungsgrads in Bezug auf die Mengen und die Vergütung ist es erforderlich, die Abrechnungsmengen der Fertigungsabschnitte bezüglich der Positionen des Leistungsverzeichnisses auszuwerten. Die Ausschreibungsmengen sind im Angebotsleistungsverzeichnis enthalten (siehe Abbildung 42). Der Fertigstellungsgrad ist jedoch auf die Voraussichtlichen Abrechnungsmengen zu beziehen, da diese im Gegensatz zu den Mengen des Leistungsverzeichnisses die herzustellenden Mengen angeben. Die Voraussichtlichen Abrechnungsmengen können über die einzelnen Fertigungsabschnitte ermittelt werden, auf denen für jeden Teilprozess die Information über die Positionsbezeichnung und die zugehörige Abrechnungsmenge bereits vorliegen (vgl. Abbildung 43).

| ID | Typ | Schlüssel | ME | Name | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----|-------|--------------------|----------|-------------------------|--------------|------------------|--------|---------|--------|--------|---------------|---------------------|-------|---------------|-------|-------|----------------|------|--|--|
| 84 | W-D20 | W9 | X | Wand Achse 4 TR 1 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Nr. | Q TP | Db | Pos. | Teilprozess Bezeichnung | Prozessmenge | Abrechnungsmenge | | Q | w(Q) | v Soll | Dauer Soll TP | Nachfolger N in TPK | A (l) | Dauer Soll TP | E (l) | min Z | T _a | | | |
| Key | | Nr. | V | ME | V | ME | [A] | [Ah/ME] | [ME/h] | h | d | d | h/d | | | | | | | |
| 1 | Q3 | W-SCHAL-350-EIN-Q3 | 13.1.60 | Einschalen | 11,100 | m2 | 0,000 | m2 | 3 | 0,290 | 10,34 | 1,07 | 2 | 0,00 | 0,12 | 0,12 | 0,00 | 9,00 | | |
| 2 | Q4 | BEW-500-M | 13.1.190 | Bewehrung Mattenstahl | 0,142 | t | 0,142 | | 4 | 14,000 | 0,29 | 0,50 | 3 | 0,12 | 0,06 | 0,17 | 0,00 | 9,00 | | |
| 3 | Q4 | BEW-500-S | 13.1.200 | Bewehrung Stabstahl | 0,036 | t | 0,036 | | 4 | 15,000 | 0,27 | 0,13 | 4 | 0,17 | 0,01 | 0,19 | 0,00 | 9,00 | | |
| 4 | Q3 | W-SCHAL-350-EIN-Q3 | 13.1.60 | Einschalen | 12,300 | m2 | 0,000 | m2 | 3 | 0,290 | 10,34 | 1,19 | 5 | 0,19 | 0,13 | 0,32 | 0,00 | 9,00 | | |
| 5 | Q3 | W-BET-350-D20-Q3 | 13.1.50 | Betonieren | 2,220 | m3 | 2,220 | m3 | 3 | 1,200 | 2,50 | 0,89 | 6 | 0,32 | 0,10 | 0,42 | 1,00 | 9,00 | | |
| 6 | Q3 | W-SCHAL-350-AUS-Q3 | 13.1.60 | Ausschalen | 12,300 | m2 | 12,300 | m2 | 3 | 0,130 | 23,08 | 0,53 | 7 | 1,00 | 0,06 | 1,06 | 0,00 | 9,00 | | |
| 7 | Q3 | W-SCHAL-350-AUS-Q3 | 13.1.60 | Ausschalen | 11,100 | m2 | 11,100 | m2 | 3 | 0,130 | 23,08 | 0,48 | | 1,06 | 0,05 | 1,11 | 0,00 | 9,00 | | |

Abbildung 43: Position und Abrechnungsmenge in der Teilprozesskette

Um die Voraussichtlichen Abrechnungsmengen der einzelnen Fertigungsabschnitte den einzelnen Positionen zuzuordnen und je Position zu summieren, bietet sich eine tabellarische Auswertung an. Die Tabelle ist derart zu gestalten, dass sie in den Zeilen die einzelnen Positionen analog zur Darstellung des Leistungsverzeichnisses enthält. In den Spalten der Tabelle sind die Abrechnungsmengen der einzelnen Fertigungsabschnitte nach den Positionen des Leistungsverzeichnisses geordnet anzugeben. Durch Summierung der in den Zeilen enthaltenen Abrechnungsmengen erhält man die Voraussichtlichen Abrechnungsmengen (VA-Mengen).

Eine tabellarische Darstellung der VA-Mengen geordnet nach den Positionen des Leistungsverzeichnisses ist in Abbildung 44 enthalten. Die Spalte VA-Mengen enthält die über sämtliche Fertigungsabschnitte summierten Abrechnungsmengen je Position. Den VA-Mengen sind in der Spalte LV-Mengen die Ausschreibungsmengen des Leistungsverzeichnisses gegenübergestellt. Durch die Gegenüberstellung ist zudem ersichtlich, wo Abweichungen größer als 10 % zwischen Ausschreibungsmenge und Abrechnungsmenge vorliegen. Darauf aufbauend sind Auswertung in Bezug auf Ausgleichsberechnungen nach § 2 Nr. 3 VOB Teil B möglich.

In Abbildung 44 sind in den Spalten für die Fertigungsabschnitte beispielhaft die Abrechnungsmengen der Wände OG 1 des Beispielgebäudes aufgelistet. Diese Darstellung dient lediglich der Auswertung und zur Information und Übersicht. Eine Eingabe von Daten ist hier nicht vorgesehen, da

sämtliche Informationen bereits auf den Fertigungsabschnitten vorliegen. Die Werte der Abrechnungsmengen werden aus der Teilprozesskette in die entsprechende Zeile kopiert.

| Pos. | Text | LV-Menge | ME | VA-Menge | FA 82 | FA 83 | FA 84 | FA 85 | FA 86 | FA 87 |
|-------------|--|-----------|----------------|-----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | | | | | W6 | W8 | W9 | W9 | W8 | W5 |
| 13.1 | Beton- u. Stahlbetonarbeiten Gebäude A | | | | | | | | | |
| 13.1.10 | Sauberkeitsschicht B 10, d = 10cm, herstellen | 500,000 | m ² | 501,480 | | | | | | |
| 13.1.20 | Bodenplatte d = 0,50m bis 0,80m schalen und betonieren | 400,000 | m ³ | 382,752 | | | | | | |
| 13.1.30 | Stützen 0,30m x 0,30m betonieren, h = 3,00-3,50m | 30,000 | m ³ | 30,240 | | | | | | |
| 13.1.40 | Stützen 0,30m x 0,30m schalen, h = 3,00-3,50m | 400,000 | m ² | 403,200 | | | | | | |
| 13.1.50 | Wände d = 0,20m betonieren | 110,000 | m ³ | 105,584 | | 2,820 | 2,220 | 2,220 | 2,820 | |
| 13.1.60 | Wände d = 0,20m schalen | 1.100,000 | m ² | 1.067,940 | | 29,400 | 23,400 | 23,400 | 29,400 | |
| 13.1.70 | Türausparung DG | 2,000 | St | 2,000 | | | | | | |
| 13.1.80 | Wände d = 0,30m betonieren | 350,000 | m ³ | 349,152 | | | | | | |
| 13.1.90 | Wände d = 0,30m schalen | 2.300,000 | m ² | 2.290,880 | 11,160 | | | | | 12,780 |
| 13.1.100 | Decken d= 0,35m, h= 3,00 bis 3,50m betonieren | 1.350,000 | m ³ | 1.308,134 | 76,200 | | | | | 78,000 |
| 13.1.110 | Aussparungen in Decken herstellen und montieren, Einzelgröße 0,50m ² bis 1,00m ² | 14,000 | St | 14,000 | | | | | | |
| 13.1.120 | Decken d= 0,35m, h= 3,00 bis 3,50m schalen Unterseite | 3.650,000 | m ² | 3.579,803 | | | | | | |
| 13.1.130 | Decken d= 0,35m, h= 3,00 bis 3,50m schalen Deckenrand | 400,000 | m ² | 383,782 | | | | | | |
| 13.1.140 | Fertigteiltreppe Typ 1 | 16,000 | St | 16,000 | | | | | | |
| 13.1.150 | Fertigteiltreppe Typ 2 | 14,000 | St | 14,000 | | | | | | |
| 13.1.160 | Treppenpodeste Rand schalen | 9,000 | m ² | 28,328 | | | | | | |
| 13.1.170 | Treppenpodeste Unterseite schalen | 50,000 | m ² | 28,520 | | | | | | |
| 13.1.180 | Treppenpodeste betonieren | 12,000 | m ³ | 9,698 | | | | | | |
| 13.1.190 | Betonstahl BSt 500 M | 120,000 | t | 108,073 | 0,714 | 0,180 | 0,142 | 0,142 | 0,180 | 0,818 |
| 13.1.200 | Betonstahl BSt 500 S | 110,000 | t | 101,868 | 0,179 | 0,045 | 0,036 | 0,036 | 0,045 | 0,204 |

Abbildung 44: Tabellarische Ermittlung der Voraussichtlichen Abrechnungsmengen

Nach Ermittlung der Voraussichtlichen Abrechnungsmengen sind für die Ermittlung des Fertigstellungsgrads die zum Stichtag hergestellten Mengen zu bestimmen. Nach Fertigstellung eines Fertigungsabschnitts werden dessen Abrechnungsmengen für den Fertigstellungsgrad des Bauwerks angesetzt. Der Fertigstellungsgrad des Bauwerks ist damit abhängig vom Fertigstellungsdatum der einzelnen Fertigungsabschnitte. Das Fertigstellungsdatum der Fertigungsabschnitte wird in der tabellarischen Darstellung der Fertigungsabschnitte erfasst (vgl. Abbildung 41). Zwischen beiden Tabellen ist eine Verknüpfung vorzusehen, die bei Eingabe des Ist-Fertigstellungsdatums eines Fertigungsabschnitts dessen Abrechnungsmengen für die Ermittlung des Fertigstellungsgrads aktiviert. Für die Ermittlung des Fertigstellungsgrads kommt eine Tabelle analog zur Ermittlung der Voraussichtlichen Abrechnungsmengen zur Anwendung. Die Tabelle ist um die Informationen Ist-Fertigstellungsdatum eines Fertigungsabschnitts und Fertigstellungsgrad der Positionen zu erweitern. Der Datumswert wird aus der tabellarischen Darstellung der Fertigungsabschnitte in die Fußzeile „Datum“ kopiert. Ist der Datumswert einer Zelle größer Null, werden die Abrechnungsmengen dieses Fertigungsabschnitts aus der Tabelle der Voraussichtlichen Abrechnungsmengen in die Tabelle des Fertigstellungsgrads kopiert. Die ausgeführten Abrechnungsmengen werden danach je Position summiert. Der Fertigstellungsgrad einer Position $\Phi_{\text{Pos},i}$ des Leistungsverzeichnisses ergibt sich aus dem Verhältnis von zum Stichtag (Ereignis) hergestellter Abrechnungsmenge der Position $AM_{\text{Pos},i}$ zu der Voraussichtlichen Abrechnungsmenge der Position $VA_{\text{Pos},i}$.

$$\Phi_{Pos_i} = \frac{AM_{Pos_i}}{VA_{Pos_i}} \quad \text{mit} \quad \Phi_{Pos_i} = \text{Fertigstellungsgrad der Position } i.$$

Formel 18: Fertigstellungsgrad einer Position des Leistungsverzeichnisses

| FA # | Schlüssel | Name | Ebene Nr. | Ebene Name | Beginn Soll | Ende Soll | Beginn Ist | Ende Ist |
|------|-----------|-------------------|-----------|------------|-------------|-----------|------------|----------|
| FA84 | W9 | Wand Achse 4 TR 1 | 1 | OG-1 | 28.06.05 | 29.06.05 | 28.06.05 | 30.06.06 |

| Pos. | Text | LV-Menge | ME | VA-Menge | Fertigstellungsgrad [%] | Ausgeführte Menge | FA 84 | |
|----------|--|-----------|----------------|-----------|-------------------------|-------------------|---------|----------------|
| | | | | | | | W9 | |
| 13.1 | A | | | | | | | |
| 13.1.10 | Sauberkeitsschicht B 10, d = 10cm, herstellen | 500,000 | m ² | 501,480 | 0,00% | 0,000 | | |
| 13.1.20 | Bodenplatte d = 0,50m bis 0,80m schalen und betonieren | 400,000 | m ³ | 382,752 | 0,00% | 0,000 | | |
| 13.1.30 | Stützen 0,30m x 0,30m betonieren, h = 3,00-3,50m | 30,000 | m ³ | 30,240 | 0,00% | 0,000 | | |
| 13.1.40 | Stützen 0,30m x 0,30m schalen, h = 3,00-3,50m | 400,000 | m ² | 403,200 | 0,00% | 0,000 | | |
| 13.1.50 | Wände d = 0,20m betonieren | 110,000 | m ³ | 105,584 | 2,10% | 2,220 | 2,220 | |
| 13.1.60 | Wände d = 0,20m schalen | 1.100,000 | m ² | 1.067,940 | 2,19% | 23,400 | 23,400 | |
| 13.1.70 | Türausparung DG | 2,000 | St | 2,000 | 0,00% | 0,000 | | |
| 13.1.80 | Wände d = 0,30m betonieren | 350,000 | m ³ | 349,152 | 0,00% | 0,000 | | |
| 13.1.90 | Wände d = 0,30m schalen | 2.300,000 | m ² | 2.290,880 | 0,00% | 0,000 | | |
| 13.1.100 | Decken d = 0,35m, h = 3,00 bis 3,50m betonieren | 1.350,000 | m ³ | 1.308,134 | 0,00% | 0,000 | | |
| 13.1.110 | Aussparungen in Decken herstellen und montieren, Einzelgröße 0,50m ² bis 1,00m ² | 14,000 | St | 14,000 | 0,00% | 0,000 | | |
| 13.1.120 | Decken d = 0,35m, h = 3,00 bis 3,50m schalen Unterseite | 3.650,000 | m ² | 3.579,803 | 0,00% | 0,000 | | |
| 13.1.130 | Decken d = 0,35m, h = 3,00 bis 3,50m schalen Deckenrand | 400,000 | m ² | 383,782 | 0,00% | 0,000 | | |
| 13.1.140 | Fertigteiltreppe Typ 1 | 16,000 | St | 16,000 | 0,00% | 0,000 | | |
| 13.1.150 | Fertigteiltreppe Typ 2 | 14,000 | St | 14,000 | 0,00% | 0,000 | | |
| 13.1.160 | Treppenpodeste Rand schalen | 9,000 | m ² | 28,328 | 0,00% | 0,000 | | |
| 13.1.170 | Treppenpodeste Unterseite schalen | 50,000 | m ² | 28,520 | 0,00% | 0,000 | | |
| 13.1.180 | Treppenpodeste betonieren | 12,000 | m ³ | 9,698 | 0,00% | 0,000 | | |
| 13.1.190 | Betonstahl BSt 500 M | 120,000 | t | 108,073 | 0,13% | 0,142 | 0,142 | |
| 13.1.200 | Betonstahl BSt 500 S | 110,000 | t | 101,868 | 0,03% | 0,036 | 0,036 | |
| Datum | | | | | | | 30.6.06 | Datumswert > 0 |

Kopie aus Voraussichtlichen Abrechnungsmengen (vgl. Abbildung 44)

Datumswert > 0

Abbildung 45: Tabelle zur Ermittlung des Fertigstellungsgrads in Bezug auf Mengen

Zur Bestimmung des Fertigstellungsgrads hinsichtlich der Vergütung sind anschließend die zum Stichtag hergestellten Abrechnungsmengen mit dem jeweiligen Einheitspreis zu multiplizieren und die Produktwerte über alle Positionen zu summieren. Der so errechnete Betrag ergibt die Vergütung zum Stichtag an. Der Quotient aus Vergütung zum Stichtag und Gesamtvergütung auf Grundlage der Voraussichtlichen Abrechnungsmengen des Bauwerks gibt den Fertigstellungsgrad in Währungseinheiten an.

$$\Phi_{WE} = \frac{\sum_{i=1}^n AM_{Pos_i} * EP_{Pos_i}}{\sum_{i=1}^n VA_{Pos_i} * EP_{Pos_i}} \quad \text{mit} \quad \Phi_{WE} = \text{Fertigstellungsgrad in Währungseinheiten}$$

Formel 19: Fertigstellungsgrad eines Bauwerks in Währungseinheiten

5.3 Beispiel

5.3.1 Bauwerkstruktur des Beispielgebäudes

- Beispielprojekt
 - Gebäude A
 - Gründung
 - UG 2
 - UG 1
 - EG
 - OG 1
 - Vertikale Fertigungsabschnitte der Tragstruktur OG 1
 - FA 82: Wand umlaufend TR 2
 - FA 83: Wand Achse 3 TR 1
 - FA 84: Wand Achse 4 TR 1
 - FA 85: Wand Achse 6 TR 1
 - FA 86: Wand Achse 7 TR 1
 - FA 87: Wand Aufzug
 - FA 88: Stütze 30-30 Achse 1-AA
 - FA 89: Stütze 30-30 Achse 1-AB
 - FA 90: Stütze 30-30 Achse 1-AC
 - FA 91: Stütze 30-30 Achse 1-AD
 - FA 92: Stütze 30-30 Achse 2-AA
 - FA 93: Stütze 30-30 Achse 2-AB
 - FA 94: Stütze 30-30 Achse 2-AC
 - FA 95: Stütze 30-30 Achse 2-AD
 - FA 96: Stütze 30-30 Achse 5-AC
 - FA 97: Stütze 30-30 Achse 8-AA
 - FA 98: Stütze 30-30 Achse 8-AB
 - FA 99: Stütze 30-30 Achse 8-AC
 - FA 100: Stütze 30-30 Achse 8-AD
 - FA 101: Stütze 30-30 Achse 9-AA
 - FA 102: Stütze 30-30 Achse 9-AB
 - FA 103: Stütze 30-30 Achse 9-AC
 - FA 104: Stütze 30-30 Achse 9-AD
 - Horizontale Fertigungsabschnitte der Tragstruktur OG 1
 - FA 105: Decke OG-1
 - FA 106: Treppenpodest TR 1
 - FA 107: Treppenpodest TR 2
 - Fertigteiltreppen OG 1
 - FA 108: FT-Treppe Typ 1 TR 1
 - FA 109: FT-Treppe Typ 1 TR 1
 - FA 110: FT-Treppe Typ 2 TR 2
 - FA 111: FT-Treppe Typ 2 TR 2
 - OG 2
 - OG 3
 - OG 4
 - OG 5
 - DG
 - Gebäude B
 - Gebäude C
 - Tiefgarage

Abbildung 46: Bauwerkstruktur des Beispielprojekts

Die einzelnen Fertigungsabschnitte von OG 1 wurden bereits in Kapitel 4.1.3 aufgelistet. Die Stützen und Wände aus Stahlbeton bilden die vertikalen Fertigungsabschnitte der Tragstruktur OG 1. Die Treppenpodeste sowie die Stahlbetondecke bilden die vertikalen Fertigungsabschnitte. Die Fertigteiltreppen sind separat zu fassen, da sie Nachfolger der Treppenpodeste bzw. der Treppenpodeste und der Stahlbetondecke sind und damit einen höheren Rang besitzen. Die Bauwerkstruktur des Beispielgebäudes ist in Abbildung 46 dargestellt. Abbildung 47 enthält die tabellarische Darstellung der Fertigungsabschnitte zur Erfassung der Ist-Fertigstellungsdaten.

| FA # | Schlüssel | Name | Ebene Nr. | Ebene Name | Beginn Soll | Ende Soll | Beginn Ist | Ende Ist |
|-------|-----------|-------------------------|-----------|------------|-------------|-----------|------------|----------|
| FA82 | W6 | Wand umlaufend TR 2 | 1 | OG-1 | 27.06.05 | 01.07.06 | | |
| FA83 | W8 | Wand Achse 3 TR 1 | 1 | OG-1 | 28.06.06 | 30.06.06 | | |
| FA84 | W9 | Wand Achse 4 TR 1 | 1 | OG-1 | 28.06.05 | 30.06.06 | | |
| FA85 | W9 | Wand Achse 6 TR 1 | 1 | OG-1 | 30.06.05 | 01.07.05 | | |
| FA86 | W8 | Wand Achse 7 TR 1 | 1 | OG-1 | 29.06.06 | 30.06.06 | | |
| FA87 | W5 | Wand Aufzug | 1 | OG-1 | 27.06.05 | 30.06.05 | | |
| FA88 | S-30-30 | Stütze 30/30 Achse 1-AA | 1 | OG-1 | 28.06.05 | 29.06.05 | | |
| FA89 | S-30-30 | Stütze 30/30 Achse 1-AB | 1 | OG-1 | 28.06.05 | 29.06.05 | | |
| FA90 | S-30-30 | Stütze 30/30 Achse 1-AC | 1 | OG-1 | 28.06.05 | 29.06.05 | | |
| FA91 | S-30-30 | Stütze 30/30 Achse 1-AD | 1 | OG-1 | 28.06.05 | 29.06.05 | | |
| FA92 | S-30-30 | Stütze 30/30 Achse 2-AA | 1 | OG-1 | 29.06.05 | 30.06.05 | | |
| FA93 | S-30-30 | Stütze 30/30 Achse 2-AB | 1 | OG-1 | 29.06.05 | 30.06.05 | | |
| FA94 | S-30-30 | Stütze 30/30 Achse 2-AC | 1 | OG-1 | 29.06.05 | 30.06.05 | | |
| FA95 | S-30-30 | Stütze 30/30 Achse 2-AD | 1 | OG-1 | 29.06.05 | 30.06.05 | | |
| FA96 | S-30-30 | Stütze 30/30 Achse 5-AC | 1 | OG-1 | 29.06.05 | 30.06.05 | | |
| FA97 | S-30-30 | Stütze 30/30 Achse 8-AA | 1 | OG-1 | 30.06.05 | 01.07.05 | | |
| FA98 | S-30-30 | Stütze 30/30 Achse 8-AB | 1 | OG-1 | 30.06.05 | 01.07.05 | | |
| FA99 | S-30-30 | Stütze 30/30 Achse 8-AC | 1 | OG-1 | 30.06.05 | 01.07.05 | | |
| FA100 | S-30-30 | Stütze 30/30 Achse 8-AD | 1 | OG-1 | 30.06.05 | 01.07.05 | | |
| FA101 | S-30-30 | Stütze 30/30 Achse 9-AA | 1 | OG-1 | 01.07.05 | 04.07.05 | | |
| FA102 | S-30-30 | Stütze 30/30 Achse 9-AB | 1 | OG-1 | 01.07.05 | 04.07.05 | | |
| FA103 | S-30-30 | Stütze 30/30 Achse 9-AC | 1 | OG-1 | 01.07.05 | 04.07.05 | | |
| FA104 | S-30-30 | Stütze 30/30 Achse 9-AD | 1 | OG-1 | 01.07.05 | 04.07.05 | | |
| FA105 | D-OG | Decke OG-1 | 1 | OG-1 | 11.07.05 | 19.07.05 | | |
| FA106 | PD1 | Treppenpodest TR 1 | 1 | OG-1 | 14.07.05 | 21.07.05 | | |
| FA107 | PD2 | Treppenpodest TR 2 | 1 | OG-1 | 14.07.05 | 21.07.05 | | |
| FA108 | FT1 | FT-Treppe Typ 1 TR 1 | 1 | OG-1 | 21.07.05 | 21.07.05 | | |
| FA109 | FT1 | FT-Treppe Typ 1 TR 1 | 1 | OG-1 | 21.07.05 | 21.07.05 | | |
| FA110 | FT2 | FT-Treppe Typ 2 TR 2 | 1 | OG-1 | 21.07.05 | 21.07.05 | | |
| FA111 | FT2 | FT-Treppe Typ 2 TR 2 | 1 | OG-1 | 21.07.05 | 21.07.05 | | |

Abbildung 47: Darstellung des Produktionsmodells zur Erfassung des Fertigstellungsgrads

Soll-Beginn und Soll- Fertigstellungsdatum der einzelnen Fertigungsabschnitte liegen aus der Produktionsplanung vor (vgl. Abbildung 40). Auf dieser Grundlage können die Ist-Daten baubegleitend für jeden Fertigungsabschnitt laufend erfasst werden.

5.3.2 Ermittlung des Fertigstellungsgrads für das Beispielgebäude

Als Stichtag dient der 19.07.2005. Zum Stichtag sind sämtliche Wände und Stützen sowie die Decke von OG 1 fertig gestellt. Die Ist-Fertigstellungsdaten sind in Tabelle Abbildung 48 dokumentiert und bis zu diesem Tag fortlaufend eingegeben. Die Ist-Daten zum Beginn der Arbeiten an den Fertigungsabschnitten sind ebenfalls eingegeben.

| FA # | Schlüssel | Name | Ebene Nr. | Ebene Name | Beginn Soll | Ende Soll | Beginn Ist | Ende Ist |
|-------|-----------|-------------------------|-----------|------------|-------------|-----------|------------|----------|
| FA82 | W6 | Wand umlaufend TR 2 | 1 | OG-1 | 27.06.05 | 01.07.06 | 27.06.05 | 01.07.06 |
| FA83 | W8 | Wand Achse 3 TR 1 | 1 | OG-1 | 28.06.06 | 30.06.06 | 28.06.06 | 30.06.06 |
| FA84 | W9 | Wand Achse 4 TR 1 | 1 | OG-1 | 28.06.05 | 30.06.06 | 28.06.05 | 30.06.06 |
| FA85 | W9 | Wand Achse 6 TR 1 | 1 | OG-1 | 30.06.05 | 01.07.05 | 30.06.06 | 01.07.05 |
| FA86 | W8 | Wand Achse 7 TR 1 | 1 | OG-1 | 29.06.06 | 30.06.06 | 29.06.06 | 30.06.06 |
| FA87 | W5 | Wand Aufzug | 1 | OG-1 | 27.06.05 | 30.06.05 | 27.06.05 | 30.06.05 |
| FA88 | S-30-30 | Stütze 30/30 Achse 1-AA | 1 | OG-1 | 28.06.05 | 29.06.05 | 28.06.05 | 29.06.05 |
| FA89 | S-30-30 | Stütze 30/30 Achse 1-AB | 1 | OG-1 | 28.06.05 | 29.06.05 | 28.06.05 | 29.06.05 |
| FA90 | S-30-30 | Stütze 30/30 Achse 1-AC | 1 | OG-1 | 28.06.05 | 29.06.05 | 28.06.05 | 29.06.05 |
| FA91 | S-30-30 | Stütze 30/30 Achse 1-AD | 1 | OG-1 | 28.06.05 | 29.06.05 | 28.06.05 | 29.06.05 |
| FA92 | S-30-30 | Stütze 30/30 Achse 2-AA | 1 | OG-1 | 29.06.05 | 30.06.05 | 29.06.05 | 30.06.05 |
| FA93 | S-30-30 | Stütze 30/30 Achse 2-AB | 1 | OG-1 | 29.06.05 | 30.06.05 | 29.06.05 | 30.06.05 |
| FA94 | S-30-30 | Stütze 30/30 Achse 2-AC | 1 | OG-1 | 29.06.05 | 30.06.05 | 29.06.05 | 30.06.05 |
| FA95 | S-30-30 | Stütze 30/30 Achse 2-AD | 1 | OG-1 | 29.06.05 | 30.06.05 | 29.06.05 | 30.06.05 |
| FA96 | S-30-30 | Stütze 30/30 Achse 5-AC | 1 | OG-1 | 29.06.05 | 30.06.05 | 29.06.05 | 30.06.05 |
| FA97 | S-30-30 | Stütze 30/30 Achse 8-AA | 1 | OG-1 | 30.06.05 | 01.07.05 | 30.06.05 | 01.07.05 |
| FA98 | S-30-30 | Stütze 30/30 Achse 8-AB | 1 | OG-1 | 30.06.05 | 01.07.05 | 30.06.05 | 01.07.05 |
| FA99 | S-30-30 | Stütze 30/30 Achse 8-AC | 1 | OG-1 | 30.06.05 | 01.07.05 | 30.06.05 | 01.07.05 |
| FA100 | S-30-30 | Stütze 30/30 Achse 8-AD | 1 | OG-1 | 30.06.05 | 01.07.05 | 30.06.05 | 01.07.05 |
| FA101 | S-30-30 | Stütze 30/30 Achse 9-AA | 1 | OG-1 | 01.07.05 | 04.07.05 | 01.07.05 | 04.07.05 |
| FA102 | S-30-30 | Stütze 30/30 Achse 9-AB | 1 | OG-1 | 01.07.05 | 04.07.05 | 01.07.05 | 04.07.05 |
| FA103 | S-30-30 | Stütze 30/30 Achse 9-AC | 1 | OG-1 | 01.07.05 | 04.07.05 | 01.07.05 | 04.07.05 |
| FA104 | S-30-30 | Stütze 30/30 Achse 9-AD | 1 | OG-1 | 01.07.05 | 04.07.05 | 01.07.05 | 04.07.05 |
| FA105 | D-OG | Decke OG-1 | 1 | OG-1 | 11.07.05 | 19.07.05 | 11.07.05 | 19.07.05 |
| FA106 | PD1 | Treppenpodest TR 1 | 1 | OG-1 | 14.07.05 | 21.07.05 | 14.07.05 | |
| FA107 | PD2 | Treppenpodest TR 2 | 1 | OG-1 | 14.07.05 | 21.07.05 | 14.07.05 | |
| FA108 | FT1 | FT-Treppe Typ 1 TR 1 | 1 | OG-1 | 21.07.05 | 21.07.05 | | |
| FA109 | FT1 | FT-Treppe Typ 1 TR 1 | 1 | OG-1 | 21.07.05 | 21.07.05 | | |
| FA110 | FT2 | FT-Treppe Typ 2 TR 2 | 1 | OG-1 | 21.07.05 | 21.07.05 | | |
| FA111 | FT2 | FT-Treppe Typ 2 TR 2 | 1 | OG-1 | 21.07.05 | 21.07.05 | | |

Abbildung 48: Erfassung des Fertigstellungsgrads für das Geschoss OG 1

| Pos. | Text | LV-Menge | ME | VA-Menge | Fertigstellungsgrad [%] | Ausgeführte Menge | FA 82 | FA 83 | FA 84 | FA 85 | FA 86 | FA 87 |
|-------------|--|-----------|----------------|-----------|-------------------------|-------------------|---------------|----------------|----------------|---------------|----------------|----------------|
| | | | | | | | W6 | W8 | W9 | W9 | W8 | W5 |
| 13.1 | A | | | | | | | | | | | |
| 13.1.10 | Sauberkeitsschicht B 10, d = 10cm, herstellen | 500,000 | m ² | 501,480 | 100,00% | 501,480 | | | | | | |
| 13.1.20 | Bodenplatte d = 0,50m bis 0,80m schalen und betonieren | 400,000 | m ² | 382,752 | 100,00% | 382,752 | | | | | | |
| 13.1.30 | Stützen 0,30m x 0,30m betonieren, h = 3,00-3,50m | 30,000 | m ³ | 30,240 | 39,29% | 11,880 | | | | | | |
| 13.1.40 | Stützen 0,30m x 0,30m schalen, h = 3,00-3,50m | 400,000 | m ² | 403,200 | 39,29% | 158,400 | | | | | | |
| 13.1.50 | Wände d = 0,20m betonieren | 110,000 | m ² | 105,584 | 29,55% | 31,200 | | 2,820 | 2,220 | 2,220 | 2,820 | |
| 13.1.60 | Wände d = 0,20m schalen | 1.100,000 | m ² | 1.067,940 | 30,11% | 321,600 | | 29,400 | 23,400 | 23,400 | 29,400 | |
| 13.1.70 | Türsparung DG | 2,000 | St | 2,000 | 0,00% | 0,000 | | | | | | |
| 13.1.80 | Wände d = 0,30m betonieren | 350,000 | m ² | 349,152 | 72,57% | 253,392 | 11,160 | | | | | 12,780 |
| 13.1.90 | Wände d = 0,30m schalen | 2.300,000 | m ² | 2.290,880 | 73,08% | 1.674,080 | 76,200 | | | | | 78,000 |
| 13.1.100 | Decken d= 0,35m, h= 3,00 bis 3,50m betonieren | 1.350,000 | m ³ | 1.308,134 | 49,08% | 642,064 | | | | | | |
| 13.1.110 | Aussparungen in Decken herstellen und montieren, Einzelgröße 0,50m ² bis 1,00m ² | 14,000 | St | 14,000 | 57,14% | 8,000 | | | | | | |
| 13.1.120 | Decken d= 0,35m, h= 3,00 bis 3,50m schalen Unterseite | 3.650,000 | m ² | 3.579,803 | 48,60% | 1.739,825 | | | | | | |
| 13.1.130 | Decken d= 0,35m, h= 3,00 bis 3,50m schalen Deckenrand | 400,000 | m ² | 383,782 | 48,47% | 186,004 | | | | | | |
| 13.1.140 | Fertigteiltreppe Typ 1 | 16,000 | St | 16,000 | 37,50% | 6,000 | | | | | | |
| 13.1.150 | Fertigteiltreppe Typ 2 | 14,000 | St | 14,000 | 42,86% | 6,000 | | | | | | |
| 13.1.160 | Treppenpodeste Rand schalen | 9,000 | m ² | 28,328 | 51,06% | 14,464 | | | | | | |
| 13.1.170 | Treppenpodeste Unterseite schalen | 50,000 | m ² | 28,520 | 56,10% | 16,000 | | | | | | |
| 13.1.180 | Treppenpodeste betonieren | 12,000 | m ³ | 9,698 | 53,59% | 5,197 | | | | | | |
| 13.1.190 | Betonstahl BSt 500 M | 120,000 | t | 108,073 | 52,70% | 56,950 | 0,714 | 0,180 | 0,142 | 0,142 | 0,180 | 0,818 |
| 13.1.200 | Betonstahl BSt 500 S | 110,000 | t | 101,868 | 68,83% | 70,120 | 0,179 | 0,045 | 0,036 | 0,036 | 0,045 | 0,204 |
| | Datum | | | | | | 1.7.06 | 30.6.06 | 30.6.06 | 1.7.05 | 30.6.06 | 30.6.05 |

Abbildung 49: Fertigstellungsgrad des Beispielgebäudes zum Stichtag strukturiert nach Positionen

Durch die Übernahme der Ist-Fertigstellungsdaten aus der Tabelle der Fertigungsabschnitte in die Tabelle zur Ermittlung des Fertigstellungsgrads liegt der Fertigstellungsgrad der Positionen zum Stichtag je Position des Leistungsverzeichnisses vor (siehe Abbildung 49). Der Fertigstellungsgrad wird durch die Eingabe des Fertigstellungsdatums automatisch berechnet. Für die Information Fertigstellungsgrad in Bezug auf die Vergütung sind lediglich noch die Abrechnungsmengen mit den zugehörigen Einheitspreisen zu multiplizieren und die Ergebnisse zu summieren.

Für die Bauleitung sind folgende Informationen relevant:

- Ausgeschriebene Menge je Position,
- Voraussichtliche Abrechnungsmenge des Bauwerks je Position,
- darauf basierende voraussichtliche Vergütung je Position und Gesamtvergütung über alle Positionen,
- zum Stichtag ausgeführte Abrechnungsmenge je Position,
- Vergütung zum Stichtag auf Grundlage der ausgeführten Abrechnungsmenge je Position,
- Fertigstellungsgrad je Position und
- Fertigstellungsgrad des Bauwerks in Währungseinheiten.

Diese Informationen sind in Abbildung 50 tabellarisch zusammengestellt. In Verbindung mit der Tabelle zu den Soll- und Ist-Datumswerten der Fertigungsabschnitte hat die Bauleitung sämtliche Informationen zum Fertigstellungsgrad hinsichtlich Terminen, Mengen und Vergütung zur Verfügung. Daneben kann als weitere Information die Summe EKT je Position als Soll-Kosten aus der Kalkulation angegeben werden. Diese Information ist relevant für Soll-Ist-Vergleiche während der Bauausführung.

| Pos. | Text | LV-Menge | ME | VA Menge | ME | VA-MengeGP [€] | Ausgeführte Menge | Fertigstellungs- grad | Vergütung [€] | Σ EKT SOLL [€] |
|---------------|--|-----------|----------------|-----------|----------------|-------------------|----------------------|--------------------------|-------------------|-------------------|
| 13.1 | Beton- u. Stahlbetonarbeiten Gebäude A | | | | | | | | | |
| 13.1.10 | Sauberkeitsschicht B 10, d = 10cm, herstellen | 500,000 | m ² | 501,480 | m ² | 4.347,20 | 501,480 | 100,00% | 4.347,20 | 3.836,32 |
| 13.1.20 | Bodenplatte d = 0,50m bis 0,80m schalen und betonieren | 400,000 | m ² | 382,752 | m ² | 39.876,46 | 382,752 | 100,00% | 39.876,46 | 35.190,22 |
| 13.1.30 | Stützen 0,30m x 0,30m betonieren, h = 3,00-3,50m | 30,000 | m ³ | 30,240 | m ³ | 3.880,74 | 11,880 | 39,29% | 1.524,58 | 1.345,41 |
| 13.1.40 | Stützen 0,30m x 0,30m schalen, h = 3,00-3,50m | 400,000 | m ² | 403,200 | m ² | 13.094,57 | 158,400 | 39,29% | 5.144,30 | 4.539,74 |
| 13.1.50 | Wände d = 0,20m betonieren | 110,000 | m ² | 105,584 | m ² | 12.472,94 | 31,200 | 29,55% | 3.685,74 | 3.252,60 |
| 13.1.60 | Wände d = 0,20m schalen | 1.100,000 | m ² | 1.067,940 | m ² | 20.294,32 | 321,600 | 30,11% | 6.111,44 | 5.393,23 |
| 13.1.70 | Türansparung DG | 2,000 | St | 2,000 | St | 120,80 | 0,000 | 0,00% | 0,00 | 0,00 |
| 13.1.80 | Wände d = 0,30m betonieren | 350,000 | m ² | 349,152 | m ² | 38.278,96 | 253,392 | 72,57% | 27.780,40 | 24.515,68 |
| 13.1.90 | Wände d = 0,30m schalen | 2.300,000 | m ² | 2.290,880 | m ² | 42.703,44 | 1.674,080 | 73,08% | 31.205,90 | 27.538,62 |
| 13.1.100 | Decken d= 0,35m, h= 3,00 bis 3,50m betonieren | 1.350,000 | m ² | 1.308,134 | m ² | 127.851,58 | 642,064 | 49,08% | 62.752,66 | 55.378,03 |
| 13.1.110 | Aussparungen in Decken herstellen und montieren, Einzelgröße 0,50m ² bis 1,00m ² | 14,000 | St | 14,000 | St | 647,27 | 8,000 | 57,14% | 369,87 | 326,40 |
| 13.1.120 | Decken d= 0,35m, h= 3,00 bis 3,50m schalen Unterseite | 3.650,000 | m ² | 3.579,803 | m ² | 73.504,16 | 1.739,825 | 48,60% | 35.723,86 | 31.525,63 |
| 13.1.130 | Decken d= 0,35m, h= 3,00 bis 3,50m schalen Deckenrand | 400,000 | m ² | 383,782 | m ² | 18.017,48 | 186,004 | 48,47% | 8.732,36 | 7.706,15 |
| 13.1.140 | Fertigteiltreppe Typ 1 | 16,000 | St | 16,000 | St | 8.149,75 | 6,000 | 37,50% | 3.056,16 | 2.697,00 |
| 13.1.150 | Fertigteiltreppe Typ 2 | 14,000 | St | 14,000 | St | 7.448,32 | 6,000 | 42,86% | 3.192,14 | 2.817,00 |
| 13.1.160 | Treppenpodeste Rand schalen | 9,000 | m ² | 28,328 | m ² | 1.874,66 | 14,464 | 51,06% | 957,18 | 844,70 |
| 13.1.170 | Treppenpodeste Unterseite schalen | 50,000 | m ² | 28,520 | m ² | 1.344,43 | 16,000 | 56,10% | 754,24 | 665,60 |
| 13.1.180 | Treppenpodeste betonieren | 12,000 | m ³ | 9,698 | m ³ | 1.326,92 | 5,197 | 53,59% | 711,08 | 627,51 |
| 13.1.190 | Betonstahl BSt 500 M | 120,000 | t | 108,073 | t | 97.972,13 | 56,950 | 52,70% | 51.626,90 | 45.559,76 |
| 13.1.200 | Betonstahl BSt 500 S | 110,000 | t | 101,868 | t | 98.118,69 | 70,120 | 68,83% | 67.538,89 | 59.601,79 |
| Σ 13.1 | Gebäude A | | | | | 611.324,83 | | | 355.091,36 | 313.361,39 |
| | Fertigstellungsgrad Gebäude A | | | | | | | | 58,09% | |
| | Deckungsbeitrag | | | | | | | | | 11,75% |

Abbildung 50: Fertigstellungsgrad des Beispielgebäudes in Bezug auf Mengen und Vergütung

5.4 Vorteile

5.4.1 Vorteile gegenüber bisheriger Vorgehensweise

Der tatsächliche Produktionsablauf ist für jeden Fertigungsabschnitt durch das Datum von Beginn und Ende der Arbeiten dokumentiert. Für die Ermittlung des Fertigstellungsgrads bedeutet dies:

1. Neben Angabe des Datums von Beginn und Ende der Arbeiten an einem Fertigungsabschnitt sind keine weiteren Eingaben zur Bestimmung des Fertigstellungsgrads erforderlich.
2. Über die Angaben der Datumswerte sind Abweichungen im Ist gegenüber dem Soll für die einzelnen Fertigungsabschnitte sofort ersichtlich. Dadurch erhält man direkt den Ablauf-Soll-Ist-Vergleich für die Fertigungsabschnitte.
3. Die Angabe des Fertigstellungsgrads beruht sowohl in Bezug auf die Termine als auch in Bezug auf Mengen und Vergütung auf den Fertigungsabschnitten als gemeinsame Grundlage.
4. Der Fertigstellungsgrad wird sowohl in Bezug auf die Termine als auch die Mengen exakt angegeben. Die Ungenauigkeiten durch die sonst üblichen überschlägigen Mengenermittlungen für Vorgänge oder Prozentangaben für die Mengen entfallen. Dies gilt ebenfalls für die in der marktüblichen Software vorgenommene gleichmäßige Verteilung der Mengen über die Dauer eines Vorgangs.
5. Der Fertigstellungsgrad wird nach Eingabe des Fertigstellungsdatums der Fertigungsabschnitte ebenfalls für die Abrechnungsmengen der Positionen und die Vergütung ausgewertet. Dadurch entfallen die bisher üblichen Mengenermittlungen für den Fertigstellungsgrad, die Ablaufplanung und das Aufmaß. Separate Mengenermittlungen für die Vorgänge der Ablaufplanung und die Positionen des Leistungsverzeichnisses fallen nicht mehr an.
6. Die Ermittlung des Fertigstellungsgrads ist ereignisorientiert zu jedem Zeitpunkt möglich. Über die Abrechnungsmengen liegt das Aufmaß bereits vor. Die Höhe der Abschlagsrechnung kann direkt über das Aufmaß ebenfalls ereignisorientiert ermittelt werden.

Ereignisorientiert bedeutet, dass die Auswertungen und die darauf aufbauenden Steuerungsmaßnahmen nicht nur periodisch, wie z.B. zum Ende eines Monats oder in Form von Wochenplanungen vorgenommen werden können, sondern in Abhängigkeit von bestimmten, selbst definierten Ereignissen. Dies ermöglicht in der Folge ereignisorientierte Soll-Ist-Vergleiche für den Ablauf, die Einsatzmittelstunden, den Materialverbrauch und die Kosten. Auswertungen sind unabhängig von den Abrechnungsperioden von Monatsende zu Monatsende möglich.

Insgesamt hat die Bauleitung mit der Tabelle der Soll- und Ist-Termine der Fertigungsabschnitte sowie mit der Tabelle zum Fertigstellungsgrad in Bezug auf Mengen und Vergütung zwei effektive Übersichten zur Steuerung eines Bauprojekts zur Verfügung. Die erforderlichen Informationen zum Fertigstellungsgrad sind in den beiden Tabellen enthalten. Insbesondere die Terminabweichungen sind sofort ersichtlich. Im Gegensatz zu Balkenplänen bzw. Zeitfolgeplänen sind die Tabellen über-

sichtlicher und einfacher zu lesen. Zudem ist sofort ersichtlich, an welchen Fertigungsabschnitten die Abweichungen aufgetreten sind.

Daneben ergeben sich weiterführende Vorteile auf Grundlage der Fertigungsabschnitte und deren Teilprozessketten. Anhand der Teilprozessketten der Fertigungsabschnitte kann die Prognose des Fertigstellungstermins innerhalb des gesamten Bauwerkmodells aufgestellt werden. Auf dieser Basis sind Prognosen sowohl über die terminliche Entwicklung als auch über die voraussichtliche Kostenentwicklung einer Baumaßnahme möglich, indem man die aus den Soll-Ist-Vergleichen gewonnenen Daten auf die voraussichtliche Abrechnungsmenge extrapoliert. Damit erhält man die Prognose über den voraussichtlichen Fertigstellungstermin eines Bauwerks sowie die voraussichtlichen Herstellkosten. Die terminliche Entwicklung einer Baumaßnahme ist abhängig von den Produktionsgeschwindigkeiten der Einsatzmittel. Die Herstellkosten sind wiederum abhängig von den zeitabhängigen Kosten der Einsatzmittel.

Zudem können anhand der Teilprozesse die Soll-Kosten den Ist-Kosten der Einsatzmittel und Materialien gegenübergestellt und über die Fertigungsabschnitte der Bauwerkstruktur kumuliert ausgewertet werden. Dies ermöglicht sowohl eine Auswertung auf Basis von Fertigungsabschnitten als auch die bisher üblichen positionsweise durchgeführten Soll-Ist-Vergleiche.

6 Produktionssteuerung anhand des Bauwerkmodells

6.1 Der Fertigungsabschnitt als Ausgangsbasis für die Produktionssteuerung

Der Kosten-Soll-Ist-Vergleich basiert auf einem Kostenvergleich nach Kostenarten gemäß KLR Bau. Da bei der vorgestellten Vorgehensweise wie bisher auch sämtlichen Einsatzmitteln und Materialien eine Kostenart zugeordnet wird, kann die Auswertung über die Kostenartenstruktur der Kalkulation wie bisher erfolgen.

Der Stunden-Soll-Ist-Vergleich ist für jeden Betrieb separat durchzuführen. Ein Bezug auf die BAS kann entfallen, da die Arbeiterstunden nach Fertigungsabschnitten und deren Teilprozessen aufgeschlüsselt vorliegen. Der Detaillierungsgrad der Datenerfassung kann auf Grundlage der einzelnen Fertigungsabschnitte während der Projektabwicklung je nach Bedarf erhöht oder vermindert werden. Dies wird im nachfolgenden Kapitel anhand eines Beispiels dargestellt.

Der Geräte-Soll-Ist-Vergleich ist vor allem für kontinuierliche Prozesse vorgesehen. Hier kann die Erfassung wie bisher über die Stundenberichte der Geräteführer stattfinden (vgl. Kapitel 2.2.1). Für die diskontinuierlichen Prozesse betrifft der Geräte-Soll-Ist-Vergleich vorwiegend Schalung und Rüstung. Deren Soll- und Ist-Einsatzzahlen werden gegenübergestellt und darüber die Soll- und Ist-Kosten verglichen. Für die Auswertung der Ist-Einsatzzahlen werden die Ist-Daten des tatsächlichen Produktionsablaufs herangezogen. Dieser liegt aus der Tabelle der Fertigungsabschnitte vor. Der Vergleich ist im nachfolgenden Kapitel enthalten.

Die kalkulierte Materialmenge je Volumeneinheit eines Teilprozesses ist als Budget-Vorgabe über die Auftragskalkulation gegeben. Aus der Mengenermittlung der Teilprozesse im Zuge der Produktionsplanung liegen sowohl die Abrechnungsmengen für das Aufmaß als auch die Prozessmengen für die einzelnen Teilprozesse vor. Dem wird die Ist-Menge gegenübergestellt, die aus den Lieferscheinen hervorgeht. Dadurch ist ein Material-Soll-Ist-Vergleich sowohl für einzelne Fertigungsabschnitte als auch auf Basis von Kostenarten und Positionen möglich. Ein Beispiel für die Erfassung und Auswertung von Lieferscheinen für die Fertigungsabschnitte folgt im anschließenden Kapitel.

Für den Ablauf-Soll-Ist-Vergleich liegen die Daten zu Beginn, Ende und Dauer der Arbeiten an den einzelnen Fertigungsabschnitten vor (vgl. Abbildung 48). Die Gegenüberstellung von geplantem Produktionsablauf und Ist-Ablauf ist in der tabellarischen Darstellung mit Datumswerten gegeben. Dies wurde bereits in Kapitel 5.3 aufgezeigt.

Weichen die Ist-Werte von den Soll-Vorgaben ab, können, wie bisher in der Arbeitskalkulation üblich, Soll-Werte modifiziert und an die neuen Verhältnisse angepasst werden. Auf Grundlage des modifizierten Solls sind Hochrechnungen bezüglich Kosten, Dauern und Terminen auf das Projektende möglich. Die bisherigen Aufwands- oder Leistungswerte bzw. Einsatzzahlen werden dazu durch die Ist-Werte oder die als zutreffend eingeschätzten Prognosewerte ersetzt. Die Personalstärken der einzelnen Teilprozesse können ebenfalls geändert werden. Aus der Differenz von prognostizierter Vergütung und prognostizierten Herstellkosten lässt sich der prognostizierte Deckungsbei-

trag ermitteln. Die Durchführung der Prognose der voraussichtlichen Kosten bis Projektende ist analog zur bisherigen Vorgehensweise.

Nach Hochrechnung der Kosten auf das Projektende kann die bestehende Produktionsplanung angepasst und überarbeitet werden. Variantenstudien für Beschleunigungsmaßnahmen und darauf aufbauende Analysen sind ebenfalls möglich.

Somit sind die Voraussetzungen für ein Produktionsplanungs- und -steuerungssystem (PPS) im Sinne eines technischen Controllings nach DIN 69904¹²⁰ gegeben:

- Erfassung von Ist-Daten,
- Soll-Ist-Vergleich,
- Feststellung und Analyse der Abweichungen,
- Bewertung der Konsequenzen und Vorschlagen von Korrekturmaßnahmen,
- Mitwirken bei der Maßnahmenplanung und Überwachung ihrer Durchführung.

Dieses Produktionsplanungs- und -steuerungssystem ist als Teil der operativen Unternehmenssteuerung zu sehen, da es projektbezogen auf der Kosten- und Leistungsrechnung aufbaut, sich an gegenwarts- und vergangenheitsorientierten Zahlen und Ergebnissen orientiert und die Zahlen und Ergebnisse in relativ kurzen Abständen betrachtet werden können¹²¹.

Das Bauwerkmodell mit den zugehörigen Fertigungsabschnitten wird so zur zentralen Größe der Projektabwicklung, auf deren Basis sämtliche notwendigen Aktionen durchgeführt und sämtliche relevanten Daten hinterlegt werden können. Schnittstellen zu weiteren Softwarelösungen sind nicht erforderlich.

Die Leistungsmeldung kann wie bisher üblich durchgeführt werden. Anhand der Abrechnungsmengen der Fertigungsabschnitte wird die Bauleistung laut LV ermittelt. Der Vorteil des Produktionsmodells liegt in der einfachen Kontrolle der Leistungsmeldung. Der Fertigstellungsgrad ist über die Bauwerkstruktur und die Eingabe des Fertigstellungsdatums ersichtlich und kann anhand eines Abgleichs vor Ort verifiziert werden. Die weiteren Angaben gemäß KLR Bau sind für die Leistungsmeldung zu ergänzen.

Die Leistungsmeldung ist Grundlage der Ergebnisrechnung, die unter anderem feststellt, welches Betriebsergebnis auf den einzelnen Baustellen erzielt wurde¹²². Dies ist Ausgangspunkt für die Steuerungsmaßnahmen der Unternehmensleitung, um Dispositionen bezüglich Liquidität, Fremdkapital, Auftragsbeschaffung etc. vornehmen zu können. Der Leistungsmeldung kommt somit die zentrale Rolle der Informationsversorgung der Geschäftsleitung zu. Anhand des vorgestellten Produktionsmodells liegt für die Leistungsmeldung sowie für die Rechnungsstellung ein sehr effektives Werkzeug vor, das eine bisher nicht gegebene Transparenz und Plausibilitätskontrollen ermöglicht.

¹²⁰ Vgl. DIN 69904, Ausgabe November 2000 Punkt 5.17

¹²¹ Vgl. Leimböck, E.: Bauwirtschaft, B. G. Teubner Verlag, Stuttgart – Leipzig 2000, S. 390ff

¹²² Vgl. Leimböck, E. / Schönnenbeck, H: KLR Bau und Baubilanz, Bauverlag Wiesbaden und Berlin 1992, S. 102

6.2 Erfassung der Ist-Werte für Einsatzmittel und Material

6.2.1 Erfassung der Ist-Werte für Einsatzmittel

Zur Vorgehensweise bei der Erfassung und Auswertung der Aufwandswerte wird auf die Methoden nach REFA¹²³ verwiesen. Für die Erfassung der Ist-Stunden des Personals bestehen mehrere Möglichkeiten:

1. Detaillierte Eingabe der Einsatzmittelstunden auf Ebene der Teilprozesse oder der Fertigungsabschnitte,
2. Erfassung der Stunden auf einer den Fertigungsabschnitten übergeordneten Ebene der Bauwerkstruktur, z.B. getrennt für vertikale Fertigungsabschnitte und horizontale Fertigungsabschnitte einer Ebene,
3. Erfassung der Stunden für die einzelnen Betriebe ohne Bezug auf das Bauwerk.

Ad 1: Eine detaillierte Eingabe bedeutet gleichzeitig einen erheblichen Aufwand bei der Datenerfassung. Eine mögliche Erfassung der Ist-Lohnstunden bezogen auf die einzelnen Teilprozesse eines Fertigungsabschnitts ist in Abbildung 51 beispielhaft enthalten.

| ID | Typ | Schlüssel | ME | Name | | | | | | | | | | |
|--------------|-------|--------------------|----------|-------------------------|--------------|----|-----|---------|-------------------|--------------|-------|-------|--------------------|--|
| 84 | W-D20 | W9 | X | Wand Achse 4 TR 1 | | | | | | | | | | |
| Nr. | Q TP | Db | Pos. | Teilprozess Bezeichnung | Prozessmenge | | Q | w(Q) | Soil-Aufwand W TP | Q IST | D IST | W IST | W _A IST | |
| | | Key | Nr. | | V | ME | [A] | [Ah/ME] | [Ah] | [A] | [h] | [Ah] | [Ah/ME] | |
| 1 | Q3 | W-SCHAL-350-EIN-Q3 | 13.1.60 | Einschalen | 11,100 | m2 | 3 | 0,290 | 3,22 | 3 | 1,10 | 3,30 | 0,297 | |
| 2 | Q4 | BEW-500-M | 13.1.190 | Bewehrung Mattenstahl | 0,142 | t | 4 | 14,000 | 1,99 | 4 | 0,50 | 1,99 | 14,000 | |
| 3 | Q4 | BEW-500-S | 13.1.200 | Bewehrung Stabstahl | 0,036 | t | 4 | 15,000 | 0,53 | 4 | 0,15 | 0,60 | 16,892 | |
| 4 | Q3 | W-SCHAL-350-EIN-Q3 | 13.1.60 | Einschalen | 12,300 | m2 | 3 | 0,290 | 3,57 | 3 | 1,20 | 3,60 | 0,293 | |
| 5 | Q3 | W-BET-350-D20-Q3 | 13.1.50 | Betonieren | 2,220 | m3 | 3 | 1,200 | 2,66 | 3 | 0,90 | 2,70 | 1,216 | |
| 6 | Q3 | W-SCHAL-350-AUS-Q3 | 13.1.60 | Ausschalen | 12,300 | m2 | 3 | 0,130 | 1,60 | 3 | 0,50 | 1,50 | 0,122 | |
| 7 | Q3 | W-SCHAL-350-AUS-Q3 | 13.1.60 | Ausschalen | 11,100 | m2 | 3 | 0,130 | 1,44 | 3 | 0,50 | 1,50 | 0,135 | |
| Summe | | | | | | | | | 15,01 | 15,19 | | | | |

Abbildung 51: Mögliche Erfassung der Ist-Dauern je Teilprozess

Für die einzelnen Teilprozesse ist dabei die Anzahl Arbeitskräfte zuzuordnen und die Dauer der Arbeiten am Teilprozess zu erfassen. Der Ist-Wert der Lohnstunden berechnet sich anschließend aus dem Produkt von Anzahl Arbeitskräften und Ist-Dauer. Der Quotient aus Lohnstunden und Prozessmenge ergibt den Ist-Aufwandswert. Aufgrund des damit verbundenen Aufwands bei der Erfassung und den Problemen bei der Abgrenzung und Zuordnung der Dauern zu den Teilprozessen ist diese Vorgehensweise als nicht praktikabel anzusehen und somit nicht empfehlenswert. Diese Vorgehensweise kann dennoch für große Fertigungsabschnitte wie z.B. Geschosdecken sinnvoll sein. Hierbei kann der Teilprozess Einschalen Decke eine Dauer von mehreren Tage aufweisen.

Ad 2: Der Aufwand zur Erfassung der Ist-Stunden ist geringer, wenn die Erfassung auf einer den Fertigungsabschnitten übergeordneten Ebene stattfindet. Eine derartige Trennung kann für die Zwe-

¹²³ Vgl. Künstner, Gerhard: REFA in der Baupraxis Teil 2 Datenermittlung, ztv-Verlag 1984 S. 58ff und S.65ff

cke der Produktionssteuerung ausreichend sein, wenn parallel zur Erfassung der Einsatzmittelstunden die Beginn- und Endtermine der Arbeiten an den Fertigungsabschnitten überwacht werden. Die Ist-Erfassung kann mit ausreichender Genauigkeit für die Stunden-Soll-Ist-Vergleiche getrennt für vertikale und horizontale Fertigungsabschnitte erfolgen. Die Arbeitskräfte sind in der Regel bestimmten Fertigungsabschnitten zugeteilt, wie z.B. Wände und Stützen einer Ebene, so dass die Abgrenzung keine Probleme hervorruft. Die Lohnstunden sind für jede gewerbliche Arbeitskraft dabei einzeln zu erfassen. Für die Auswertung sind folgende Werte erforderlich:

- Name und Vorname der Arbeitskraft,
- Interne Nummer / ID der Firma
- Uhrzeit zu Beginn der Arbeiten,
- Uhrzeit zum Ende der Arbeiten,
- Pausen und
- Beginn und Ende von Unterbrechungen der Arbeitszeit.

Abbildung 52 zeigt ein Beispiel für die Erfassung der täglichen Arbeitszeit für die einzelnen Arbeitskräfte mit wochenweiser Auswertung für die vertikalen Fertigungsabschnitte von OG 1 des Beispielgebäudes. Die vertikalen Fertigungsabschnitte sind im Fall des OG 1 des Beispielgebäudes die Wände und Stützen. Der Soll-Ist-Vergleich wird für eine Arbeitswoche durchgeführt, hier 5 Arbeitstage. Die Summe der Arbeiterstunden wird je Arbeitstag erfasst und danach für die Woche summiert. Die Personalstärke ergibt sich über die Anzahl der erfassten Arbeitskräfte. Die Arbeitszeit je Arbeitskraft sowie die Summe der Lohnstunden wird aus den Angaben berechnet.

| Datum | | 27.06.05 | | | | | | | | | |
|--------------|-------------|-----------|--------|--------|-------|-------|----------------------|--------------------|-------------|--------------|--|
| Nr. | Name | Vorname | ID Nr. | Beginn | Ende | Pause | Beginn Unterbrechung | Ende Unterbrechung | Ausfallzeit | Arbeitszeit | |
| 1 | Huber | Anton | 256 | 7:30 | 17:00 | 1,00 | | | | 8,50 | |
| 2 | Müller | Friedrich | 137 | 7:30 | 17:00 | 1,00 | | | | 8,50 | |
| 3 | Hinteregger | Ignaz | 219 | 7:30 | 17:00 | 1,00 | 11:00 | 12:00 | 1,00 | 7,50 | |
| 4 | Üzgür | Ahmed | 56 | 7:30 | 17:00 | 1,00 | | | | 8,50 | |
| 5 | Polanski | Lellek | 79 | 7:30 | 17:00 | 1,00 | | | | 8,50 | |
| Summe | | | | | | | | | 1,00 | 41,50 | |

| Vertikale Fertigungsabschnitte | | | | | | |
|--------------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|--------|
| KW 23 | | | | | | |
| Tag | 27.06.05 | 28.06.05 | 29.06.05 | 30.06.05 | 01.07.05 | Summe |
| Anzahl A | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | |
| Summe Ah je Tag | 41,50 | 42,50 | 42,50 | 42,50 | 32,50 | 201,50 |

Summe der Ist-Lohnstunden
KW 23 für die vertikalen Fertigungsabschnitte OG 1

Abbildung 52: Beispiel zur Ist-Erfassung der Arbeiterstunden

Ad 3: Hierbei werden lediglich die Gesamtstunden für einen Betrieb erfasst und danach die Werte der Lohnstunden in Soll und Ist verglichen. Die Vorgehensweise bei Erfassung der Gesamtstunden eines Betriebs ist analog zu der Vorgehensweise Abbildung 52. Hierbei werden lediglich die Gesamtlohnstunden für sämtliche Arbeitskräfte erfasst und summiert. Die Zuordnung zu den Teilen des Bauwerks entfällt. In Verbindung mit dem Bautagebuch oder der Dokumentation des Baufortschritts kann hier ein Zusammenhang zwischen den Soll- und Ist-Stunden bezüglich der Fertigungsabschnitte nur bedingt hergeleitet werden. Diese Vorgehensweise ist ausreichend, solange keine

wesentlichen Abweichungen zwischen Soll- und Ist-Werten vorliegen. Sind detaillierte Informationen notwendig, ist die Datenerfassung gemäß den Punkten 1 oder 2 vorzunehmen.

Der Vorteil der Bauwerkstruktur liegt darin, dass die Ist-Erfassung zu jedem Zeitpunkt detaillierter vorgenommen werden kann, indem man gezielt bestimmte Fertigungsabschnitte auswertet. Dadurch ergibt sich eine enorme Flexibilität für die Soll-Ist-Vergleiche, da die Daten für jeden Fertigungsabschnitt im Soll vorliegen.

Die Zuordnung der Geräte zu den Fertigungsabschnitten ist über die Teilprozesskette gegeben. Die Ist-Einsatzzahlen ergeben sich über die Dauer der Bindung bzw. über die Ist-Baugeschwindigkeiten der Geschosse. Durch die Untergliederung in vertikale und horizontale Fertigungsabschnitte können die Einsatzzahlen für die Wand- und Stützenschalung sowie der Deckenschalung aus den erfassten Ist-Daten von Beginn und Fertigstellung bestimmt werden.

| FA # | Schlüssel | Name | Ebene Nr. | Ebene Name | Beginn Soll | Ende Soll | Beginn Ist | Ende Ist |
|------|-----------|---------------------|-----------|------------|-------------|-----------|------------|----------|
| FA82 | W6 | Wand umlaufend TR 2 | 1 | OG-1 | 27.06.05 | 01.07.06 | 27.06.05 | 01.07.06 |
| FA83 | W8 | Wand Achse 3 TR 1 | 1 | OG-1 | 28.06.06 | 30.06.06 | 28.06.06 | 30.06.06 |
| FA84 | W9 | Wand Achse 4 TR 1 | 1 | OG-1 | 28.06.05 | 30.06.06 | 28.06.05 | 30.06.06 |
| FA85 | W9 | Wand Achse 6 TR 1 | 1 | OG-1 | 30.06.05 | 01.07.05 | 30.06.06 | 01.07.05 |
| FA86 | W8 | Wand Achse 7 TR 1 | 1 | OG-1 | 29.06.06 | 30.06.06 | 29.06.06 | 30.06.06 |
| FA87 | W5 | Wand Aufzug | 1 | OG-1 | 27.06.05 | 30.06.05 | 27.06.05 | 30.06.05 |

Abbildung 53: Ausschnitt aus der Tabelle der Fertigungsabschnitte

Die Wände der Obergeschosse aller drei Gebäude wurden jeweils im Wochentakt hergestellt. Für die Wände W9 in Achse 4 und Achse 6 wurde dabei jeweils derselbe Schalsatz verwendet. Dies bedeutet 2 Einsätze der Schalung in einer Woche. Damit beträgt die Einsatzzahl im Ist:

$$E_{OG1,W9,Ist} = \frac{2}{1W_o} = 2 \frac{1}{W_o}$$

Bei 4,33 Wochen je Monat ergibt dies eine Einsatzzahl von $E_{OG1,W9,Ist} = 8,66 / \text{Mo}$.

Beide Wandabschnitte W8 wurden ebenfalls mit dem gleichen Schalsatz hergestellt. Für die Wände W5 und W6 wurde jeweils ein separater Schalsatz verwendet. Dies führt zu folgenden Ist-Einsatzzahlen:

$$E_{OG1,W8,Ist} = \frac{2}{1W_o} = 2 \frac{1}{W_o} \quad \text{und} \quad E_{OG1,W5,Ist} = E_{OG1,W6,Ist} = \frac{1}{1W_o} = 1 \frac{1}{W_o}$$

Die mittlere Einsatzzahl $E_{\emptyset,Ist}$ berechnet sich aus dem arithmetischen Mittel der Einsatzzahlen:

$$E_{\emptyset,Ist} = \frac{2 * 1 / W_o + 2 * 2 / W_o}{4} = 1,5 \frac{1}{W_o}, \quad \text{d.h. } 6,50 / \text{Mo}$$

6.2.2 Erfassung der Ist-Werte für Material

Die Ist-Werte für Material ergeben sich aus dem Materialverbrauch. Der Materialverbrauch ist über die Lieferscheine dokumentiert. Eine Zuordnung der Lieferscheine zur Bauwerkstruktur ist über die

Fertigungsabschnitte möglich, wobei Lieferscheine einem oder mehreren Fertigungsabschnitten mit einer entsprechenden Mengenaufteilung zugeordnet werden können. Durch Zuordnung der Lieferscheine zu den Teilprozessen bzw. Fertigungsabschnitten ist eine Soll-Ist-Vergleichsrechnung für einzelne Teilprozesse bzw. Fertigungsabschnitte möglich. Eine Zuordnung der Lieferscheine zu den einzelnen Fertigungsabschnitten ist dabei in der Regel ausreichend, da für die einzelnen Teilprozesse in der Regel unterschiedliche Materialien benötigt werden.

| Datum | | 30.06.05 | | | | | |
|-------|------------------|----------------|----------|----------------------|-------|----------------|--------|
| Nr. | Lieferschein Nr. | Firma | Material | Material Bezeichnung | Menge | ME | FA Nr. |
| 1 | 563729405843 | Transportbeton | C25-30 | Ortbeton C25/30 | 8,000 | m ³ | 84 |

Kopieren der Werte

| Fertigungsabschnitt Nr. | Lieferschein Nr. | Firma | Material | Typ | Material Bezeichnung | Menge | ME | Bedarf | ME |
|-------------------------|------------------|----------------|----------|-----|----------------------|-------|----------------|--------|----------------|
| 1 | 563729405843 | Transportbeton | C25-30 | W9 | Ortbeton C25/30 | 8,000 | m ³ | 2,331 | m ³ |

Erfassung der Lieferscheine
Aus Bedarf des Fertigungsabschnitts (vgl. Abbildung 14)
Auswertung für die Fertigungsabschnitte

Abbildung 54: Mögliche Erfassung von Lieferscheinen

6.3 Soll-Ist-Vergleiche und Prognosen

Die zum betrachteten Stichtag erfassten Ist-Werte für Einsatzmittel und Material sind den Soll-Werten gegenüberzustellen. Die Soll-Vorgaben aus der Kalkulation liegen nach Kopie in die Teilprozessketten für die einzelnen Fertigungsabschnitte auf der Bauwerkstruktur vor. Für den Vergleich mit den erfassten Ist-Werten sind die relevanten Fertigungsabschnitte aus der Bauwerkstruktur zu bestimmen und die auf den Fertigungsabschnitten enthaltenen Daten zusammenzufassen.

Der Soll-Ist-Vergleich der Arbeiterstunden soll gemäß Vorgabe gegliedert nach vertikalen und horizontalen Fertigungsabschnitten erfolgen. Die Ist-Werte liegen bereits in Abbildung 52 für die vertikalen Fertigungsabschnitte zusammengefasst vor. Die Soll-Lohnstunden sind nun für den Vergleich für die vertikalen Fertigungsabschnitte ebenfalls zusammenzufassen. Die Soll-Vorgabe bestimmt sich dabei wie folgt:

$$\sum_{i=1}^n W_{Budget, Pos_i} = \sum_{i=1}^n V_{AM, Pos_i} * w_{\phi, Pos_i}$$

Formel 20: Ermittlung der Soll-Lohnstunden über mehrere Positionen

Die Voraussichtlichen Abrechnungsmengen aller Fertigungsabschnitte wurden bereits für das gesamte Bauwerk ermittelt (vgl. Abbildung 44). Für die Bestimmung der Soll-Lohnstunden kommt ebenfalls eine Tabelle auf Grundlage der Voraussichtlichen Abrechnungsmengen zur Anwendung.

- OG 1
 - Vertikale Fertigungsabschnitte der Tragstruktur OG 1
 - FA 82: Wand umlaufend TR 2
 - FA 83: Wand Achse 3 TR 1
 - FA 84: Wand Achse 4 TR 1
 - FA 85: Wand Achse 6 TR 1
 - FA 86: Wand Achse 7 TR 1
 - FA 87: Wand Aufzug
 - FA 88: Stütze 30-30 Achse 1-AA
 - FA 89: Stütze 30-30 Achse 1-AB
 - FA 90: Stütze 30-30 Achse 1-AC
 - FA 91: Stütze 30-30 Achse 1-AD
 - FA 92: Stütze 30-30 Achse 2-AA
 - FA 93: Stütze 30-30 Achse 2-AB
 - FA 94: Stütze 30-30 Achse 2-AC
 - FA 95: Stütze 30-30 Achse 2-AD
 - FA 96: Stütze 30-30 Achse 5-AC
 - FA 97: Stütze 30-30 Achse 8-AA
 - FA 98: Stütze 30-30 Achse 8-AB
 - FA 99: Stütze 30-30 Achse 8-AC
 - FA 100: Stütze 30-30 Achse 8-AD
 - FA 101: Stütze 30-30 Achse 9-AA
 - FA 102: Stütze 30-30 Achse 9-AB
 - FA 103: Stütze 30-30 Achse 9-AC
 - FA 104: Stütze 30-30 Achse 9-AD

Festlegung der für die Soll-Vorgabe relevanten Fertigungsabschnitte

Kopie des Aufwandswerts aus der Position des Leistungsverzeichnisses

| Pos.-Nr. | Menge | ME | Kurztext | Stunden |
|----------|--------------------------|----|-------------------------|---------|
| 13.1.60 | 1.100,000 m ² | | Wände d = 0,20m schalen | 0,420 |

2. Schritt: Automatische Summierung der Abrechnungsmengen

3. Schritt: Berechnung der Soll-Lohnstunden je Position

| Pos. | Text | ME | Abrechnungsmenge | Aufwandswert w [Ah/ME] | Soll-Aufwand W [Ah] | FA 82 | FA 83 | FA 84 | FA 85 | FA 86 | FA 87 | |
|----------------------|--|----------------|------------------|--------------------------|-----------------------|---------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| | | | | | | W6 | W8 | W9 | W9 | W8 | W5 | |
| 13.1 | A | | | | | | | | | | | |
| 13.1.10 | Sauberkeitsschicht B 10, d = 10cm, herstellen | m ² | 0,000 | 0,080 | 0,00 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | |
| 13.1.20 | Bodenplatte d = 0,50m bis 0,80m schalen und betonieren | m ³ | 0,000 | 0,488 | 0,00 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | |
| 13.1.30 | Stützen 0,30m x 0,30m betonieren, h = 3,00-3,50m | m ³ | 4,590 | 1,500 | 6,89 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | |
| 13.1.40 | Stützen 0,30m x 0,30m schalen, h = 3,00-3,50m | m ² | 61,200 | 0,800 | 48,96 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | |
| 13.1.50 | Wände d = 0,20m betonieren | m ³ | 10,080 | 1,200 | 12,10 | 0,000 | 2,820 | 2,220 | 2,220 | 2,820 | 0,000 | |
| 13.1.60 | Wände d = 0,20m schalen | m ² | 105,600 | 0,420 | 44,35 | 0,000 | 29,400 | 23,400 | 23,400 | 29,400 | 0,000 | |
| 13.1.70 | Türausparung DG | St | 0,000 | 1,600 | 0,00 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | |
| 13.1.80 | Wände d = 0,30m betonieren | m ³ | 23,940 | 0,950 | 22,74 | 11,160 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 12,780 | |
| 13.1.90 | Wände d = 0,30m schalen | m ² | 154,200 | 0,400 | 61,68 | 76,200 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 78,000 | |
| 13.1.100 | Decken d= 0,35m, h= 3,00 bis 3,50m betonieren | m ³ | 0,000 | 0,323 | 0,00 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | |
| 13.1.110 | Aussparungen in Decken herstellen und montieren, Einzelgröße 0,50m ² bis 1,00m ² | St | 0,000 | 1,150 | 0,00 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | |
| 13.1.120 | Decken d= 0,35m, h= 3,00 bis 3,50m schalen Unterseite | m ² | 0,000 | 0,432 | 0,00 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | |
| 13.1.130 | Decken d= 0,35m, h= 3,00 bis 3,50m schalen Deckenrand | m ² | 0,000 | 1,250 | 0,00 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | |
| 13.1.140 | Fertigteiltreppe Typ 1 | St | 0,000 | 1,650 | 0,00 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | |
| 13.1.150 | Fertigteiltreppe Typ 2 | St | 0,000 | 1,650 | 0,00 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | |
| 13.1.160 | Treppenpodeste Rand schalen | m ² | 0,000 | 1,650 | 0,00 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | |
| 13.1.170 | Treppenpodeste Unterseite schalen | m ² | 0,000 | 1,250 | 0,00 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | |
| 13.1.180 | Treppenpodeste betonieren | m ³ | 0,000 | 1,750 | 0,00 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | |
| 13.1.190 | Betonstahl BSt 500 M | t | 2,177 | | | 0,714 | 0,180 | 0,142 | 0,142 | 0,180 | 0,818 | |
| 13.1.200 | Betonstahl BSt 500 S | t | 1,095 | | | 0,179 | 0,045 | 0,036 | 0,036 | 0,045 | 0,204 | |
| Summe Aufwand | | | | | | 196,72 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |

Ergebnis: Kumulierte Lohnstunden für Wände und Stützen OG 1

1. Schritt: Eingabe der Werte 0 oder 1

Abbildung 55: Ermittlung des Soll-Aufwands über die Fertigungsabschnitte

Die Tabelle ist neben der Spaltenüberschrift für die Abrechnungsmengen um eine Spalte für die Aufwandswerte der Positionen des Leistungsverzeichnisses sowie eine Spalte für die Berechnung der Soll-Lohnstunden aus Abrechnungsmenge und Aufwandswert zu erweitern. Die Aufwandswerte werden aus der Kopfzeile der Positionen im Leistungsverzeichnis kopiert. Für die Auswahl der Fertigungsabschnitte wird die Tabelle um eine Zeile am Ende erweitert, in der die Auswahl der Fertigungsabschnitte per Eingabe erfolgt. Bei Eingabe „I“ werden die Mengen für den Fertigungsabschnitt aus der Tabelle der Voraussichtlichen Abrechnungsmengen kopiert. Für die ausgewählten Fertigungsabschnitte werden die Abrechnungsmengen je Position summiert und danach mit dem Aufwandswert der Position multipliziert. Die gesamten Lohnstunden liegen nach Summieren der Soll-Lohnstunden sämtlicher Positionen vor.

Die Ist-Lohnstunden betragen 201,50 Ah, der Soll-Wert aus den Positionen der Arbeitskalkulation 196,72 Ah. Die Abweichung im Ist gegenüber dem Soll beträgt damit rund 5 Ah. Die geringe Überschreitung von ca. 2,4 % liegt im Toleranzbereich. In diesem Fall werden keine Steuerungsmaßnahmen erforderlich. Treten größere Abweichungen auf, kann durch eine detaillierte Erfassung auf Ebene der Teilprozesse die Ursache der Abweichung identifiziert werden. Durch die gegebene Flexibilität in der Auswahl der Fertigungsabschnitte kann der Detaillierungsgrad beliebig erhöht werden. Zudem ist eine gezielte Betrachtung bestimmter Fertigungsabschnitte möglich.

Die Ist-Baugeschwindigkeit ergibt sich aus den Daten zu Ist-Beginn und Ist-Fertigstellung der relevanten Fertigungsabschnitte bzw. Teile eines Bauwerks. Die Ist-Werte können der Tabelle der Fertigungsabschnitte entnommen und die einzelnen Dauern daraus ermittelt werden.

| Pos.-Nr. | Menge | ME | Kurztext |
|--------------------|-------------|--------------------|------------------------------------|
| 13.1.60 | 1.100,000 | m ² | Wände d = 0,20m schalen |
| Schlüssel | Menge | ME | Kurztext |
| W-SCHAL-350-EIN-Q3 | 1,000 | m ² | Einschalen |
| | 3 | A | Mannschaftsstärke Q _{opt} |
| SuB | 0,290 | Ah/ME | Lohnstunden je Einheit |
| SCH-W | 1,20 | m ² VHM | Schalung Wand |
| S-VERB | 1,00 | m ² | Verbrauchsstoffe |
| S-BRETT | 0,05 | m ² | Schalbretter |
| | | €/ME | Betriebskosten je Einheit |
| | | €/ME | Stoffkosten je Einheit |
| | | €/ME | Verluste je Einheit |
| | | €/ME | NU-Kosten je Einheit |
| | 6,50 | 1/Mo | Einsatzzahl E |

Für die Schalung wird die Einsatzzahl E in Soll und Ist gegenübergestellt. Die Ist-Einsatzzahl beträgt im Beispiel 6,50 / Mo (vgl. Kapitel 6.2.1). Dieser Wert wird der kalkulierten Einsatzzahl aus dem Kalkulationsbaustein der Position des Leistungsverzeichnisses gegenübergestellt. Hier entspricht die Einsatzzahl E im Ist dem kalkulierten Soll-Wert.

Daneben kann die Vorhaltemenge in Soll und Ist gegenübergestellt werden. Durch Gegenüberstellung der kalkulierten und der tatsächlichen Vorhaltemenge für die Schalung sind Abweichungen in den einmaligen Kosten identifizierbar.

Anhand der gewonnenen Daten ist eine Modifizierung der Werte in der Arbeitskalkulation möglich. Auf Grundlage des modifizierten Solls erfolgt die Hochrechnung auf das Projektende. Das prognostizierte Projektende ist relevant für die Bewertung der weiteren terminlichen Entwicklung der Baumaßnahme. Die Bewertung des Fertigstellungsgrads hinsichtlich der Termine gibt lediglich den Status Quo der Baumaßnahme an. Die Prognose der Bauzeit bis zum Projektende ist neben der Bewertung des Fertigstellungsgrads hinsichtlich der Termine erforderlich, um die Konsequenzen aus

eventuell vorhandenen Abweichungen ersehen zu können. Ergibt sich aus den Prognosewerten eine Verlängerung der Bauzeit, sind Steuerungsmaßnahmen zu ergreifen.

6.4 Fazit

Anhand des Beispiels ist ersichtlich, dass durch eine strukturierte Vorgehensweise von Kalkulation über die Produktionsplanung und -steuerung bis hin zur Abrechnung eine Projektabwicklung anhand einer gemeinsamen und durchgängigen Datenbasis möglich ist. Mehrfacheingaben von Daten und die daraus entstehenden Redundanzen entfallen. Sämtliche relevanten Daten befinden sich im Bauwerkmodell, so dass Schnittstellen entfallen.

Im Gegensatz zu der bisherigen Vorgehensweise mit BAS liegen die Soll-Lohnstunden für jeden Fertigungsabschnitt vor. Dies ermöglicht eine hohe Flexibilität bei den Soll-Ist-Vergleichen, da der Detaillierungsgrad der Ist-Erfassung während des Projekts erhöht und auf bestimmte Anforderungen angepasst werden kann. Treten bei den vertikalen Fertigungsabschnitten einer Ebene hohe Abweichungen im Ist auf, kann die Ist-Erfassung getrennt für Wänden und Stützen einer Ebene erfolgen. Dies ermöglicht gezielte Untersuchungen hinsichtlich der Ursachen von Abweichungen. Zudem sind systematische Soll-Ist-Vergleiche für bestimmte Abschnitte eines Bauwerks durch Abgrenzung der relevanten Fertigungsabschnitte möglich.

Aus der Dokumentation des Bauablaufs mit Erfassung der Ist-Daten von Beginn und Ende an einem Fertigungsabschnitt liegen die erforderlichen Angaben für die Bestimmung der Ist-Werte von Einsatzzahlen und Baugeschwindigkeit vor. Die anschließende Auswertung ist mit geringem Aufwand verbunden.

Durch die Zuordnung der Materialien aus den Lieferscheinen zu den Fertigungsabschnitten ist dokumentiert, welches Material an welchem Fertigungsabschnitt eingebaut wurde. Damit ist der gesamte Stofffluss in Bezug auf die einzelnen Fertigungsabschnitte nachvollziehbar.

7 Zusammenfassung und Ausblick

7.1 Zusammenfassung

Die Fertigungsabschnitte repräsentieren Teile eines Bauwerks und bilden die Grundlage für ein Produktionsmodell für die Bauproduktion. Durch Abbildung der Fertigungsabschnitte in einer Bauwerkstruktur steht ein Bauwerkmodell als Produktionsmodell zur Verfügung. Die Herleitung der Fertigungsabschnitte und der Teilprozessketten erfolgt in einer eigenen Struktur, aus der die Daten der Fertigungsabschnitte auf die Bauwerkstruktur kopiert werden. Die Festlegung der Fertigungsabschnitte und die Bildung der Teilprozessketten liegen als Arbeitsvorbereitungsmaßnahme im Bereich der Produktions- und Ablaufplanung. Über die Teilprozessketten wird der geplante Produktionsablauf bestimmt. Sie bilden die Grundlage für die Produktionsplanung. Die Teilprozesskette definiert über die Anordnungsbeziehungen und Mindestzeitabstände die Fertigungsreihenfolge der Teilprozesse sowie die Bindezeit der Einsatzmittel.

Die Fertigungsabschnitte sind als Output von Teilprozessketten geeignete Kontrolleinheiten für die Planung und Steuerung der Bauproduktion. Sie sind durch ihre festgelegte Geometrie klar abgrenzbare Einheiten. Für jeden Fertigungsabschnitt kann in Verbindung mit den spezifischen Materialeigenschaften die Menge an Output über die Mengenermittlung nach REB oder GAEB bestimmt werden. Dazu werden für jeden Teilprozess des Fertigungsabschnitts die Abrechnungsmengen ermittelt.

Die Voraussichtlichen Abrechnungsmengen eines Bauwerks erhält man, indem man die Abrechnungsmengen sämtlicher Fertigungsabschnitte des Bauwerks summiert. Damit sind die Grundvoraussetzungen für die Ermittlung des Fertigstellungsgrads eines Bauwerks zu einem bestimmten Stichtag bzw. nach einem bestimmten Ereignis geschaffen.

Für die Erfassung der Ist-Daten von Beginn und Ende der Arbeiten werden die Fertigungsabschnitte in einer tabellarischen Aufstellung abgebildet, in der die Soll-Termine für den geplanten Produktionsablauf bereits enthalten sind. Dadurch sind über den direkten Vergleich der Soll- und Ist-Werte terminliche Abweichungen direkt ersichtlich. Damit können der terminliche Fertigstellungsgrad des Bauwerks ermittelt und eventuelle Abweichungen in Tagen quantifiziert werden.

Zur Ermittlung des Fertigstellungsgrads in Bezug auf die hergestellten Mengen werden die Abrechnungsmengen der Fertigungsabschnitte nach Eingabe des Fertigstellungsdatums positionsweise addiert. Im Verhältnis zu den Voraussichtlichen Abrechnungsmengen der jeweiligen Position ergibt sich der Fertigstellungsgrad der einzelnen Positionen.

Nach Multiplikation der zum Stichtag hergestellten Abrechnungsmengen mit dem zugehörigen Einheitspreis einer Position erhält man die Vergütung je Position zum Stichtag. Aus der Summe der Vergütungen je Position im Verhältnis zur voraussichtlichen Gesamtvergütung wird der Fertigstellungsgrad in Bezug auf die Vergütung ermittelt.

Durch die ereignisorientierte Vorgehensweise ist die Ermittlung des Fertigstellungsgrads unabhängig von der bisherigen periodenweisen Betrachtung im Monatsrhythmus. Dies bildet die Grundlage

für ebenfalls ereignisorientierte Soll-Ist-Vergleiche mit der darauf aufbauenden Möglichkeit zu Steuerungsmaßnahmen. Die Fertigungsabschnitte enthalten als Kontrolleinheiten für die Bauausführung sämtliche erforderlichen Sollvorgaben für die Produktion.

Der Input der Teilprozesse besteht aus Einsatzmitteln, Material und Nachunternehmern. Dieser Input liegt zusammen mit dem Leistungsansatz bzw. dem Aufwandswert als Bezugswert für die zeitabhängigen Kosten in den Kalkulationsbausteinen vor. Für jedes Einsatzmittel, Material und jeden Nachunternehmer wird im Kalkulationsbaustein angegeben, welche Menge je Leitmengeneinheit des Teilprozesses als Input benötigt wird. Über die Leitmenge eines Kalkulationsbausteins ist definiert, welche Menge je ausgeschriebener Mengeneinheit einer Position des Leistungsverzeichnisses kalkuliert ist. Dadurch ist der Mengenbezug zwischen den Teilprozessen und den Positionen des Leistungsverzeichnisses hergestellt. Die Angaben zu Einsatzmitteln, Material und Kosten liegen im Soll sowohl je Position als auch für jeden Fertigungsabschnitt über die Teilprozesse und die Mengenermittlung vor. Auswertungen bezüglich der Einsatzmittel, Material und Kosten sind für beide Strukturen möglich.

Neben Beginn und Ende der Arbeiten an einem Fertigungsabschnitt sind die Ist-Werte der Lohnstunden und Materialmengen in Bezug auf die Fertigungsabschnitte zu erfassen. In Verbindung mit den Soll-Vorgaben ergeben sich daraus die erforderlichen Informationen für die Soll-Ist-Vergleiche der Lohnstunden, der Geräte und des Materials. Für die Ist-Erfassung der Lohnstunden werden die relevanten Teile des Bauwerks mit den zugehörigen Abrechnungsmengen über die Bauwerkstruktur abgegrenzt. Durch Multiplikation der abgegrenzten Abrechnungsmengen mit den in den Positionen der Kalkulation angegebenen Aufwandswerten liegen die Lohnstunden je Position vor und können entsprechend der Vorgabe durch die Ist-Erfassung zusammengefasst werden. Die Erfassung der Ist-Werte ist damit nach den individuellen Vorgaben anhand der Bauwerkstruktur möglich. Für die Geräte beschränkt sich die Ist-Erfassung bei diskontinuierlichen Prozessen auf die Einsatzzahl. Die für die Berechnung der Ist-Einsatzzahlen erforderlichen Informationen ergeben sich aus den Ist-Werten von Beginn und Ende der Arbeiten an den Fertigungsabschnitten. Die Lieferscheine werden nach Erfassung ebenfalls den Fertigungsabschnitten zugeordnet.

Die Erfassung nach Fertigungsabschnitten ermöglicht ereignisorientierte Soll-Ist-Vergleiche, auch für abgegrenzte Bereiche eines Bauwerks. Dadurch sind die Voraussetzungen für eine gezielte Produktionssteuerung gegeben. Auf Grundlage der Fertigungsabschnitte der Bauwerkstruktur kann festgestellt werden, welche Abweichungen von den Soll-Vorgaben an den einzelnen Fertigungsabschnitten aufgetreten sind. Die anschließenden Prognosen auf das Projektende sind durch Änderung der Soll-Vorgaben und Hochrechnung auf das Projektende möglich. Für das Produktionsplanungs- und -steuerungssystem liegt damit eine gemeinsame Struktur vor, auf der sämtliche erforderlichen Daten abgebildet sind.

7.2 Ausblick

7.2.1 Produktionsplanung auf Grundlage der Fertigungsabschnitte

Die Vorgehensweise für die Produktionsplanung wird auf Grundlage der Teilprozessketten ebenfalls vereinfacht. Die durchschnittliche Personalstärke kann über die Lohnstunden der einzelnen Teilprozesse und die relevanten Fertigungsabschnitte bestimmt werden. Erfolgt die Produktionsplanung getrennt für die vertikalen Fertigungsabschnitte der Ebene und die horizontalen Fertigungsabschnitte der Ebene, kann jeweils die durchschnittliche Personalstärke bestimmt werden.

Im Fall des OG 1 des Beispielgebäudes lauten die Vorgaben:

1. Herstellung der vertikalen Fertigungsabschnitte der Ebene innerhalb einer Woche und
2. Herstellung der horizontalen Fertigungsabschnitte der Ebene innerhalb einer Woche.

Anhand Formel 21 kann damit die durchschnittlich erforderliche Personalkapazität für die vertikalen Fertigungsabschnitte der Ebene und die horizontalen Fertigungsabschnitte der Ebene errechnet werden.

$$A_{\phi} = \frac{W}{T_{Wo}} \quad \text{in [A].}$$

Formel 21: Bestimmung der durchschnittlich erforderlichen Personalkapazität

Für die vertikalen Fertigungsabschnitte der Ebene OG 1 sind 196,72 Lohnstunden kalkuliert. Die planmäßige Wochenarbeitszeit beträgt 40 Stunden je Woche. Damit ergibt sich eine durchschnittliche Personalkapazität für die vertikalen Fertigungsabschnitte der Ebene OG 1 von

$$A_{\phi} = \frac{196,72Ah}{40h} = 4,918A \approx 5A.$$

Nach diesen Vorgaben kann die Personalstärke der einzelnen Teilprozesse festgelegt werden.

7.2.2 Weiterentwicklung des Modells für die Ausbaustruktur

Die Definition und Herleitung der Elemente der Ausbaustruktur ist auf dieselbe Art und Weise wie bei der Bauwerkstruktur möglich. Aufbau und Struktur werden wie in Abbildung 56 dargestellt vorgeschlagen.

Für die Elemente der Ausbaustruktur wird eine Struktur als Stammdatenbank analog zu den Fertigungsabschnitten der Bauwerkstruktur angelegt. Die Standard-Elemente und spezifischen Fertigungsabschnitte im Bereich Ausbau und Technische Anlagen sind darin enthalten. Dort werden die Elemente analog zu den Fertigungsabschnitten der Bauwerkstruktur definiert und in die Ausbaustruktur übernommen. Für eine grundsätzliche Strukturierung eignen sich folgende Kategorien:

- Gebäudehülle
- Nicht tragende Innenwände
- Bodenbeläge und Bodenaufbau
- Wandbekleidungen

- Stützenbekleidungen
- Deckenbeläge
- Deckenbekleidungen
- Technische Anlagen und
- Innenausstattung und Möblierung.

Die gewählte Gliederung orientiert sich an den Kostengruppen nach DIN 276. Diese kann beliebig und firmenspezifisch weiter untergliedert werden.

- Projekt
 - Bauwerk
 - Ebene 1
 - Nicht tragende Elemente
 - Raum 1
 - Element 1
 - ...
 - Element n
 - ...
 - Raum i
 - Ebene 2
 - ...
 - Ebene m

Abbildung 56: Beispiel für eine Ausbaustruktur

Den Räumen werden die spezifischen Elemente aus den Kategorien Bodenbeläge und Bodenaufbau, Wandbekleidungen, Stützenbekleidungen, Deckenbeläge, Deckenbekleidungen, Technische Anlagen sowie Innenausstattung und Möblierung zugewiesen. Für die Planung und Steuerung im Schlüsselfertigen Bereich kann auf das von Raeder¹²⁴ entwickelte Modell zurückgegriffen werden. Somit erhält man ein durchgängiges Modell für die gesamte Planung und Steuerung eines Schlüsselfertigen Bauvorhabens.

7.2.3 Weiterführende Anwendungen des Bauwerkmodells

7.2.3.1 Zuordnung von Kostengruppen der DIN 276

Den einzelnen Fertigungsabschnitten kann innerhalb der Mengenermittlung der Abrechnungsmengen die jeweilige Kostengruppe der DIN 276 als Eigenschaft zugeordnet werden. Dadurch besteht die Möglichkeit, Auswertungen in Bezug auf die Kostengruppen der DIN 276 vorzunehmen. Der Bezug zu den Positionen des Leistungsverzeichnisses ist auf den Fertigungsabschnitten über die Teilprozesskette bereits gegeben. Über die Abrechnungsmengen ergibt sich die Möglichkeit, die

¹²⁴ Vgl. Raeder, W.: Ein durchgängiges und integriertes Planungs- und Steuerungsmodell zum Management schlüsselfertiger Bauvorhaben, Dissertation am Lehrstuhl für Tunnelbau und Baubetriebslehre TU München 1996

Vergütung für einen Fertigungsabschnitt auf die entsprechende Bezugsgröße nach DIN 276 umzurechnen. Dadurch erhält man eine Auswertung bezüglich der Gebäudeelemente nach DIN 276.

| ID | Typ | Schlüssel | ME | Name | | | | |
|--------------|---------|--------------------|----------|----------------------------|----------------------------|----|----------|---------------|
| 84 | W-D20 | W9 | X | Wand Achse 4 TR 1 | | | | |
| Nr. | Q TP | Db | Pos. | Teilprozess Bezeichnung | Abrech- nungs- menge | | EP | Vergütung |
| | | Key | Nr. | | V | ME | [€/ME] | [€] |
| 1 | Q3 | W-SCHAL-350-EIN-Q3 | 13.1.60 | Einschalen | 0,000 | m2 | | 0,00 |
| 2 | Q4 | BEW-500-M | 13.1.190 | Bewehrung Mattenstahl | 0,142 | t | 906,54 | 128,80 |
| 3 | Q4 | BEW-500-S | 13.1.200 | Bewehrung Stabstahl | 0,036 | t | 963,19 | 34,21 |
| 4 | Q3 | W-SCHAL-350-EIN-Q3 | 13.1.60 | Einschalen | 0,000 | m2 | | 0,00 |
| 5 | Q3 | W-BET-350-D20-Q3 | 13.1.50 | Betonieren | 2,220 | m3 | 118,13 | 262,25 |
| 6 | Q3 | W-SCHAL-350-AUS-Q3 | 13.1.60 | Ausschalen | 12,300 | m2 | 19,00 | 233,70 |
| 7 | Q3 | W-SCHAL-350-AUS-Q3 | 13.1.60 | Ausschalen | 11,100 | m2 | 19,00 | 210,90 |
| Summe | | | | | | | | 869,86 |

- OG 1

- Vertikale Fertigungsabschnitte der Tragstruktur OG 1

- FA 82: Wand umlaufend TR 2
 - FA 83: Wand Achse 3 TR 1
 - FA 84: Wand Achse 4 TR 1
 - FA 85: Wand Achse 6 TR 1
 - FA 86: Wand Achse 7 TR 1
 - FA 87: Wand Aufzug
 - FA 88: Stütze 30-30 Achse 1-AA
 - FA 89: Stütze 30-30 Achse 1-AB
 - FA 90: Stütze 30-30 Achse 1-AC
 - FA 91: Stütze 30-30 Achse 1-AD
 - FA 92: Stütze 30-30 Achse 2-AA
 - FA 93: Stütze 30-30 Achse 2-AB
 - FA 94: Stütze 30-30 Achse 2-AC
 - FA 95: Stütze 30-30 Achse 2-AD
 - FA 96: Stütze 30-30 Achse 5-AC
 - FA 97: Stütze 30-30 Achse 8-AA
 - FA 98: Stütze 30-30 Achse 8-AB
 - FA 99: Stütze 30-30 Achse 8-AC
 - FA 100: Stütze 30-30 Achse 8-AD
 - FA 101: Stütze 30-30 Achse 9-AA
 - FA 102: Stütze 30-30 Achse 9-AB
 - FA 103: Stütze 30-30 Achse 9-AC
 - FA 104: Stütze 30-30 Achse 9-AD

← *Innenwand, tragend,*

Kostengruppe (KG) 341

Länge 3,70 m

Höhe 3,00 m

Fläche 11,10 m²

Kosten 869,86 €

Kosten je m² = 78,37 €

7.2.3.2 Mängelverwaltung durch Verknüpfung der Fertigungsabschnitte mit digitalen Bilddateien

Sowohl für Auftragnehmer als auch für Auftraggeber besteht die Möglichkeit, die gerügten Mängel über die Bauwerkstruktur zu dokumentieren. Grundsätzlich ist bei Mängeln anzugeben, an welchem Bauteil oder Fertigungsabschnitt ein Mangel aufgetreten und welche Teilleistung betroffen ist. Dies kann mit Bezug auf die betreffenden Teilprozesse geschehen. Durch Zuordnung der laufenden Nummer der Mängelanzeige zu dem entsprechenden Fertigungsabschnitt ist ein Bezug zum Schriftverkehr möglich. Die Dokumente des Schriftverkehrs werden üblicherweise ebenfalls mit der entsprechenden Nummer der Mängelanzeige gekennzeichnet. Anhand dieser Angaben kann über die

Bauwerkstruktur die Beseitigung der Mängel verwaltet werden. Die Höhe der Kosten kann zusammen mit dem zeitlichen Verlauf ebenfalls über die Fertigungsabschnitte dokumentiert werden.

| FA # | Schlüssel | Name | Ebene Nr. | Ebene Name | Beginn Soll | Ende Soll | Beginn Ist | Ende Ist | Mangel Nr. | Bezeichnung |
|-------|-----------|-------------------------|-----------|------------|-------------|-----------|------------|----------|------------|-------------------------------|
| FA82 | W6 | Wand umlaufend TR 2 | 1 | OG-1 | 27.06.05 | 01.07.06 | 27.06.05 | 01.07.06 | | |
| FA83 | W8 | Wand Achse 3 TR 1 | 1 | OG-1 | 28.06.06 | 30.06.06 | 28.06.06 | 30.06.06 | | |
| FA84 | W9 | Wand Achse 4 TR 1 | 1 | OG-1 | 28.06.05 | 30.06.06 | 28.06.05 | 30.06.06 | 26 | Kiesnester im unteren Bereich |
| FA85 | W9 | Wand Achse 6 TR 1 | 1 | OG-1 | 30.06.05 | 01.07.05 | 30.06.06 | 01.07.05 | | |
| FA86 | W8 | Wand Achse 7 TR 1 | 1 | OG-1 | 29.06.06 | 30.06.06 | 29.06.06 | 30.06.06 | | |
| FA87 | W5 | Wand Aufzug | 1 | OG-1 | 27.06.05 | 30.06.05 | 27.06.05 | 30.06.05 | | |
| FA88 | S-30-30 | Stütze 30/30 Achse 1-AA | 1 | OG-1 | 28.06.05 | 29.06.05 | 28.06.05 | 29.06.05 | | |
| FA89 | S-30-30 | Stütze 30/30 Achse 1-AB | 1 | OG-1 | 28.06.05 | 29.06.05 | 28.06.05 | 29.06.05 | | |
| FA90 | S-30-30 | Stütze 30/30 Achse 1-AC | 1 | OG-1 | 28.06.05 | 29.06.05 | 28.06.05 | 29.06.05 | | |
| FA91 | S-30-30 | Stütze 30/30 Achse 1-AD | 1 | OG-1 | 28.06.05 | 29.06.05 | 28.06.05 | 29.06.05 | | |
| FA92 | S-30-30 | Stütze 30/30 Achse 2-AA | 1 | OG-1 | 29.06.05 | 30.06.05 | 29.06.05 | 30.06.05 | | |
| FA93 | S-30-30 | Stütze 30/30 Achse 2-AB | 1 | OG-1 | 29.06.05 | 30.06.05 | 29.06.05 | 30.06.05 | | |
| FA94 | S-30-30 | Stütze 30/30 Achse 2-AC | 1 | OG-1 | 29.06.05 | 30.06.05 | 29.06.05 | 30.06.05 | | |
| FA95 | S-30-30 | Stütze 30/30 Achse 2-AD | 1 | OG-1 | 29.06.05 | 30.06.05 | 29.06.05 | 30.06.05 | | |
| FA96 | S-30-30 | Stütze 30/30 Achse 5-AC | 1 | OG-1 | 29.06.05 | 30.06.05 | 29.06.05 | 30.06.05 | | |
| FA97 | S-30-30 | Stütze 30/30 Achse 8-AA | 1 | OG-1 | 30.06.05 | 01.07.05 | 30.06.05 | 01.07.05 | | |
| FA98 | S-30-30 | Stütze 30/30 Achse 8-AB | 1 | OG-1 | 30.06.05 | 01.07.05 | 30.06.05 | 01.07.05 | | |
| FA99 | S-30-30 | Stütze 30/30 Achse 8-AC | 1 | OG-1 | 30.06.05 | 01.07.05 | 30.06.05 | 01.07.05 | | |
| FA100 | S-30-30 | Stütze 30/30 Achse 8-AD | 1 | OG-1 | 30.06.05 | 01.07.05 | 30.06.05 | 01.07.05 | | |
| FA101 | S-30-30 | Stütze 30/30 Achse 9-AA | 1 | OG-1 | 01.07.05 | 04.07.05 | 01.07.05 | 04.07.05 | | |
| FA102 | S-30-30 | Stütze 30/30 Achse 9-AB | 1 | OG-1 | 01.07.05 | 04.07.05 | 01.07.05 | 04.07.05 | | |
| FA103 | S-30-30 | Stütze 30/30 Achse 9-AC | 1 | OG-1 | 01.07.05 | 04.07.05 | 01.07.05 | 04.07.05 | | |
| FA104 | S-30-30 | Stütze 30/30 Achse 9-AD | 1 | OG-1 | 01.07.05 | 04.07.05 | 01.07.05 | 04.07.05 | | |
| FA105 | D-OG | Decke OG-1 | 1 | OG-1 | 11.07.05 | 19.07.05 | 11.07.05 | 19.07.05 | | |
| FA106 | PD1 | Treppenpodest TR 1 | 1 | OG-1 | 14.07.05 | 21.07.05 | 14.07.05 | | | |
| FA107 | PD2 | Treppenpodest TR 2 | 1 | OG-1 | 14.07.05 | 21.07.05 | 14.07.05 | | | |
| FA108 | FT1 | FT-Treppe Typ 1 TR 1 | 1 | OG-1 | 21.07.05 | 21.07.05 | | | | |
| FA109 | FT1 | FT-Treppe Typ 1 TR 1 | 1 | OG-1 | 21.07.05 | 21.07.05 | | | | |
| FA110 | FT2 | FT-Treppe Typ 2 TR 2 | 1 | OG-1 | 21.07.05 | 21.07.05 | | | | |
| FA111 | FT2 | FT-Treppe Typ 2 TR 2 | 1 | OG-1 | 21.07.05 | 21.07.05 | | | | |

Abbildung 57: Erweiterung der Liste der Fertigungsabschnitte um Mängelinformationen

Literaturverzeichnis

- [1] Bauer, Hans:
Baubetrieb 1, Springer-Lehrbuch, 2. Auflage Springer Verlag Berlin 1999
- [2] Bauer, Hans:
Baubetrieb 2, Springer-Lehrbuch, 2. Auflage Springer Verlag Berlin 1999
- [3] Baumgärtner, Ulrich:
Über die Grundlagen eines offenen Informationssystems für Bauunternehmungen, Dissertation TU München 1996
- [4] Berg, Gerhard:
REFA in der Baupraxis Teil 1 Grundlagen, ztv-Verlag Frankfurt 1984
- [5] Bocklitz, Christian:
Ein Beitrag zur Optimierung der Produktionsplanung diskontinuierlicher Prozesse, Dissertation TU München 2006
- [6] Bogatic, Zejlko:
Objektorientierte, dreidimensionale Modelle in der Tragwerksplanung – ein Vergleich zum bisherigen Standard mit zweidimensionaler Planung, Diplomarbeit am Lehrstuhl für Tunnelbau und Baubetriebslehre 2004
- [7] Bösch, Hans-Jürgen:
Vorlesungsskript Baumaschinen, Lehrstuhl für Tunnelbau und Baubetriebslehre TU München, 6. Auflage 2001
- [8] Bösch, Hans-Jürgen:
Vorlesungsskript Kostenrechnung, Lehrstuhl für Tunnelbau und Baubetriebslehre TU München, 5. Auflage 2003
- [9] Bösch, Hans-Jürgen:
Vorlesungsskript Produktionsplanung und Ablaufplanung, Lehrstuhl für Tunnelbau und Baubetriebslehre der TU München, 3. Auflage 2003
- [10] Bösch, Hans-Jürgen (Hrsg.):
Skriptum zu den Übungen Baubetrieb 1 bis 3, Lehrstuhl für Tunnelbau und Baubetriebslehre der TU München 2003
- [11] Brecheler, Winfried /Friedrich, Jürgen /Hilmer, Alfons / Weiß, Richard:
Baubetriebslehre – Kosten- und Leistungsrechnung – Bauverfahren, Vieweg Verlag 1998

-
- [12] Burkhardt, Georg:
Kostenprobleme der Bauproduktion, Schriftenreihe des Bayerischen Bauindustrieverbandes Nr. 3, Bauverlag 1963
- [13] Burkhardt, Georg:
Numerische Ablaufplanung einer Baustelle, Schriftenreihe des Bayerischen Bauindustrieverbandes Nr. 4, Bauverlag 2. Auflage 1968
- [14] Burkhardt, Georg:
Systematik des Programms Kostenkontrolle, Steuerung und Prognose "KSP", Schriftenreihe Heft 4, Hrsg. Lehrstuhl Tunnelbau und Baubetriebslehre TU München 1992
- [15] Dayal, Robert:
Chancen und Möglichkeiten rechnergestützter Planungsabläufe in der Bauplanung – Schnittstelle IFC2X, Diplomarbeit am Lehrstuhl für Baurealisierung TU München 2004
- [16] Diemand, Franz:
Strategisches und operatives Controlling im Bauunternehmen, Institut für Maschinenwesen im Baubetrieb Karlsruhe, Menschen Maschinen Methoden, Reihe F, Heft 50 2001
- [17] DIN (Hrsg.):
Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen (VOB) Teile A bis C, Ausgabe 2002 mit Ergänzungsband 2005
- [18] DIN (Hrsg.):
DIN 276 Kosten im Hochbau, Ausgabe Juni 1993
- [19] DIN (Hrsg.):
DIN 277 Grundflächen und Rauminhalte von Hochbauten, Teile 1 bis 3 Ausgabe 2005
- [20] DIN (Hrsg.):
DIN 69900 Teil 1 Ausgabe August 1987
- [21] DIN (Hrsg.):
DIN 69901 Ausgabe August 1987
- [22] DIN (Hrsg.):
DIN 69902 Ausgabe August 1987
- [23] DIN (Hrsg.):
DIN 69903 Ausgabe August 1987
- [24] DIN (Hrsg.):
DIN 69904 Ausgabe November 2000
- [25] DIN (Hrsg.):
DIN 69905 Ausgabe Mai 1997

-
- [26] Drees, Gerhard:
Fertigungsplanung und -steuerung im Bauwesen, Institut für Baubetriebslehre Universität Stuttgart 1990
- [27] Drees, Gerhard / Paul, Wolfgang:
Kalkulation von Baupreisen, Bauverlag, 7. Auflage 2002
- [28] Drees, Gerhard / Spranz, Dieter:
Handbuch der Arbeitsvorbereitung in Bauunternehmen Bauverlag 1976
- [29] Dreyer, Dominik:
Betriebsgrößen für die Grobterminplanung, Diplomarbeit am Lehrstuhl für Tunnelbau und Baubetriebslehre 2000
- [30] Frauenknecht, J.:
3-D Bestandsaufnahme – Erfassung der Gebäudetechnik am Flughafen Frankfurt/Main in Facility Management 7-8/2004, Bauverlag Gütersloh
- [31] Friedrichs-Schmidt, Thorsten:
Studie der externen und internen Kennzahlenanwendungen zur Bewertung von Bau-AGs, Diplomarbeit am Lehrstuhl für Tunnelbau und Baubetriebslehre TU München 2004
- [32] GAEB
Merkblatt zur elektronischen Bauabrechnung, Hrsg.: Gemeinsamer Ausschuss Elektronik im Bauwesen, Bonn, Ausgabe Oktober 2000, überarbeitet Januar 2003
- [33] GAEB
Gemeinsamer Ausschuss Elektronik im Bauwesen, Hrsg. Deutsches Institut für Normung e.V.: Verfahrensbeschreibungen für die elektronische Bauabrechnung GAEB-VB 23.004 Allgemeine Mengenermittlung, Ausgabe März 1999
- [34] GAEB
Angaben zum Standardleistungsbuch Bau in <http://www.gaebe.de/komplett.html>
- [35] GAEB
Angaben zum Standardleistungsbuch in <http://www.dynamischebaudaten.de>
- [36] Gnugesser, Ingo:
Ein Ansatz zur Verbesserung der Termin- und Einsatzmittelplanung im Ausbau anhand eines Praxisbeispiels, Diplomarbeit am Lehrstuhl für Tunnelbau und Baubetriebslehre 2001
- [37] Greiner, Peter / Mayer Peter. E. / Stark, Karlhans:
Baubetriebslehre – Projektmanagement, Vieweg Verlag 2. Auflage 2002

-
- [38] Gutenberg, Erich:
Grundlagen der Betriebswirtschaftslehre Bd. 1 Die Produktion, Springer Verlag 24. Auflage
1983
- [39] Hadel, Thorsten / Arentzen, Ute:
Gabler Wirtschaftslexikon, Gabler Verlag, 15., überarbeitete und aktualisierte Auflage 2000
- [40] Hauptverband der Deutschen Bauindustrie e.V.:
BGL – Baugeräteleiste 2001, Bauverlag Ausgabe 2001
- [41] Hauptverband der Deutschen Bauindustrie e.V. u. Zentralverband des Deutschen Baugewerbes:
KLR Bau - Kosten- und Leistungsrechnung der Bauunternehmen, Bauverlag 7. Auflage 2001
- [42] Hauptverband der Deutschen Bauindustrie e.V.:
BAL 2001 Baustellenausstattungs- und Werkzeugliste, Bauverlag 4. Ausgabe 2001
- [43] Hill, Wilhelm / Fehlbaum, Raymond / Ulrich, Peter:
Organisationslehre 1, Verlag Paul Haupt, 4. Auflage
- [44] HOAI
Verordnung über die Honorare für Leistungen der Architekten und Ingenieure, in der Fassung der Bekanntmachung vom 4. März 1991, zuletzt geändert 10.11.2001
- [45] Internationale Allianz für Interoperabilität IAI e.V.
<http://www.iai-ev.de>
- [46] Koch, Markus:
Die Vorbereitung für die schlüsselfertige Ausführung im Hochbau, Schriftenreihe des Instituts für Baubetriebslehre Universität Stuttgart Band 43, 1. Auflage 2003
- [47] Krüger, Holger:
Entwurf eines Produktionsmodells für Bauvorhaben unter besonderer Berücksichtigung der Belange der Termin- und Kostensteuerung, Diplomarbeit TU München 1997
- [48] Künstner, Gerhard:
REFA in der Baupraxis Teil 2 Datenermittlung, ztv-Verlag 2. Auflage 1984
- [49] Kuhne, Carsten:
Grundlagen und Entwurf eines Produktionsmodells für das Bauwesen, Dissertation TU München 2000
- [50] Leimböck, Egon / Schönnenbeck, Hermann:
KLR Bau und Baubilanz, Bauverlag GmbH Wiesbaden und Berlin 1992
- [51] Leimböck, Egon:
Bauwirtschaft, B. G. Teubner Verlag, Stuttgart – Leipzig 2000

-
- [52] Madlaji, Mahd El:
Rechnergestützte Produktionsplanung im Bauwesen, Dissertation TU München 1990
- [53] Mayer, Peter E.:
Betriebsplanung, Skript zur Vorlesung Baubetrieb 4 am Lehrstuhl für Tunnelbau und Baubetriebslehre TU München, 2004
- [54] Nawrath, Joachim:
Ausschreibung von Bauleistungen, in Schriftenreihe des Bayerischen Bauindustrieverbandes Nr. 9 1968
- [55] N.N.:
Gesetz zur Regelung der gewerbsmäßigen Arbeitnehmerüberlassung vom 7. August 1972 in der aktuellen Fassung, neugefasst durch Bek. v. 3. 2.1995 I 158; zuletzt geändert durch Art. 17 G v. 23. 7.2004 I 1842
- [56] N.N.:
Arbeitnehmerentsendegesetz § 1a in Verbindung mit den Urteilen vom 12.01.2004 – 5AZR 617/01 und 279/01
- [57] N.N.
Software, Handbücher und Produktinformationen zur Software ARRIBA®, Fa. RIB Stuttgart
- [58] N.N.
Software, Handbücher und Produktinformationen der Firma Autodesk zur CAD-Software AutoCAD
- [59] N.N.
Software, Handbücher und Produktinformationen zu Architectural Desktop® (ADT) der Firma Autodesk und PALLADIO X 2004® der Firma acadGraph
- [60] N.N.
Handbücher und Produktunterlagen der Firma Sidoun zur gleichnamigen Software
- [61] N.N.:
Handbücher und Produktinformationen zur Software Teamplan®, Fa. Asta Development GmbH Deutschland, Karlsruhe
- [62] N.N.:
www.digimass.de mit Produktinformationen der Firma allplan, Augsburg
- [63] N.N.:
<http://www.graphisoft.de/produkte/archicad/>, Homepage der Firma Graphisoft® mit Bezug auf die Software ArchiCAD®

-
- [64] N.N.:
Software TIPOS® und Produktunterlagen der Firma DOKA, Maisach
- [65] N.N.:
Software ELPOS® und Produktunterlagen der Firma PERI, Weißenhorn
- [66] Pause, Hans / Schmieder, Franz:
Baupreis und Baupreiskalkulation, Verlag Rudolf Müller, 2. Auflage 1992
- [67] Poggel, Horst:
Kosten- und Leistungsrechnung im Baubetrieb, Sonderdruck aus dem Betonkalender 1999,
Ernst und Sohn
- [68] Prange, Herbert / Leimböck, Egon / Klaus, Ulf Rüdiger:
Baukalkulation, Bauverlag 1995
- [69] Quack, F.:
Zur Leistungsbeschreibung im Bauvertrag – Die Bedeutung der baubetrieblichen Sicht für die
vertragsrechtlich Leistungsbeschreibung, in Zeitschrift für deutsches und internationales Bau-
und Vergaberecht ZfBR, Ausgabe 4/2003
- [70] Raeder, Wolfgang:
Ein durchgängiges und integriertes Planungs- und Steuerungsmodell zum Management
schlüsselfertiger Bauvorhaben, Dissertation TU München 1996
- [71] Rank, Ernst:
Bauinformatik I, CAD – Computergestütztes Konstruieren im Bauwesen, Lehrstuhl für Bauin-
formatik TU München
- [72] Ripberger, Albert:
Kosten- und Terminkontrolle mittels eines Produktionsmodells, Dissertation TU München
2000
- [73] Rohr, Stefan: Optimierung der Bauproduktion durch Simulation von Prozessen, Dissertation
an der TU München 2005, Shaker Verlag Aachen 2006
- [74] Rohr, Stefan / Schweibenz, Bernd:
Kalkulation auf Basis von Prozessen in Workshop DS 2001, Editor Beran, V. und Nowak, J.,
Fakultät Bauwesen der TU Prag 2001
- [75] Schub, Adolf:
Vorlesungsskript Produktionsplanung und Ablaufplanung, Lehrstuhl für Tunnelbau und Bau-
betriebslehre TU München 5. Auflage 1994

- [76] Schub, Adolf:
Probleme der Taktplanung in der Bauproduktion, Bauverlag GmbH Wiesbaden und Berlin
1970
- [77] Schweibenz, Bernd / Weber, Thomas:
Dokumentation des Baufortschritts mittels Laserscanning-Technologie, in Bau-
markt+Bauwirtschaft 12/2003
- [78] Weigl, Werner:
Leistungsprognosen beim Schildvortrieb durch Simulation, Dissertation TU München 1993
- [79] Wirth, Volker et al.:
Baustellen-Controlling, expert Verlag Renningen-Malmsheim Band 275 1996

Abkürzungsverzeichnis

| | |
|---------------------|---|
| A | Arbeiter |
| A $\bar{\emptyset}$ | durchschnittliche Personalstärke |
| A(I) | Anfang eines Vorgangs bzw. Teilprozesses I |
| AF | Anfangsfolge |
| AG | Auftraggeber |
| Ah | Arbeiterstunde |
| AM | Abrechnungsmenge |
| AN | Auftragnehmer |
| AOB | Anordnungsbeziehung |
| ATV | Allgemeine Technische Vertragsbedingungen |
| AVA | Ausschreibung, Vergabe und Abrechnung |
| A+V | Abschreibung und Verzinsung |
| BAL | Baustellenausstattungs- und Werkzeugliste |
| BAS | Bauarbeitsschlüssel |
| BGH | Bundesgerichtshof |
| BGL | Baugeräteliste |
| BKI | Baukosteninformationszentrum Deutscher Architektenkammern |
| BKR | Baukontenrahmen |
| bzgl. | bezüglich |
| bzw. | beziehungsweise |
| c | Baugeschwindigkeit |
| CAD | Computer Aided Design |
| D | Dauer |
| D(I) | Dauer eines Vorgangs I |
| D _{TP} | Dauer eines Teilprozesses |
| D _{TPK} | Dauer der Teilprozesskette eines Fertigungsabschnitts |
| d | Tag |
| DGM | Digitales Gebäudemodell |
| d.h. | das heißt |
| DIN | Deutsches Institut für Normung e.V. |
| Δ | Differenz |
| E | Einsatzzahl |
| E(I) | Ende eines Vorgangs bzw. Teilprozesses I |
| EDV | Elektronische Datenverarbeitung |
| EF | Endfolge |
| EG | Erdgeschoss |

| | |
|-----------------------|---|
| EKT | Einzelkosten der Teilleistungen |
| EP | Einheitspreis |
| etc. | et cetera |
| EUR | EURO |
| € | EURO |
| ε | uniformierter Zeitabstand |
| f_s | Zuschlagsfaktor für Öl und Schmierstoffe |
| FA | Fertigungsabschnitt |
| ff | folgende |
| FNR | Formelnummer |
| FSG | Fertigstellungsgrad |
| FT | Fertigteil |
| Φ | Fertigstellungsgrad |
| $\Phi_{\text{Pos},i}$ | Fertigstellungsgrad der Position i |
| Φ_{WE} | Fertigstellungsgrad eines Bauwerks in Währungseinheiten |
| GAEB | Gemeinsamer Ausschuss Elektronik im Bauwesen |
| GG | Gerätegruppe |
| h | Stunde |
| HGB | Handelsgesetzbuch |
| HKoA | Hauptkostenart |
| HOAI | Honorarordnung für Architekten und Ingenieure |
| HU | Hauptunternehmer |
| i.d.R. | in der Regel |
| IAI | Industrial Alliance for Interoperability |
| ID | Identifikation |
| IFC | Industry Foundation Classes |
| KLR Bau | Kosten- und Leistungsrechnung für Bauunternehmen |
| K | Kosten |
| K_e | einmalige Kosten |
| k_e | einmalige Kosten je Mengeneinheit |
| K_l | leistungsabhängige Kosten |
| k_l | leistungsabhängige Kosten je Mengeneinheit |
| K_t | zeitabhängige Kosten |
| k_t | zeitabhängige Kosten je Mengeneinheit |
| K_v | mengenabhängige Kosten |
| k_v | mengenabhängige Kosten je Mengeneinheit |
| K_{VH} | Vorhaltekosten |
| KG | Kostengruppe der DIN 276 |

| | |
|-----------|---|
| KoA | Kostenart |
| L | Leistung |
| lfd. | laufend(e) |
| L_n | Dauerleistung |
| LV | Leistungsverzeichnis |
| λ | Auslastungsfaktor eines Motors |
| Mat | Material |
| max | maximal |
| ME | Mengeneinheit |
| min | minimal |
| ML | Mittellohn |
| Mo | Monat |
| m | Meter |
| max Z | Maximalzeitabstand |
| min Z | Mindestzeitabstand |
| n | Anzahl |
| N(I) | Nachfolger eines Vorgangs bzw. Teilprozesses I |
| NF | Normalfolge |
| Nr. | Nummer |
| NU | Nachunternehmer |
| OG | Obergeschoss |
| OZ | Ordnungszahl |
| PM | Prozessmenge |
| PPS | Produktionsplanungs- und -steuerungssystem |
| Pos. | Position |
| Ψ | Potenzialfaktor |
| Q | Betrieb (Kapazität der Einsatzmittel) |
| Q_A | Anzahl der Arbeitskräfte / Personalstärke |
| QM | Qualitätsmanagement |
| R | Reparatur |
| R(J) | Rang eines Vorgangs J |
| REB | Richtlinien für die elektronische Bauabrechnung |
| REFA | Verband für Arbeitsgestaltung, Betriebsorganisation und Unternehmensentwicklung |
| S. | Seite |
| SF | Sprungfolge |
| sonst. | sonstiges |
| SIV | Soll-Ist-Vergleich |
| StLB | Standardleistungsbuch |

| | |
|-----------------|---|
| T | Zeit |
| t | Tonne |
| T_d | tägliche Arbeitszeit |
| T_{Mo} | monatliche Arbeitszeit |
| T_{Wo} | wöchentliche Arbeitszeit |
| TGA | Technische Gebäudeausrüstung |
| TP | Teilprozess |
| TPK | Teilprozesskette |
| TR | Treppenhaus |
| $u_{l,kWh}$ | spezifischer Verbrauch an Dieselkraftstoff |
| UG | Untergeschoss |
| V | Volumen |
| V_{AM} | Abrechnungsmenge |
| V_{PM} | Prozessmenge |
| v | Produktionsgeschwindigkeit |
| $v(Q)$ | Produktionsgeschwindigkeit in Abhängigkeit von der Personalstärke |
| $V(I)$ | Vorgänger eines Vorgangs bzw. Teilprozesses I |
| VB | Verfahrensbeschreibung |
| VE | Volumeneinheit |
| Vgl. | vergleiche |
| VOB | Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen |
| W | Aufwand an Arbeiterstunden |
| w | spezifischer Aufwandswert |
| w_{\emptyset} | durchschnittlicher Aufwandswert |
| WE | Währungseinheit |
| WT | Verschleiß |
| Z | Zeitabstand |
| z.B. | zum Beispiel |
| ZE | Zeiteinheit |

ANHANG

| | |
|--|------------|
| A. Planunterlagen | III |
| A.1 Übersichtsplan Gebäude A, B und C mit Tiefgarage | III |
| A.2 UG Grundriss der Einzelgebäude, Gebäude A, B und C | IV |
| A.3 EG Grundriss der Einzelgebäude, Gebäude A, B und C | V |
| A.4 OG 1 Grundriss der Einzelgebäude, Gebäude A, B und C | VI |
| A.5 Schnitt A-A: Einzelgebäude | VII |
| A.6 Grundriss Tiefgarage | VIII |
| A.7 Kennzahlen | IX |
| A.8 Fertigungsabschnitte im Untergeschoss des Beispielgebäudes | X |
| B. Kalkulation | XI |
| B.1 Gerätebaustein Bagger zu Position 2.40 | XI |
| B.2 Gerätebaustein LKW zu Position 2.50 | XI |
| B.3 Kalkulationsbaustein LKW zu Position 2.50 | XI |
| B.4 Position 13.1.10 | XI |
| B.5 Position 13.1.20 | XII |
| B.6 Position 13.1.30 | XII |
| B.7 Position 13.1.40 | XIII |
| B.8 Position 13.1.50 | XIII |
| B.9 Position 13.1.60 | XIII |
| B.10 Position 13.1.70 | XIV |
| B.11 Position 13.1.80 | XIV |
| B.12 Position 13.1.90 | XIV |

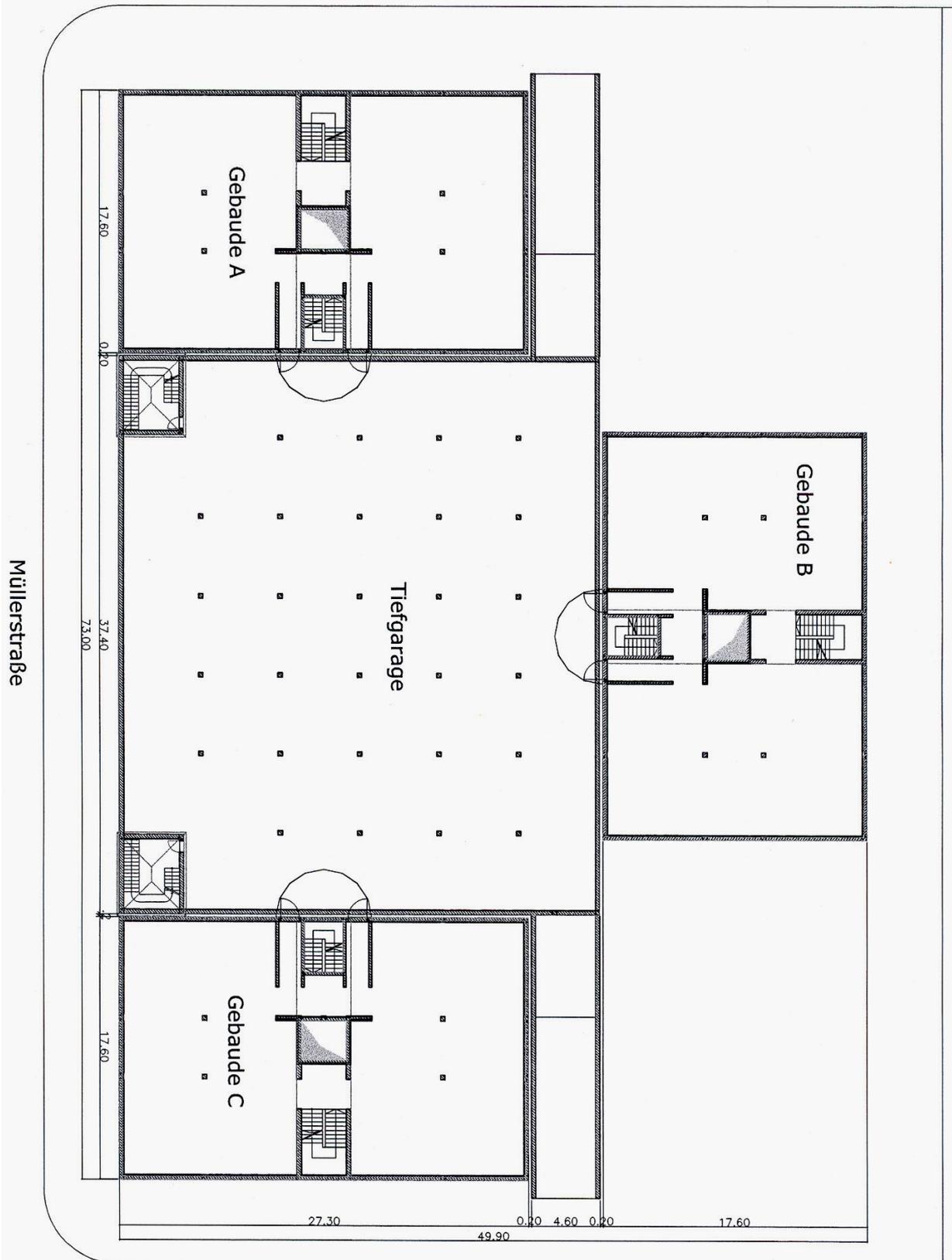
| | | |
|-------------|--|--------------|
| B.13 | Position 13.1.100 | XV |
| B.14 | Position 13.1.110 | XV |
| B.15 | Position 13.1.120 | XVI |
| B.16 | Position 13.1.130 | XVII |
| B.17 | Position 13.1.140 | XVII |
| B.18 | Position 13.1.150 | XVII |
| B.19 | Position 13.1.160 | XVIII |
| B.20 | Position 13.1.170 | XVIII |
| B.21 | Position 13.1.180 | XVIII |
| B.22 | Position 13.1.190 | XIX |
| B.23 | Position 13.1.200 | XIX |
| B.24 | Stammdaten Material | XIX |
| B.25 | Stammdaten Schalung und Rüstung | XX |
| B.26 | Stammdaten Gerät | XX |
| B.27 | Mittellohnberechnung | XXI |

C. Glossar

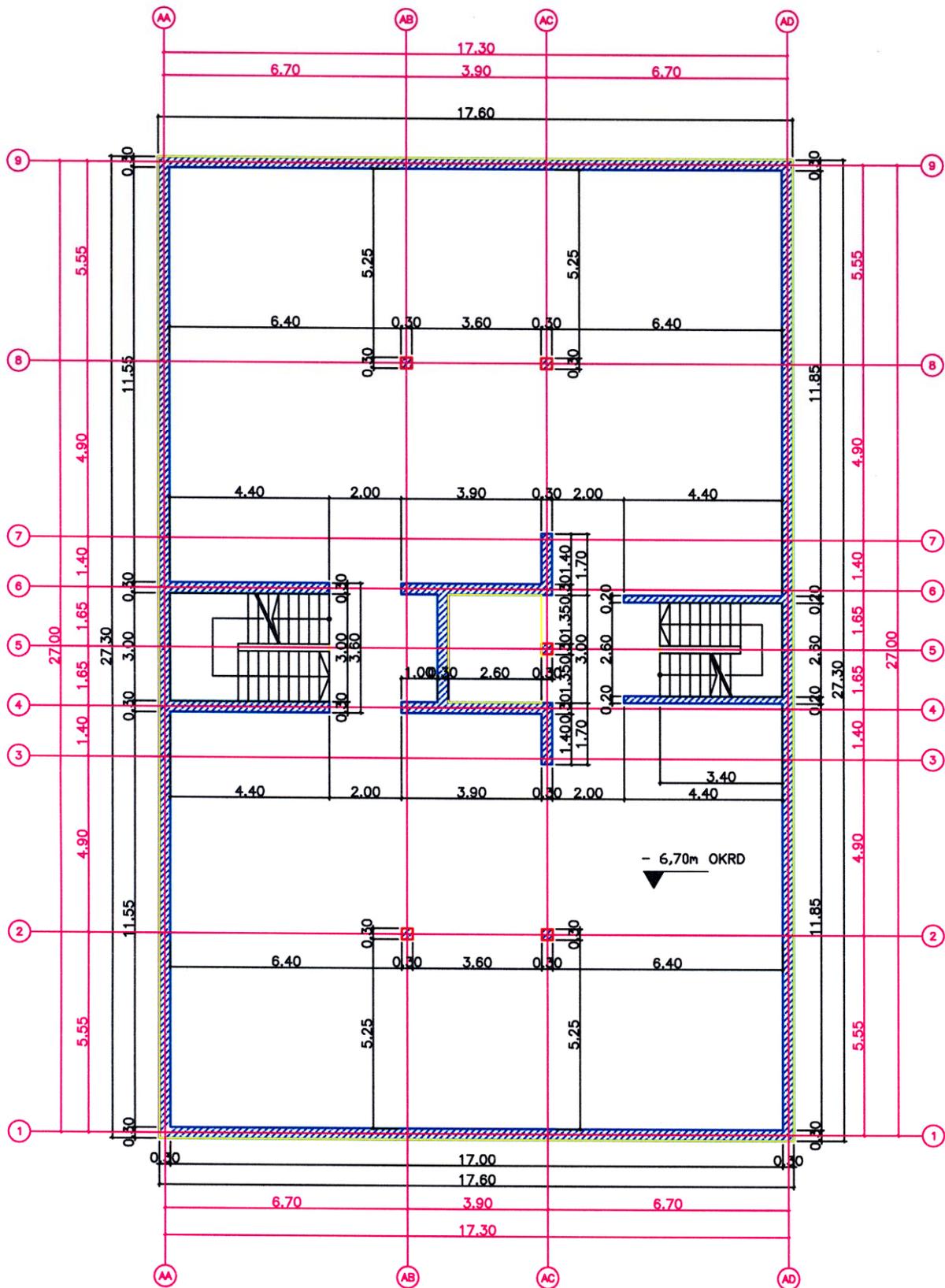
XXII

A. Planunterlagen

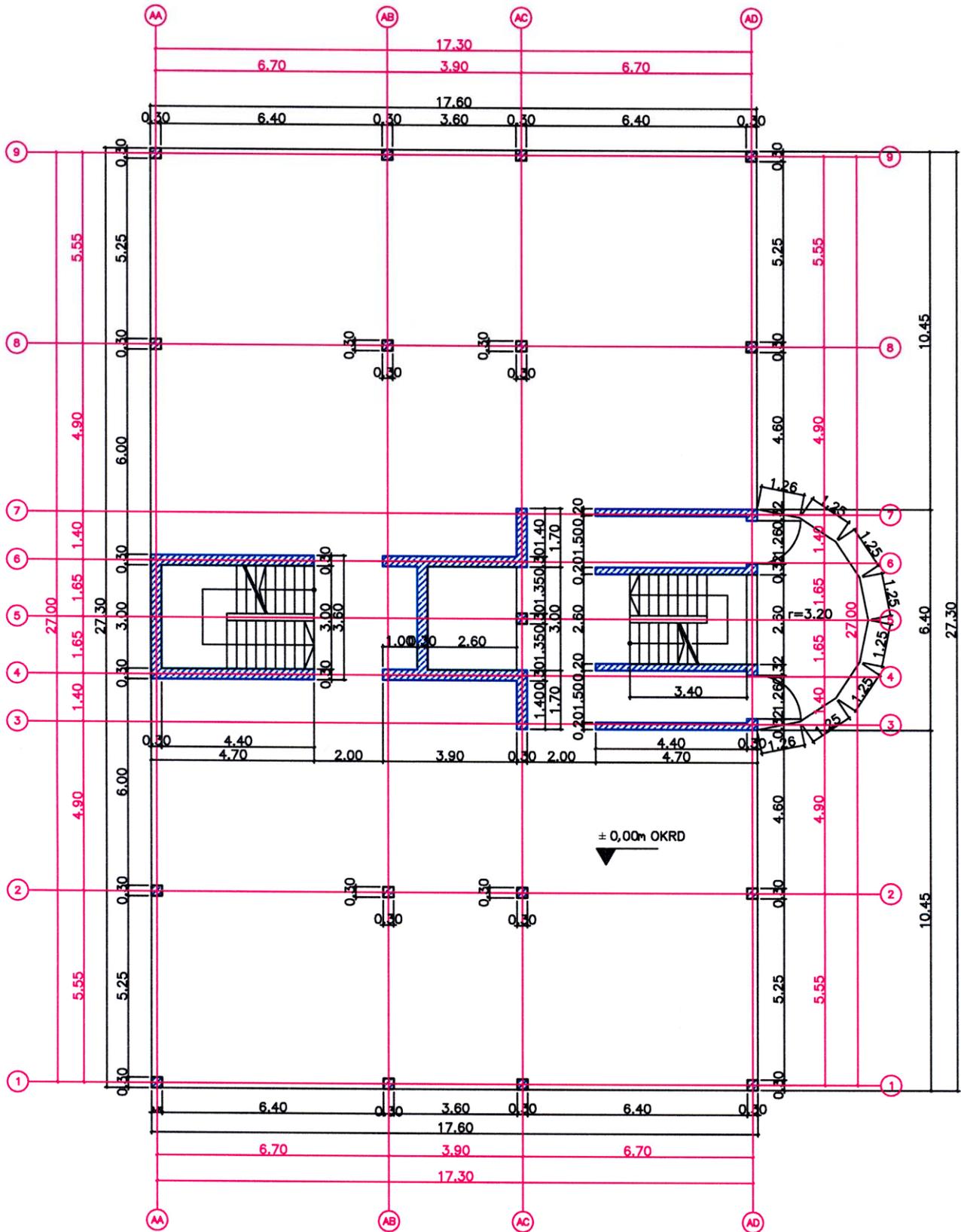
A.1 Übersichtsplan Gebäude A, B und C mit Tiefgarage



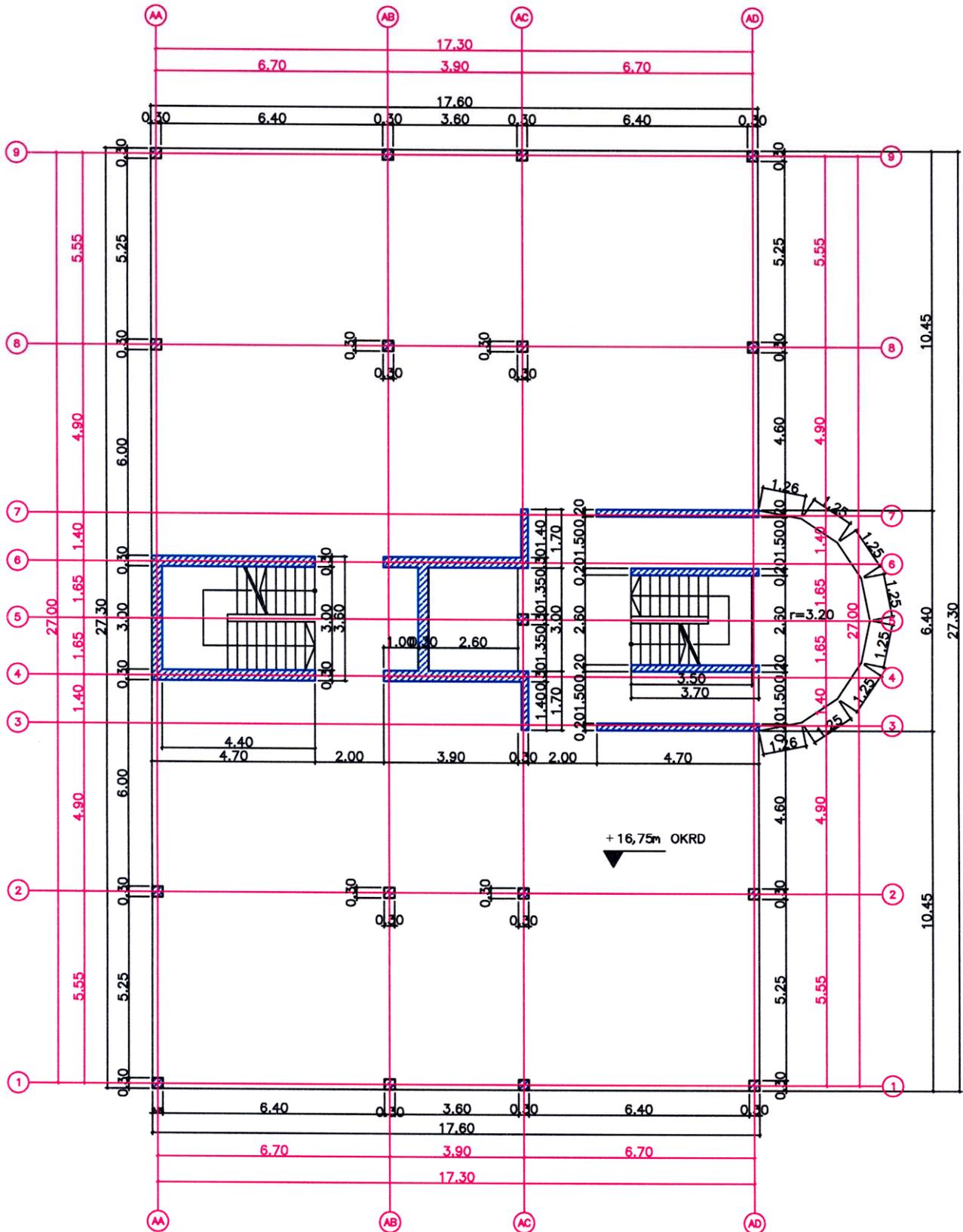
A.2 UG Grundriss der Einzelgebäude, Gebäude A, B und C



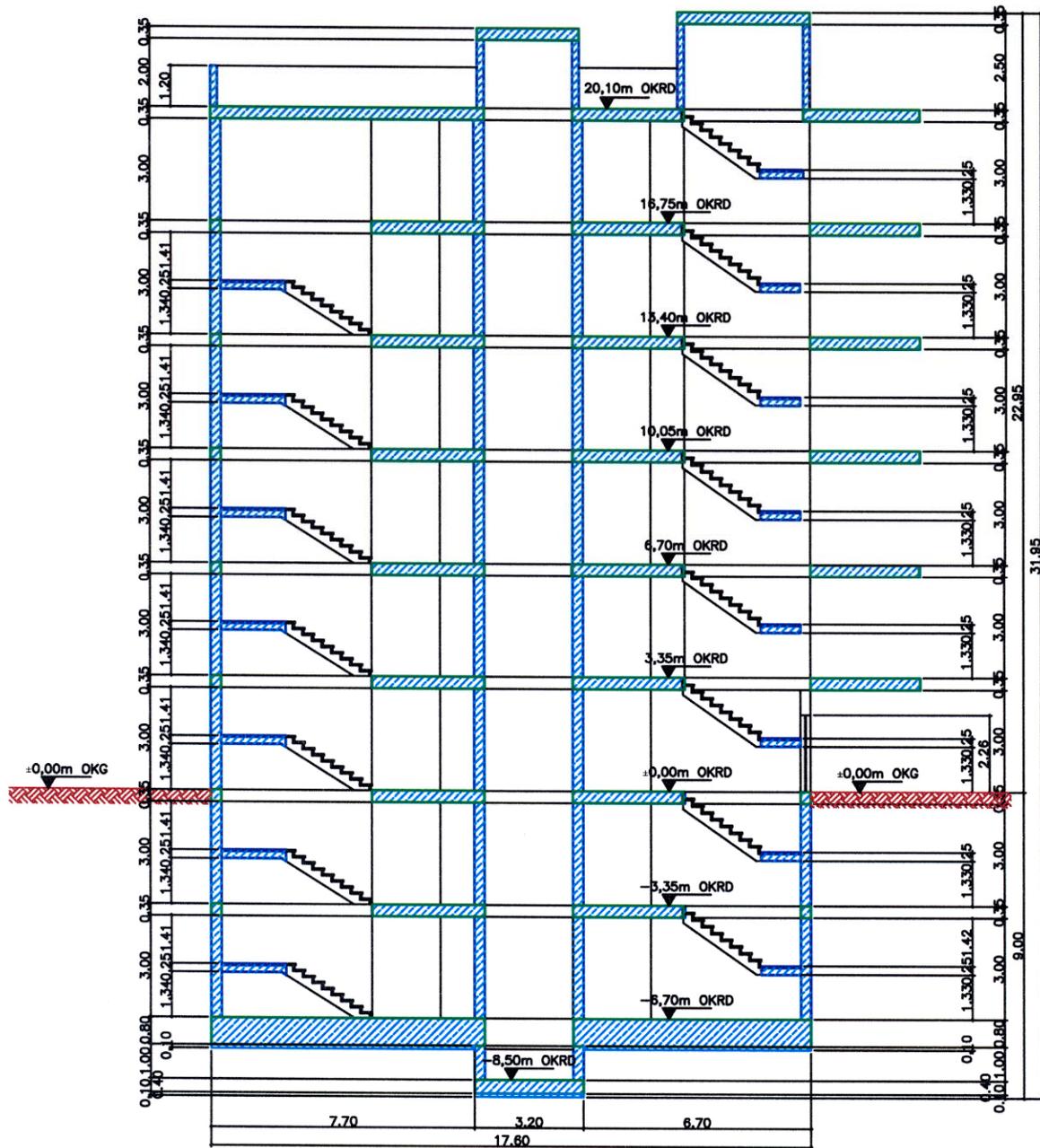
A.3 EG Grundriss der Einzelgebäude, Gebäude A, B und C



A.4 OG 1 Grundriss der Einzelgebäude, Gebäude A, B und C



A.5 Schnitt A-A: Einzelgebäude



A.7 Kennzahlen

Berechnung des Bruttorauminhalts für Gebäude A bis C und Tiefgarage

Gebäude A

| | Länge | Breite | Grundfläche | Höhe | BRI | |
|------------------------|-------|--------|-------------|------|-------------------|-------------------|
| Dach Treppe | | | 11,697 | 2,85 | 33,336 | |
| Dach Überfahrt | | | 10,200 | 2,35 | 23,970 | 57,306 |
| 5. OG | | | 496,223 | 3,35 | 1.662,347 | |
| 4. OG | | | 496,223 | 3,35 | 1.662,347 | |
| 3. OG | | | 496,223 | 3,35 | 1.662,347 | |
| 2. OG | | | 496,223 | 3,35 | 1.662,347 | |
| 1. OG | | | 496,223 | 3,35 | 1.662,347 | |
| EG Decke | | | 496,223 | 0,35 | 173,678 | |
| EG Geschoss | | | 480,480 | 3,00 | 1.441,440 | 1.615,118 |
| 1. UG | | | 480,480 | 3,35 | 1.609,608 | |
| 2. UG | | | 480,480 | 3,35 | 1.609,608 | |
| Bodenplatte | | | 480,480 | 0,80 | 384,384 | |
| Unterfahrt | 3,60 | 3,20 | 11,520 | 1,40 | 16,128 | 2.010,120 |
| Summe Gebäude A | | | | | 13.603,885 | 13.604,000 |

Summe Gebäude

A bis C **40.812,000**

Tiefgarage

| | Länge | Breite | Grundfläche | Höhe | BRI | |
|---|-------|--------|-------------|------|------------------|-------------------|
| Decke | 37,40 | 32,10 | 1.200,540 | 0,35 | 420,189 | |
| Geschoss | 37,40 | 32,10 | 1.200,540 | 2,50 | 3.001,350 | |
| Bodenplatte | 37,40 | 32,10 | 1.200,540 | 0,50 | 600,270 | |
| | | | | 3,35 | | |
| BRI Tiefgarage | | | | | 4.021,809 | 4.022,000 |
| Gesamtsumme Gebäude A bis C und Tiefgarage | | | | | | 44.834,000 |

B. Kalkulation

B.1 Gerätebaustein Bagger zu Position 2.40

| Name Gerätegruppe | | Miete_BAGGER | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------|-------------------------|--------------|------|-------------------|-----------|---------------------------|----------------|-----------|----------------|--------------------|----------------|----------------|----------------|---------|----------------|---------|-------|---------|----|----------|--|
| % BGL A+V | | 100% | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| % BGL R | | 100% | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Spez. Verbrauch | | 0,24 l/kWh | | je Stunde | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Zuschlag | | 10% | | für Schmierstoffe | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| BGL-Nr. | Gerät | Menge | ME | Gewicht | | Abschreibung + Verzinsung | | Reparatur | | Verschleiß | Diesel | Elektro | Auf- und Abbau | | An- und Abfuhr | | | | | | |
| | (m, kW, kVA) | | | Einheit | Gesamt | 100% BGL | Wert Zeile 7 * | 100% BGL | Wert Zeile 9 * | Monatlicher Ansatz | Inst. Leistung | Inst. Leistung | Lohn | Stoffe | 50km | 100km | 200km | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 = 3 * 5 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15=3*14 | 16 | 17=3*16 | 18 | 19 | 20 | | |
| D.1.00.0230 | Bagger 216kW | 1 | Stck | 42,300 | 42,300 | 6.900,00 | 6.900,00 | 5.450,00 | 5.450,00 | 0,00 | 216 | 0 | | | | | | 1000,00 | | | |
| D.1.00.0°AA | LC-Laufwerk | 1 | Stck | 1,000 | 1,000 | 126,00 | 126,00 | 100,00 | 100,00 | 0,00 | | 0 | | | | | | | | | |
| D.1.40.0230 | Monoblockausleger | 1 | Stck | 4,700 | 4,700 | 875,00 | 875,00 | 690,00 | 690,00 | 0,00 | | 0 | | | | | | | | | |
| D.1.43.0230 | Stiel mit Hydrozylinder | 1 | Stck | 2,700 | 2,700 | 433,00 | 433,00 | 342,00 | 342,00 | 0,00 | | 0 | | | | | | | | | |
| D.1.60.2700 | Tiefloffel 2,70m³ | 1 | Stck | 2,060 | 2,060 | 298,00 | 298,00 | 236,00 | 236,00 | 0,00 | | 0 | | | | | | | | | |
| | BAGGER | 1 | Stck | | 52,760 | | 8.632,00 | | 6.818,00 | 0,00 | 216 | 0 | | 0,00 | | 0,00 | | | | 1.000,00 | |

B.2 Gerätebaustein LKW zu Position 2.50

| Name Gerätegruppe | | Miete_LKW | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------|--------------------|------------|------|-------------------|-----------|---------------------------|----------------|-----------|----------------|--------------------|----------------|----------------|----------------|---------|----------------|---------|-------|----|----|------|--|
| % BGL A+V | | 100% | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| % BGL R | | 100% | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Spez. Verbrauch | | 0,24 l/kWh | | je Stunde | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Zuschlag | | 10% | | für Schmierstoffe | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| BGL-Nr. | Gerät | Menge | ME | Gewicht | | Abschreibung + Verzinsung | | Reparatur | | Verschleiß | Diesel | Elektro | Auf- und Abbau | | An- und Abfuhr | | | | | | |
| | (m, kW, kVA) | | | Einheit | Gesamt | 100% BGL | Wert Zeile 7 * | 100% BGL | Wert Zeile 9 * | Monatlicher Ansatz | Inst. Leistung | Inst. Leistung | Lohn | Stoffe | 50km | 100km | 200km | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 = 3 * 5 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15=3*14 | 16 | 17=3*16 | 18 | 19 | 20 | | |
| P.2.02.0350 | LKW 8x4 35t | 1 | Stck | 9,500 | 9,500 | 4.150,00 | 4.150,00 | 3.650,00 | 3.650,00 | 0,00 | 270 | 0 | | | | | | | | | |
| P.2.**.0°.AF | 3-Seitenkippeintr. | 1 | Stck | 2,850 | 2,850 | 622,50 | 622,50 | 547,50 | 547,50 | 0,00 | | 0 | | | | | | | | | |
| | AUSHUB-LKW | 1 | Stck | | 12,350 | | 4.772,50 | | 4.197,50 | 0,00 | 270 | 0 | | 0,00 | | 0,00 | | | | 0,00 | |

B.3 Kalkulationsbaustein LKW zu Position 2.50

| Pos.-Nr. | Menge | ME | Kurztext | Stunden | Geräte | Stoffe | NU | Lohn | EP | GP |
|---------------------------|---------------------|-----------|--|----------------|---------------|---------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 2.50 | 15.700,000 m³ | | Aushub Baugrube | 0,053 | 2,49 | 4,71 | 0,00 | 2,00 | 10,43 | 163.727,56 |
| Schlüssel | Menge | ME | Kurztext | Stunden | Geräte | Stoffe | NU | Lohn | €/ME | EKT |
| TRANS-LKW | 1,000 m³ | | Boden BKL 3 bis 5 Transport und Deponie | | | | | | | |
| QA-LKW | 8 A | | Anzahl der Arbeitskräfte | 0,053 | | | | 37,46 | 2,00 | |
| | 21,33 d/Mo | | Arbeitstage je Monat | | | | | | | |
| | 9,00 h/d | | Tägliche Arbeitszeit in Stunden | | | | | | | |
| Miete_LKW | 8,000 Stck | | AUSHUB-LKW | | 71.760,00 | | | | 2,49 | |
| | 0,000 €/Mo | | Verschleiß | | | 0,00 | | | 0,00 | |
| | 60,00 % | | Auslastung der Dieselmotore | | | | | | | |
| DIESEL | 311,04 l/h | | Kosten je Liter Diesel | | | 0,90 | | | 1,87 | |
| SCHMIER | 10,00 % | | Zuschlag für Öl und Schmierstoffe auf Diesel | | | | | | 0,19 | |
| | % | | Auslastung der Elektromotore | | | | | | | |
| | kWh/h | | Stündlicher Verbrauch an Strom | | | 0,00 | | | 0,00 | |
| DEPONIE | 1,90 t | | Deponiekosten Boden | | | 1,40 | | | 2,66 | |
| | €/ME | | Verluste je Einheit | | | 1,40 | | | 0,00 | |
| | €/ME | | Hilfsstoffe je Einheit | | | | | | | |
| | €/ME | | NU-Kosten je Einheit | | | | | | | |
| Umrechnung in €/ME | 150,000 ME/h | | Dauerleistung je Stunde | 0,053 | 2,49 | 4,71 | 0,00 | 2,00 | 9,20 | 9,20 |

B.4 Position 13.1.10

| Pos.-Nr. | Menge | ME | Kurztext | Stunden | Geräte | Stoffe | NU | Lohn | EP | GP |
|------------------|--------------|-----------|---|----------------|---------------|---------------|-------------|--------------|--------------|-------------|
| 13.1.10 | 500,000 m² | | Sauberkeitsschicht B 10, d = 10cm, herstellen | 0,080 | 0,00 | 5,25 | 0,00 | 2,40 | 8,67 | 4.335,00 |
| Schlüssel | Menge | ME | Kurztext | Stunden | Geräte | Stoffe | NU | Lohn | €/ME | EKT |
| SK-BET-Kübel | 0,100 m³ | | Betonieren | | | | | | | |
| | 4 A | | Mannschaftsstärke Q _{opt} | | | | | 30,00 | | |
| SuB | 0,800 Ah/ME | | Lohnstunden je Einheit | 0,800 | | | | | 24,00 | |
| | €/Mo | | Mietkosten je Monat | | | | | | 0,00 | |
| | €/ME | | Hilfsstoffe | | | | | | 0,00 | |
| | €/ME | | Betriebskosten je Einheit | | | | | | 0,00 | |
| C15-20 | 1,000 m³ | | Stoffkosten je Einheit | | | 50,00 | | | 50,00 | |
| | 0,050 m³ | | Verluste je Einheit | | | 50,00 | | | 2,50 | |
| | €/ME | | NU-Kosten je Einheit | | | | | | 0,00 | |
| | 1/Mo | | Einsatzzahl E | 0,800 | 0,00 | 52,50 | 0,00 | 24,00 | 76,50 | 7,65 |

B.5 Position 13.1.20

| Pos.-Nr. | Menge | ME | Kurztext | Stunden | Geräte | Stoffe | NU | Lohn | EP | GP |
|------------------|---------|--------------------|--|---------|--------|--------|------|-------|--------|-----------|
| 13.1.20 | 400,000 | m ³ | Bodenplatte d = 0,50m bis 0,80m schalen und betonieren | 0,488 | 0,57 | 68,40 | 8,32 | 14,65 | 104,19 | 41.676,00 |
| Schlüssel | Menge | ME | Kurztext | Stunden | Geräte | Stoffe | NU | Lohn | €/ME | EKT |
| BP-SCHAL-100-EIN | 0,180 | m ² | Einschalen Rand | | | | | | | |
| | 2 | A | Mannschaftsstärke Q _{opt} | | | | | 30,00 | | |
| SuB | 0,750 | Ah/ME | Lohnstunden je Einheit | 0,750 | | | | | 22,50 | |
| SCH-BP | 1,15 | m ² VHM | Mietkosten je Monat | | 12,00 | | | | 3,19 | |
| S-VERB | 1,00 | m ² | Verbrauchsstoffe | | | 0,50 | | | 0,50 | |
| S-BRETT | 0,05 | m ² | Schalbretter | | | 7,00 | | | 0,35 | |
| | | €/ME | Betriebskosten je Einheit | | | | | | 0,00 | |
| | | €/ME | Stoffkosten je Einheit | | | | | | 0,00 | |
| | | €/ME | Verluste je Einheit | | | | | | 0,00 | |
| | | €/ME | NU-Kosten je Einheit | | | | | | 0,00 | |
| | 4,33 | 1/Mo | Einsatzzahl E | 0,750 | 3,19 | 0,85 | 0,00 | 22,50 | 26,54 | 4,78 |
| Schlüssel | Menge | ME | Kurztext | Stunden | Geräte | Stoffe | NU | Lohn | €/ME | EKT |
| BP-SCHAL-100-AUS | 0,180 | m ² | Ausschalen Rand | | | | | | | |
| | 2 | A | Mannschaftsstärke Q _{opt} | | | | | 30,00 | | |
| SuB | 0,170 | Ah/ME | Lohnstunden je Einheit | 0,170 | | | | | 5,10 | |
| | | €/Mo | Mietkosten je Monat | | | | | | 0,00 | |
| | | €/ME | Hilfsstoffe | | | | | | 0,00 | |
| | | €/ME | Betriebskosten je Einheit | | | | | | 0,00 | |
| | | €/ME | Stoffkosten je Einheit | | | | | | 0,00 | |
| | | €/ME | Verluste je Einheit | | | | | | 0,00 | |
| | | €/ME | NU-Kosten je Einheit | | | | | | 0,00 | |
| | | 1/Mo | Einsatzzahl E | 0,170 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 5,10 | 5,10 | 0,92 |
| Schlüssel | Menge | ME | Kurztext | Stunden | Geräte | Stoffe | NU | Lohn | €/ME | EKT |
| BP-BET-Pump30m3 | 0,990 | m ³ | Betonieren | | | | | | | |
| | 8 | A | Mannschaftsstärke Q _{opt} | | | | | 30,00 | | |
| SuB | 0,320 | Ah/ME | Lohnstunden je Einheit | 0,320 | | | | | 9,60 | |
| | | €/Mo | Mietkosten je Monat | | | | | | 0,00 | |
| | | €/ME | Hilfsstoffe | | | | | | 0,00 | |
| | | €/ME | Betriebskosten je Einheit | | | | | | 0,00 | |
| C25-30 | 1,00 | m ³ | Ortbeton C25/30 | | | 65,00 | | | 65,00 | |
| | 0,05 | m ³ | Verluste je Einheit | | | 65,00 | | | 3,25 | |
| BETPUMP | 1,05 | m ³ | Betonpumpe | | | | 8,00 | | 8,40 | |
| | | 1/Mo | Einsatzzahl E | 0,320 | 0,00 | 68,25 | 8,40 | 9,60 | 86,25 | 85,39 |
| Schlüssel | Menge | ME | Kurztext | Stunden | Geräte | Stoffe | NU | Lohn | €/ME | EKT |
| BP-BET-Kübel | 0,010 | m ³ | Betonieren | | | | | | | |
| | 3 | A | Mannschaftsstärke Q _{opt} | | | | | 30,00 | | |
| SuB | 0,600 | Ah/ME | Lohnstunden je Einheit | 0,600 | | | | | 18,00 | |
| | | €/Mo | Mietkosten je Monat | | | | | | 0,00 | |
| | | €/ME | Hilfsstoffe | | | | | | 0,00 | |
| | | €/ME | Betriebskosten je Einheit | | | | | | 0,00 | |
| C25-30 | 1,00 | m ³ | Ortbeton C25/30 | | | 65,00 | | | 65,00 | |
| | 0,05 | m ³ | Verluste je Einheit | | | 65,00 | | | 3,25 | |
| | | €/ME | NU-Kosten je Einheit | | | | | | 0,00 | |
| | | 1/Mo | Einsatzzahl E | 0,600 | 0,00 | 68,25 | 0,00 | 18,00 | 86,25 | 0,86 |

B.6 Position 13.1.30

| Pos.-Nr. | Menge | ME | Kurztext | Stunden | Geräte | Stoffe | NU | Lohn | EP | GP |
|-----------|--------|----------------|--|---------|--------|--------|------|-------|--------|----------|
| 13.1.30 | 30,000 | m ³ | Stützen 0,30m x 0,30m betonieren, h = 3,00-3,50m | 1,500 | 0,00 | 68,25 | 0,00 | 45,00 | 128,33 | 3.849,90 |
| Schlüssel | Menge | ME | Kurztext | Stunden | Geräte | Stoffe | NU | Lohn | €/ME | EKT |
| S-BET-350 | 1,000 | m ³ | Betonieren | | | | | | | |
| | 2 | A | Mannschaftsstärke Q _{opt} | | | | | 30,00 | | |
| SuB | 1,500 | Ah/ME | Lohnstunden je Einheit | 1,500 | | | | | 45,00 | |
| | | €/Mo | Mietkosten je Monat | | | | | | 0,00 | |
| | | €/ME | Hilfsstoffe | | | | | | 0,00 | |
| | | €/ME | Betriebskosten je Einheit | | | | | | 0,00 | |
| C25-30 | 1,00 | m ³ | C25-30 | | | 65,00 | | | 65,00 | |
| | 0,05 | m ³ | Verluste je Einheit | | | 65,00 | | | 3,25 | |
| | | €/ME | NU-Kosten je Einheit | | | | | | 0,00 | |
| | | 1/Mo | Einsatzzahl E | 1,500 | 0,00 | 68,25 | 0,00 | 45,00 | 113,25 | 113,25 |

B.7 Position 13.1.40

| Pos.-Nr. | Menge | ME | Kurztext | Stunden | Geräte | Stoffe | NU | Lohn | EP | GP |
|-----------------|---------|--------------------|--|---------|--------|--------|------|-------|-------|-----------|
| 13.1.40 | 400,000 | m ² | Stützen 0,30m x 0,30m schalen, h = 3,00-3,50m | 0,800 | 4,16 | 0,50 | 0,00 | 24,00 | 32,48 | 12.992,00 |
| Schlüssel | Menge | ME | Kurztext | Stunden | Geräte | Stoffe | NU | Lohn | €/ME | EKT |
| S-SCHAL-350-EIN | 1,000 | m ² | Einschalen | | | | | | | |
| | 2 | A | Mannschaftsstärke Q _{opt} | | | | | 30,00 | | |
| SuB | 0,650 | Ah/ME | Lohnstunden je Einheit | 0,650 | | | | | 19,50 | |
| SCH-ST | 1,00 | m ² VHM | Mietkosten je Monat | | 80,00 | | | | 4,16 | |
| S-VERB | 1,00 | ME | Hilfsstoffe | | | 0,50 | | | 0,50 | |
| | | €/ME | Betriebskosten je Einheit | | | | | | 0,00 | |
| | | €/ME | Stoffkosten je Einheit | | | | | | 0,00 | |
| | | €/ME | Verluste je Einheit | | | | | | 0,00 | |
| | | €/ME | NU-Kosten je Einheit | | | | | | 0,00 | |
| | 19,21 | 1/Mo | Einsatzzahl E | 0,650 | 4,16 | 0,50 | 0,00 | 19,50 | 24,16 | 24,16 |
| Schlüssel | Menge | ME | Kurztext | Stunden | Geräte | Stoffe | NU | Lohn | €/ME | EKT |
| S-SCHAL-350-AUS | 1,000 | m ² | Ausschalen | | | | | | | |
| | 2 | A | Mannschaftsstärke Q _{opt} | | | | | 30,00 | | |
| SuB | 0,150 | Ah/ME | Lohnstunden je Einheit | 0,150 | | | | | 4,50 | |
| | | €/Mo | Mietkosten je Monat | | | | | | 0,00 | |
| | | €/ME | Hilfsstoffe | | | | | | 0,00 | |
| | | €/ME | Betriebskosten je Einheit | | | | | | 0,00 | |
| | | €/ME | Stoffkosten je Einheit | | | | | | 0,00 | |
| | | €/ME | Verluste je Einheit | | | | | | 0,00 | |
| | | €/ME | NU-Kosten je Einheit | | | | | | 0,00 | |
| | | 1/Mo | Einsatzzahl E | 0,150 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 4,50 | 4,50 | 4,50 |

B.8 Position 13.1.50

| Pos.-Nr. | Menge | ME | Kurztext | Stunden | Geräte | Stoffe | NU | Lohn | EP | GP |
|------------------|---------|----------------|------------------------------------|---------|--------|--------|------|-------|--------|-----------|
| 13.1.50 | 110,000 | m ³ | Wände d = 0,20m betonieren | 1,200 | 0,00 | 68,25 | 0,00 | 36,00 | 118,13 | 12.994,30 |
| Schlüssel | Menge | ME | Kurztext | Stunden | Geräte | Stoffe | NU | Lohn | €/ME | EKT |
| W-BET-350-D20-Q3 | 1,000 | m ³ | Betonieren | | | | | | | |
| | 3 | A | Mannschaftsstärke Q _{opt} | | | | | 30,00 | | |
| SuB | 1,200 | Ah/ME | Lohnstunden je Einheit | 1,200 | | | | | 36,00 | |
| | | €/Mo | Mietkosten je Monat | | | | | | 0,00 | |
| | | €/ME | Hilfsstoffe | | | | | | 0,00 | |
| | | €/ME | Betriebskosten je Einheit | | | | | | 0,00 | |
| C25-30 | 1,00 | m ³ | Stoffkosten je Einheit | | | 65,00 | | | 65,00 | |
| | 0,05 | m ³ | Verluste je Einheit | | | 65,00 | | | 3,25 | |
| | | €/ME | NU-Kosten je Einheit | | | | | | 0,00 | |
| | | 1/Mo | Einsatzzahl E | 1,200 | 0,00 | 68,25 | 0,00 | 36,00 | 104,25 | 104,25 |

B.9 Position 13.1.60

| Pos.-Nr. | Menge | ME | Kurztext | Stunden | Geräte | Stoffe | NU | Lohn | EP | GP |
|--------------------|-----------|--------------------|------------------------------------|---------|--------|--------|------|-------|-------|-----------|
| 13.1.60 | 1.100,000 | m ² | Wände d = 0,20m schalen | 0,420 | 3,32 | 0,85 | 0,00 | 12,60 | 19,00 | 20.900,00 |
| Schlüssel | Menge | ME | Kurztext | Stunden | Geräte | Stoffe | NU | Lohn | €/ME | EKT |
| W-SCHAL-350-EIN-Q3 | 1,000 | m ² | Einschalen | | | | | | | |
| | 3 | A | Mannschaftsstärke Q _{opt} | | | | | 30,00 | | |
| SuB | 0,290 | Ah/ME | Lohnstunden je Einheit | 0,290 | | | | | 8,70 | |
| SCH-W | 1,20 | m ² VHM | Schalung Wand | | 18,00 | | | | 3,32 | |
| S-VERB | 1,00 | m ² | Verbrauchsstoffe | | | 0,50 | | | 0,50 | |
| S-BRETT | 0,05 | m ² | Schalbretter | | | 7,00 | | | 0,35 | |
| | | €/ME | Betriebskosten je Einheit | | | | | | 0,00 | |
| | | €/ME | Stoffkosten je Einheit | | | | | | 0,00 | |
| | | €/ME | Verluste je Einheit | | | | | | 0,00 | |
| | | €/ME | NU-Kosten je Einheit | | | | | | 0,00 | |
| | 6,50 | 1/Mo | Einsatzzahl E | 0,290 | 3,32 | 0,85 | 0,00 | 8,70 | 12,87 | 12,87 |
| Schlüssel | Menge | ME | Kurztext | Stunden | Geräte | Stoffe | NU | Lohn | €/ME | EKT |
| W-SCHAL-350-AUS-Q3 | 1,000 | m ² | Ausschalen | | | | | | | |
| | 3 | A | Mannschaftsstärke Q _{opt} | | | | | 30,00 | | |
| SuB | 0,130 | Ah/ME | Lohnstunden je Einheit | 0,130 | | | | | 3,90 | |
| | | €/Mo | Mietkosten je Monat | | | | | | 0,00 | |
| | | €/ME | Hilfsstoffe | | | | | | 0,00 | |
| | | €/ME | Betriebskosten je Einheit | | | | | | 0,00 | |
| | | €/ME | Stoffkosten je Einheit | | | | | | 0,00 | |
| | | €/ME | Verluste je Einheit | | | | | | 0,00 | |
| | | €/ME | NU-Kosten je Einheit | | | | | | 0,00 | |
| | | 1/Mo | Einsatzzahl E | 0,130 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 3,90 | 3,90 | 3,90 |

B.10 Position 13.1.70

| Pos.-Nr. | Menge | ME | Kurztext | Stunden | Geräte | Stoffe | NU | Lohn | EP | GP |
|-------------------|-------|----------------|------------------------------------|---------|--------|--------|------|-------|-------|--------|
| 13.1.70 | 2,000 | St | Türausparung DG | 1,600 | 0,00 | 5,30 | 0,00 | 48,00 | 60,40 | 120,80 |
| Schlüssel | Menge | ME | Kurztext | Stunden | Geräte | Stoffe | NU | Lohn | €/ME | EKT |
| W-AUS-TÜR-D20-EIN | 1,000 | Stck | Montage Aussparung | | | | | 30,00 | | |
| | 2 | A | Mannschaftsstärke Q _{opt} | | | | | | | |
| SuB | 1,400 | Ah/ME | Lohnstunden je Einheit | 1,400 | | | | | 42,00 | |
| | | €/Mo | Mietkosten je Monat | | | | | | 0,00 | |
| A-WAND | 1,06 | m ² | Hilfsstoffe | | | 5,00 | | | 5,30 | |
| | | €/ME | Betriebskosten je Einheit | | | | | | 0,00 | |
| | | €/ME | Stoffkosten je Einheit | | | | | | 0,00 | |
| | | €/ME | Verluste je Einheit | | | | | | 0,00 | |
| | | €/ME | NU-Kosten je Einheit | | | | | | 0,00 | |
| | | 1/Mo | Einsatzzahl E | 1,400 | 0,00 | 5,30 | 0,00 | 42,00 | 47,30 | 47,30 |
| Schlüssel | Menge | ME | Kurztext | Stunden | Geräte | Stoffe | NU | Lohn | €/ME | EKT |
| W-AUS-TÜR-D20-AUS | 1,000 | Stck | Ausschalen Aussparung | | | | | 30,00 | | |
| | 1 | A | Mannschaftsstärke Q _{opt} | | | | | | | |
| SuB | 0,200 | Ah/ME | Lohnstunden je Einheit | 0,200 | | | | | 6,00 | |
| | | €/Mo | Mietkosten je Monat | | | | | | 0,00 | |
| | | €/ME | Hilfsstoffe | | | | | | 0,00 | |
| | | €/ME | Betriebskosten je Einheit | | | | | | 0,00 | |
| | | €/ME | Stoffkosten je Einheit | | | | | | 0,00 | |
| | | €/ME | Verluste je Einheit | | | | | | 0,00 | |
| | | €/ME | NU-Kosten je Einheit | | | | | | 0,00 | |
| | | 1/Mo | Einsatzzahl E | 0,200 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 6,00 | 6,00 | 6,00 |

B.11 Position 13.1.80

| Pos.-Nr. | Menge | ME | Kurztext | Stunden | Geräte | Stoffe | NU | Lohn | EP | GP |
|------------------|---------|----------------|------------------------------------|---------|--------|--------|------|-------|--------|-----------|
| 13.1.80 | 350,000 | m ³ | Wände d = 0,30m betonieren | 0,950 | 0,00 | 68,25 | 0,00 | 28,50 | 109,63 | 38.370,50 |
| Schlüssel | Menge | ME | Kurztext | Stunden | Geräte | Stoffe | NU | Lohn | €/ME | EKT |
| W-BET-350-D30-Q3 | 1,000 | m ³ | Betonieren | | | | | 30,00 | | |
| | 3 | A | Mannschaftsstärke Q _{opt} | | | | | | | |
| SuB | 0,950 | Ah/ME | Lohnstunden je Einheit | 0,950 | | | | | 28,50 | |
| | | €/Mo | Mietkosten je Monat | | | | | | 0,00 | |
| | | €/ME | Hilfsstoffe | | | | | | 0,00 | |
| | | €/ME | Betriebskosten je Einheit | | | | | | 0,00 | |
| C25-30 | 1,00 | m ³ | Ortbeton C25/30 | | | 65,00 | | | 65,00 | |
| | 0,05 | m ³ | Verluste je Einheit | | | 65,00 | | | 3,25 | |
| | | €/ME | NU-Kosten je Einheit | | | | | | 0,00 | |
| | | 1/Mo | Einsatzzahl E | 0,950 | 0,00 | 68,25 | 0,00 | 28,50 | 96,75 | 96,75 |

B.12 Position 13.1.90

| Pos.-Nr. | Menge | ME | Kurztext | Stunden | Geräte | Stoffe | NU | Lohn | EP | GP |
|--------------------|-----------|--------------------|------------------------------------|---------|--------|--------|------|-------|-------|-----------|
| 13.1.90 | 2.300,000 | m ² | Wände d = 0,30m schalen | 0,400 | 3,60 | 0,85 | 0,00 | 12,00 | 18,64 | 42.872,00 |
| Schlüssel | Menge | ME | Kurztext | Stunden | Geräte | Stoffe | NU | Lohn | €/ME | EKT |
| W-SCHAL-350-EIN-Q4 | 1,000 | m ² | Einschalen | | | | | 30,00 | | |
| | 4 | A | Mannschaftsstärke Q _{opt} | | | | | | | |
| SuB | 0,280 | Ah/ME | Lohnstunden je Einheit | 0,280 | | | | | 8,40 | |
| SCH-W | 1,30 | m ² VHM | Mietkosten je Monat | | 18,00 | | | | 3,60 | |
| S-VERB | 1,00 | ME | Hilfsstoffe | | | 0,50 | | | 0,50 | |
| S-BRETT | 0,05 | m ² | Hilfsstoffe | | | 7,00 | | | 0,35 | |
| | | €/ME | Betriebskosten je Einheit | | | | | | 0,00 | |
| | | €/ME | Stoffkosten je Einheit | | | | | | 0,00 | |
| | | €/ME | Verluste je Einheit | | | | | | 0,00 | |
| | | €/ME | NU-Kosten je Einheit | | | | | | 0,00 | |
| | 6,50 | 1/Mo | Einsatzzahl E | 0,280 | 3,60 | 0,85 | 0,00 | 8,40 | 12,85 | 12,85 |
| Schlüssel | Menge | ME | Kurztext | Stunden | Geräte | Stoffe | NU | Lohn | €/ME | EKT |
| W-SCHAL-350-AUS-Q4 | 1,000 | m ² | Ausschalen | | | | | 30,00 | | |
| | 4 | A | Mannschaftsstärke Q _{opt} | | | | | | | |
| SuB | 0,120 | Ah/ME | Lohnstunden je Einheit | 0,120 | | | | | 3,60 | |
| | | €/Mo | Mietkosten je Monat | | | | | | 0,00 | |
| | | €/ME | Hilfsstoffe | | | | | | 0,00 | |
| | | €/ME | Betriebskosten je Einheit | | | | | | 0,00 | |
| | | €/ME | Stoffkosten je Einheit | | | | | | 0,00 | |
| | | €/ME | Verluste je Einheit | | | | | | 0,00 | |
| | | €/ME | NU-Kosten je Einheit | | | | | | 0,00 | |
| | | 1/Mo | Einsatzzahl E | 0,120 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 3,60 | 3,60 | 3,60 |

B.13 Position 13.1.100

| Pos.-Nr. | Menge | ME | Kurztext | Stunden | Geräte | Stoffe | NU | Lohn | EP | GP |
|----------------|-----------|-------|---|---------|--------|--------|------|-------|-------|------------|
| 13.1.100 | 1.350,000 | m³ | Decken d= 0,35m, h= 3,00 bis 3,50m betonieren | 0,323 | 0,00 | 68,25 | 8,32 | 9,68 | 97,74 | 131.949,00 |
| Schlüssel | Menge | ME | Kurztext | Stunden | Geräte | Stoffe | NU | Lohn | €/ME | EKT |
| D-BET-Pump30m3 | 0,990 | m³ | Betonieren | | | | | | | |
| | 8 | A | Mannschaftsstärke Q _{opt} | | | | | 30,00 | | |
| SuB | 0,320 | Ah/ME | Lohnstunden je Einheit | 0,320 | | | | | 9,60 | |
| | | €/Mo | Mietkosten je Monat | | | | | | 0,00 | |
| | | €/ME | Hilfsstoffe | | | | | | 0,00 | |
| | | €/ME | Betriebskosten je Einheit | | | | | | 0,00 | |
| C25-30 | 1,00 | m³ | Stoffkosten je Einheit | | | 65,00 | | | 65,00 | |
| | 0,05 | m³ | Verluste je Einheit | | | 65,00 | | | 3,25 | |
| BETPUMP | 1,05 | m³ | NU-Kosten je Einheit | | | | 8,00 | | 8,40 | |
| | | 1/Mo | Einsatzzahl E | 0,320 | 0,00 | 68,25 | 8,40 | 9,60 | 86,25 | 85,39 |
| Schlüssel | Menge | ME | Kurztext | Stunden | Geräte | Stoffe | NU | Lohn | €/ME | EKT |
| D-BET-Kübel | 0,010 | m³ | Betonieren | | | | | | | |
| | 3 | A | Mannschaftsstärke Q _{opt} | | | | | 30,00 | | |
| SuB | 0,600 | Ah/ME | Lohnstunden je Einheit | 0,600 | | | | | 18,00 | |
| | | €/Mo | Mietkosten je Monat | | | | | | 0,00 | |
| | | €/ME | Hilfsstoffe | | | | | | 0,00 | |
| | | €/ME | Betriebskosten je Einheit | | | | | | 0,00 | |
| C25-30 | 1,00 | m³ | Stoffkosten je Einheit | | | 65,00 | | | 65,00 | |
| | 0,05 | m³ | Verluste je Einheit | | | 65,00 | | | 3,25 | |
| | | €/ME | NU-Kosten je Einheit | | | | | | 0,00 | |
| | | 1/Mo | Einsatzzahl E | 0,600 | 0,00 | 68,25 | 0,00 | 18,00 | 86,25 | 0,86 |

B.14 Position 13.1.110

| Pos.-Nr. | Menge | ME | Kurztext | Stunden | Geräte | Stoffe | NU | Lohn | EP | GP |
|----------------------|--------|-------|--|---------|--------|--------|------|-------|-------|--------|
| 13.1.110 | 14,000 | St | Aussparungen in Decken herstellen und montieren, Einzelgröße 0,50m² bis 1,00m² | 1,150 | 0,00 | 6,30 | 0,00 | 34,50 | 46,23 | 647,22 |
| Schlüssel | Menge | ME | Kurztext | Stunden | Geräte | Stoffe | NU | Lohn | €/ME | EKT |
| D-AUS-0,50-1,00-MONT | 1,000 | Stck | Montage Aussparung | | | | | | | |
| | 1 | A | Mannschaftsstärke Q _{opt} | | | | | 30,00 | | |
| SuB | 0,850 | Ah/ME | Lohnstunden je Einheit | 0,850 | | | | | 25,50 | |
| | | €/Mo | Mietkosten je Monat | | | | | | 0,00 | |
| A-DECK | 1,26 | m² | Hilfsstoffe | | | 5,00 | | | 6,30 | |
| | | €/ME | Betriebskosten je Einheit | | | | | | 0,00 | |
| | | €/ME | Stoffkosten je Einheit | | | | | | 0,00 | |
| | | €/ME | Verluste je Einheit | | | | | | 0,00 | |
| | | €/ME | NU-Kosten je Einheit | | | | | | 0,00 | |
| | | 1/Mo | Einsatzzahl E | 0,850 | 0,00 | 6,30 | 0,00 | 25,50 | 31,80 | 31,80 |
| Schlüssel | Menge | ME | Kurztext | Stunden | Geräte | Stoffe | NU | Lohn | €/ME | EKT |
| D-AUS-0,50-1,00-AUS | 1,000 | Stck | Ausschalen Aussparung | | | | | | | |
| | 1 | A | Mannschaftsstärke Q _{opt} | | | | | 30,00 | | |
| SuB | 0,300 | Ah/ME | Lohnstunden je Einheit | 0,300 | | | | | 9,00 | |
| | | €/Mo | Mietkosten je Monat | | | | | | 0,00 | |
| | | €/ME | Hilfsstoffe | | | | | | 0,00 | |
| | | €/ME | Betriebskosten je Einheit | | | | | | 0,00 | |
| | | €/ME | Stoffkosten je Einheit | | | | | | 0,00 | |
| | | €/ME | Verluste je Einheit | | | | | | 0,00 | |
| | | €/ME | NU-Kosten je Einheit | | | | | | 0,00 | |
| | | 1/Mo | Einsatzzahl E | 0,300 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 9,00 | 9,00 | 9,00 |

B.15 Position 13.1.120

| Pos.-Nr. | Menge | ME | Kurztext | Stunden | Geräte | Stoffe | NU | Lohn | EP | GP |
|-----------------------|-----------|--------------------|---|---------|--------|--------|------|-------|-------|-----------|
| 13.1.120 | 3.650,000 | m ² | Decken d= 0,35m, h= 3,00 bis 3,50m schalen Unterseite | 0,432 | 4,31 | 0,85 | 0,00 | 12,96 | 20,53 | 74.934,50 |
| Schlüssel | Menge | ME | Kurztext | Stunden | Geräte | Stoffe | NU | Lohn | €/ME | EKT |
| D-SCHAL-350-EIN-Modul | 0,900 | m ² | Einschalen Unterseite | | | | | | | |
| | 8 | A | Mannschaftsstärke Q _{opt} | | | | | 30,00 | | |
| SuB | 0,200 | Ah/ME | Lohnstunden je Einheit | 0,200 | | | | | 6,00 | |
| SCH-DU-MOD | 1,30 | m ² VHM | Mietkosten je Monat | | 15,00 | | | | 4,50 | |
| S-VERB | 1,00 | ME | Hilfsstoffe | | | 0,50 | | | 0,50 | |
| | | m ² | Hilfsstoffe | | | | | | 0,00 | |
| | | €/ME | Betriebskosten je Einheit | | | | | | 0,00 | |
| | | €/ME | Stoffkosten je Einheit | | | | | | 0,00 | |
| | | €/ME | Verluste je Einheit | | | | | | 0,00 | |
| | | €/ME | NU-Kosten je Einheit | | | | | | 0,00 | |
| | 4,33 | 1/Mo | Einsatzzahl E | 0,200 | 4,50 | 0,50 | 0,00 | 6,00 | 11,00 | 9,90 |
| Schlüssel | Menge | ME | Kurztext | Stunden | Geräte | Stoffe | NU | Lohn | €/ME | EKT |
| D-SCHAL-350-AUS-Modul | 0,900 | m ² | Ausschalen Unterseite | | | | | | | |
| | 8 | A | Mannschaftsstärke Q _{opt} | | | | | 30,00 | | |
| SuB | 0,130 | Ah/ME | Lohnstunden je Einheit | 0,130 | | | | | 3,90 | |
| | | €/Mo | Mietkosten je Monat | | | | | | 0,00 | |
| | | €/ME | Hilfsstoffe | | | | | | 0,00 | |
| | | €/ME | Betriebskosten je Einheit | | | | | | 0,00 | |
| | | €/ME | Stoffkosten je Einheit | | | | | | 0,00 | |
| | | €/ME | Verluste je Einheit | | | | | | 0,00 | |
| | | €/ME | NU-Kosten je Einheit | | | | | | 0,00 | |
| | | 1/Mo | Einsatzzahl E | 0,130 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 3,90 | 3,90 | 3,51 |
| Schlüssel | Menge | ME | Kurztext | Stunden | Geräte | Stoffe | NU | Lohn | €/ME | EKT |
| D-SCHAL-350-EIN-Pass | 0,100 | m ² | Einschalen Unterseite | | | | | | | |
| | 8 | A | Mannschaftsstärke Q _{opt} | | | | | 30,00 | | |
| SuB | 1,200 | Ah/ME | Lohnstunden je Einheit | 1,200 | | | | | 36,00 | |
| SCH-DU-TRG | 1,40 | m ² VHM | Mietkosten je Monat | | 8,00 | | | | 2,59 | |
| S-VERB | 1,00 | ME | Hilfsstoffe | | | 0,50 | | | 0,50 | |
| S-BRETT | 0,50 | m ² | Hilfsstoffe | | | 7,00 | | | 3,50 | |
| | | €/ME | Betriebskosten je Einheit | | | | | | 0,00 | |
| | | €/ME | Stoffkosten je Einheit | | | | | | 0,00 | |
| | | €/ME | Verluste je Einheit | | | | | | 0,00 | |
| | | €/ME | NU-Kosten je Einheit | | | | | | 0,00 | |
| | 4,33 | 1/Mo | Einsatzzahl E | 1,200 | 2,59 | 4,00 | 0,00 | 36,00 | 42,59 | 4,26 |
| Schlüssel | Menge | ME | Kurztext | Stunden | Geräte | Stoffe | NU | Lohn | €/ME | EKT |
| D-SCHAL-350-AUS-Pass | 0,100 | m ² | Ausschalen Unterseite | | | | | | | |
| | 8 | A | Mannschaftsstärke Q _{opt} | | | | | 30,00 | | |
| SuB | 0,150 | Ah/ME | Lohnstunden je Einheit | 0,150 | | | | | 4,50 | |
| | | €/Mo | Mietkosten je Monat | | | | | | 0,00 | |
| | | €/ME | Hilfsstoffe | | | | | | 0,00 | |
| | | €/ME | Betriebskosten je Einheit | | | | | | 0,00 | |
| | | €/ME | Stoffkosten je Einheit | | | | | | 0,00 | |
| | | €/ME | Verluste je Einheit | | | | | | 0,00 | |
| | | €/ME | NU-Kosten je Einheit | | | | | | 0,00 | |
| | | 1/Mo | Einsatzzahl E | 0,150 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 4,50 | 4,50 | 0,45 |

B.16 Position 13.1.130

| Pos.-Nr. | Menge | ME | Kurztext | Stunden | Geräte | Stoffe | NU | Lohn | EP | GP |
|---------------|---------|--------------------|---|---------|--------|--------|------|-------|-------|-----------|
| 13.1.130 | 400,000 | m ² | Decken d= 0,35m, h= 3,00 bis 3,50m schalen Deckenrand | 1,250 | 2,03 | 1,90 | 0,00 | 37,50 | 46,95 | 18.780,00 |
| Schlüssel | Menge | ME | Kurztext | Stunden | Geräte | Stoffe | NU | Lohn | €/ME | EKT |
| D-RAND-50-EIN | 1,000 | m ² | Einschalen Rand | | | | | | | |
| | 4 | A | Mannschaftsstärke Q _{opt} | | | | | 30,00 | | |
| SuB | 1,000 | Ah/ME | Lohnstunden je Einheit | 1,000 | | | | | 30,00 | |
| SCH-DR | 1,10 | m ² VHM | Mietkosten je Monat | | 8,00 | | | | 2,03 | |
| S-VERB | 1,00 | ME | Hilfsstoffe | | | 0,50 | | | 0,50 | |
| S-BRETT | 0,20 | m ² | Hilfsstoffe | | | 7,00 | | | 1,40 | |
| | | €/ME | Betriebskosten je Einheit | | | | | | 0,00 | |
| | | €/ME | Stoffkosten je Einheit | | | | | | 0,00 | |
| | | €/ME | Verluste je Einheit | | | | | | 0,00 | |
| | | €/ME | NU-Kosten je Einheit | | | | | | 0,00 | |
| | 4,33 | 1/Mo | Einsatzzahl E | 1,000 | 2,03 | 1,90 | 0,00 | 30,00 | 33,93 | 33,93 |
| Schlüssel | Menge | ME | Kurztext | Stunden | Geräte | Stoffe | NU | Lohn | €/ME | EKT |
| D-RAND-50-AUS | 1,000 | m ² | Ausschalen Rand | | | | | | | |
| | 2 | A | Mannschaftsstärke Q _{opt} | | | | | 30,00 | | |
| SuB | 0,250 | Ah/ME | Lohnstunden je Einheit | 0,250 | | | | | 7,50 | |
| | | €/Mo | Mietkosten je Monat | | | | | | 0,00 | |
| | | €/ME | Hilfsstoffe | | | | | | 0,00 | |
| | | €/ME | Betriebskosten je Einheit | | | | | | 0,00 | |
| | | €/ME | Stoffkosten je Einheit | | | | | | 0,00 | |
| | | €/ME | Verluste je Einheit | | | | | | 0,00 | |
| | | €/ME | NU-Kosten je Einheit | | | | | | 0,00 | |
| | | 1/Mo | Einsatzzahl E | 0,250 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 7,50 | 7,50 | 7,50 |

B.17 Position 13.1.140

| Pos.-Nr. | Menge | ME | Kurztext | Stunden | Geräte | Stoffe | NU | Lohn | EP | GP |
|-----------------|--------|-------|------------------------------------|---------|--------|--------|------|-------|--------|----------|
| 13.1.140 | 16,000 | St | Fertigteiltreppe Typ 1 | 1,650 | 0,00 | 400,00 | 0,00 | 49,50 | 509,36 | 8.149,76 |
| Schlüssel | Menge | ME | Kurztext | Stunden | Geräte | Stoffe | NU | Lohn | €/ME | EKT |
| FT-TR-Typ1-Mont | 1,000 | Stck | Montieren | | | | | | | |
| | 2 | A | Mannschaftsstärke Q _{opt} | | | | | 30,00 | | |
| SuB | 1,650 | Ah/ME | Lohnstunden je Einheit | 1,650 | | | | | 49,50 | |
| | | €/Mo | Mietkosten je Monat | | | | | | 0,00 | |
| | | €/ME | Hilfsstoffe | | | | | | 0,00 | |
| | | €/ME | Betriebskosten je Einheit | | | | | | 0,00 | |
| FTT-TYP1 | 1,00 | St | Fertigteiltreppe-Typ1 | | | 400,00 | | | 400,00 | |
| | | €/ME | Verluste je Einheit | | | | | | 0,00 | |
| | | €/ME | NU-Kosten je Einheit | | | | | | 0,00 | |
| | | 1/Mo | Einsatzzahl E | 1,650 | 0,00 | 400,00 | 0,00 | 49,50 | 449,50 | 449,50 |

B.18 Position 13.1.150

| Pos.-Nr. | Menge | ME | Kurztext | Stunden | Geräte | Stoffe | NU | Lohn | EP | GP |
|-----------------|--------|-------|------------------------------------|---------|--------|--------|------|-------|--------|----------|
| 13.1.150 | 14,000 | St | Fertigteiltreppe Typ 2 | 1,650 | 0,00 | 420,00 | 0,00 | 49,50 | 532,02 | 7.448,28 |
| Schlüssel | Menge | ME | Kurztext | Stunden | Geräte | Stoffe | NU | Lohn | €/ME | EKT |
| FT-TR-Typ2-Mont | 1,000 | Stck | Montieren | | | | | | | |
| | 2 | A | Mannschaftsstärke Q _{opt} | | | | | 30,00 | | |
| SuB | 1,650 | Ah/ME | Lohnstunden je Einheit | 1,650 | | | | | 49,50 | |
| | | €/Mo | Mietkosten je Monat | | | | | | 0,00 | |
| | | €/ME | Hilfsstoffe | | | | | | 0,00 | |
| | | €/ME | Betriebskosten je Einheit | | | | | | 0,00 | |
| FTT-TYP2 | 1,00 | St | Fertigteiltreppe-Typ2 | | | 420,00 | | | 420,00 | |
| | | €/ME | Verluste je Einheit | | | | | | 0,00 | |
| | | €/ME | NU-Kosten je Einheit | | | | | | 0,00 | |
| | | 1/Mo | Einsatzzahl E | 1,650 | 0,00 | 420,00 | 0,00 | 49,50 | 469,50 | 469,50 |

B.19 Position 13.1.160

| Pos.-Nr. | Menge | ME | Kurztext | Stunden | Geräte | Stoffe | NU | Lohn | EP | GP |
|--------------------|-------|----------------|------------------------------------|---------|--------|--------|------|-------|-------|--------|
| 13.1.160 | 9,000 | m ² | Treppenpodeste Rand schalen | 1,650 | 0,00 | 8,90 | 0,00 | 49,50 | 66,18 | 595,62 |
| Schlüssel | Menge | ME | Kurztext | Stunden | Geräte | Stoffe | NU | Lohn | €/ME | EKT |
| PD-SCHAL-200-EIN-R | 1,000 | m ² | Einschalen Rand | | | | | | | |
| | 2 | A | Mannschaftsstärke Q _{opt} | | | | | 30,00 | | |
| SuB | 1,350 | Ah/ME | Lohnstunden je Einheit | 1,350 | | | | | 40,50 | |
| | | €/Mo | Mietkosten je Monat | | | | | | 0,00 | |
| S-VERB | 1,00 | ME | Hilfsstoffe | | | 0,50 | | | 0,50 | |
| S-BRETT | 1,20 | m ² | Hilfsstoffe | | | 7,00 | | | 8,40 | |
| | | €/ME | Betriebskosten je Einheit | | | | | | 0,00 | |
| | | €/ME | Stoffkosten je Einheit | | | | | | 0,00 | |
| | | €/ME | Verluste je Einheit | | | | | | 0,00 | |
| | | €/ME | NU-Kosten je Einheit | | | | | | 0,00 | |
| | | 1/Mo | Einsatzzahl E | 1,350 | 0,00 | 8,90 | 0,00 | 40,50 | 49,40 | 49,40 |
| Schlüssel | Menge | ME | Kurztext | Stunden | Geräte | Stoffe | NU | Lohn | €/ME | EKT |
| PD-SCHAL-200-AUS-R | 1,000 | m ² | Ausschalen Rand | | | | | | | |
| | 2 | A | Mannschaftsstärke Q _{opt} | | | | | 30,00 | | |
| SuB | 0,300 | Ah/ME | Lohnstunden je Einheit | 0,300 | | | | | 9,00 | |
| | | €/Mo | Mietkosten je Monat | | | | | | 0,00 | |
| | | €/ME | Hilfsstoffe | | | | | | 0,00 | |
| | | €/ME | Betriebskosten je Einheit | | | | | | 0,00 | |
| | | €/ME | Stoffkosten je Einheit | | | | | | 0,00 | |
| | | €/ME | Verluste je Einheit | | | | | | 0,00 | |
| | | €/ME | NU-Kosten je Einheit | | | | | | 0,00 | |
| | | 1/Mo | Einsatzzahl E | 0,300 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 9,00 | 9,00 | 9,00 |

B.20 Position 13.1.170

| Pos.-Nr. | Menge | ME | Kurztext | Stunden | Geräte | Stoffe | NU | Lohn | EP | GP |
|--------------------|--------|--------------------|------------------------------------|---------|--------|--------|------|-------|-------|----------|
| 13.1.170 | 50,000 | m ² | Treppenpodeste Unterseite schalen | 1,250 | 1,50 | 2,60 | 0,00 | 37,50 | 47,14 | 2.357,00 |
| Schlüssel | Menge | ME | Kurztext | Stunden | Geräte | Stoffe | NU | Lohn | €/ME | EKT |
| PD-SCHAL-200-EIN-U | 1,000 | m ² | Einschalen Unterseite | | | | | | | |
| | 2 | A | Mannschaftsstärke Q _{opt} | | | | | 30,00 | | |
| SuB | 1,000 | Ah/ME | Lohnstunden je Einheit | 1,000 | | | | | 30,00 | |
| SCH-PD | 0,90 | m ² VHM | Mietkosten je Monat | | 7,20 | | | | 1,50 | |
| S-VERB | 1,00 | ME | Hilfsstoffe | | | 0,50 | | | 0,50 | |
| S-BRETT | 0,30 | m ² | Hilfsstoffe | | | 7,00 | | | 2,10 | |
| | | €/ME | Betriebskosten je Einheit | | | | | | 0,00 | |
| | | €/ME | Stoffkosten je Einheit | | | | | | 0,00 | |
| | | €/ME | Verluste je Einheit | | | | | | 0,00 | |
| | | €/ME | NU-Kosten je Einheit | | | | | | 0,00 | |
| | 4,33 | 1/Mo | Einsatzzahl E | 1,000 | 1,50 | 2,60 | 0,00 | 30,00 | 34,10 | 34,10 |
| Schlüssel | Menge | ME | Kurztext | Stunden | Geräte | Stoffe | NU | Lohn | €/ME | EKT |
| PD-SCHAL-200-AUS-U | 1,000 | m ² | Ausschalen Unterseite | | | | | | | |
| | 2 | A | Mannschaftsstärke Q _{opt} | | | | | 30,00 | | |
| SuB | 0,250 | Ah/ME | Lohnstunden je Einheit | 0,250 | | | | | 7,50 | |
| | | €/Mo | Mietkosten je Monat | | | | | | 0,00 | |
| | | €/ME | Hilfsstoffe | | | | | | 0,00 | |
| | | €/ME | Betriebskosten je Einheit | | | | | | 0,00 | |
| | | €/ME | Stoffkosten je Einheit | | | | | | 0,00 | |
| | | €/ME | Verluste je Einheit | | | | | | 0,00 | |
| | | €/ME | NU-Kosten je Einheit | | | | | | 0,00 | |
| | | 1/Mo | Einsatzzahl E | 0,250 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 7,50 | 7,50 | 7,50 |

B.21 Position 13.1.180

| Pos.-Nr. | Menge | ME | Kurztext | Stunden | Geräte | Stoffe | NU | Lohn | EP | GP |
|------------------|--------|----------------|------------------------------------|---------|--------|--------|------|-------|--------|----------|
| 13.1.180 | 12,000 | m ³ | Treppenpodeste betonieren | 1,750 | 0,00 | 68,25 | 0,00 | 52,50 | 136,83 | 1.641,96 |
| Schlüssel | Menge | ME | Kurztext | Stunden | Geräte | Stoffe | NU | Lohn | €/ME | EKT |
| PD-BET-200-Kübel | 1,000 | m ³ | Betonieren | | | | | | | |
| | 2 | A | Mannschaftsstärke Q _{opt} | | | | | 30,00 | | |
| SuB | 1,750 | Ah/ME | Lohnstunden je Einheit | 1,750 | | | | | 52,50 | |
| | | €/Mo | Mietkosten je Monat | | | | | | 0,00 | |
| | | €/ME | Hilfsstoffe | | | | | | 0,00 | |
| | | €/ME | Betriebskosten je Einheit | | | | | | 0,00 | |
| C25-30 | 1,00 | m ³ | Stoffkosten je Einheit | | | 65,00 | | | 65,00 | |
| | 0,05 | m ³ | Verluste je Einheit | | | 65,00 | | | 3,25 | |
| | | €/ME | NU-Kosten je Einheit | | | | | | 0,00 | |
| | | 1/Mo | Einsatzzahl E | 1,750 | 0,00 | 68,25 | 0,00 | 52,50 | 120,75 | 120,75 |

B.22 Position 13.1.190

| Pos.-Nr. | Menge | ME | Kurztext | Stunden | Geräte | Stoffe | NU | Lohn | EP | GP |
|-------------|-----------|-------|---|---------|--------|--------|--------|-------|--------|------------|
| 13.1.190 | 120,000 t | | Betonstahl BSt 500 M | 0,000 | 0,00 | 0,00 | 800,00 | 0,00 | 906,54 | 108.784,80 |
| Schlüssel | Menge | ME | Kurztext | Stunden | Geräte | Stoffe | NU | Lohn | €/ME | EKT |
| BEW-500-M | 1,000 t | | Bewehrung Mattenstahl | | | | | | | |
| | | A | Mannschaftsstärke Q _{opt} | | | | | 23,00 | | |
| | | Ah/ME | Lohnstunden je Einheit | 0,000 | | | | | 0,00 | |
| | | €/Mo | Mietkosten je Monat | | | | | | 0,00 | |
| | | €/ME | Hilfsstoffe | | | | | | 0,00 | |
| | | €/ME | Betriebskosten je Einheit | | | | | | 0,00 | |
| | | €/ME | Stoffkosten je Einheit | | | | | | 0,00 | |
| | | €/ME | Verluste je Einheit | | | | | | 0,00 | |
| NU BSt500-M | 1,00 t | | Bewehrung Mattenstahl inkl. Verlegen | | | | 800,00 | | 800,00 | |
| | | 1/Mo | Einsatzzahl E | 0,000 | 0,00 | 0,00 | 800,00 | 0,00 | 800,00 | 800,00 |

B.23 Position 13.1.200

| Pos.-Nr. | Menge | ME | Kurztext | Stunden | Geräte | Stoffe | NU | Lohn | EP | GP |
|-------------|-----------|-------|---------------------------------------|---------|--------|--------|--------|-------|--------|------------|
| 13.1.200 | 110,000 t | | Betonstahl BSt 500 S | 0,000 | 0,00 | 0,00 | 850,00 | 0,00 | 963,19 | 105.950,90 |
| Schlüssel | Menge | ME | Kurztext | Stunden | Geräte | Stoffe | NU | Lohn | €/ME | EKT |
| BEW-500-S | 1,000 t | | Bewehrung Stabstahl | | | | | | | |
| | | A | Mannschaftsstärke Q _{opt} | | | | | 23,00 | | |
| | | Ah/ME | Lohnstunden je Einheit | 0,000 | | | | | 0,00 | |
| | | €/Mo | Mietkosten je Monat | | | | | | 0,00 | |
| | | €/ME | Hilfsstoffe | | | | | | 0,00 | |
| | | €/ME | Betriebskosten je Einheit | | | | | | 0,00 | |
| | | €/ME | Stoffkosten je Einheit | | | | | | 0,00 | |
| | | €/ME | Verluste je Einheit | | | | | | 0,00 | |
| NU BSt500-S | 1,00 t | | Bewehrung Stabstahl inkl. Verlegen | | | | 850,00 | | 850,00 | |
| | | 1/Mo | Einsatzzahl E | 0,000 | 0,00 | 0,00 | 850,00 | 0,00 | 850,00 | 850,00 |

B.24 Stammdaten Material

| HKOA | Technische | Schlüssel | Bezeichnung | Kosten | WE | ME |
|------|------------|------------|--------------------------------------|----------|----------------|----|
| KLR | Kostenart | | | | | |
| 2 | 24 | | Fertigmischgut | | | |
| | 241 | | Transportbeton | | | |
| | 2411 | C15-20 | Ortbeton C15/20 | 50,00 € | m ³ | |
| | 2412 | C25-30 | Ortbeton C25/30 | 65,00 € | m ³ | |
| | 29 | | Sonstige Stoffe einschl. Fertigteile | | | |
| | 291 | | Fertigteile | | | |
| | 2911 | FTT-TYP1 | Fertigteiltreppe-Typ1 | 400,00 € | St | |
| | 2912 | FTT-TYP2 | Fertigteiltreppe-Typ2 | 420,00 € | St | |
| | 299 | | Deponiekosten | | | |
| | 2991 | DEPONIE | Deponiekosten Boden | 1,40 € | t | |
| | 2992 | DEPONIELAD | Ladeposten Deponie | 1,00 € | m ³ | |

B.25 Stammdaten Schalung und Rüstung

| HKOA KLR | Technische Kostenart | Schlüssel | Bezeichnung | Kosten | WE | ME |
|-------------|-------------------------|------------|--|---------|----|--------------------------|
| 3 | 31 | | Rüst- und Schalmaterial | | | |
| | 311 | S-TAFEL | Schaltafeln | 10,00 € | | m ² |
| | 312 | S-BRETT | Schalbretter | 7,00 € | | m ² |
| | 33 | | Genormte Schalung | | | |
| | 331 | SCH-BP | Schalung Bodenplatte | 12,00 € | | m ² VHM u. Mo |
| | 332 | SCH-W | Schalung Wand | 18,00 € | | m ² VHM u. Mo |
| | 333 | SCH-ST | Schalung Stütze | 80,00 € | | m ² VHM u. Mo |
| | 334 | SCH-DU-MOD | Schalung Decke Unterseite Modul | 15,00 € | | m ² VHM u. Mo |
| | 335 | SCH-DU-TRG | Schalung Decke Unterseite Träger | 8,00 € | | m ² VHM u. Mo |
| | 336 | SCH-DR | Schalung Decke Rand Schaltafeln | 8,00 € | | m ² VHM u. Mo |
| | 337 | SCH-PD | Schalung Podest | 8,00 € | | m ² VHM u. Mo |
| | 34 | | Hilfsstoffe für Rüstung, Schalung und Verbau | | | |
| | 341 | | Hilfsstoffe für Schalung | | | |
| | 3411 | S-VERB | Verbrauchsstoffe | 0,50 € | | m ² |
| | 3412 | A-DECK | Schalholz Aussparung Decke | 5,00 € | | m ² |
| | 3413 | A-WAND | Schalholz Aussparung Wand | 5,00 € | | m ² |

B.26 Stammdaten Gerät

| HKoA KLR | Technische Kostenart | Schlüssel | Name | Kosten | WE | ME |
|-------------|-------------------------|-----------|---------------------------|--------|----|-----|
| 4 | | | Geräte | | | |
| | 41 | | Abschreibung + Verzinsung | | | |
| | 42 | | Reparatur | | | |
| | 43 | | Verschleiß | | | |
| | 44 | | Fremdgeräte | | | |
| | 45 | | Betriebsstoffe | | | |
| | 451 | STROM | Kosten je Kilowattstunde | 0,20 € | | kWh |
| | 452 | DIESEL | Kosten je Liter Diesel | 0,90 € | | l |
| | 453 | SCHMIER | Schmierstoffe | | | |

B.27 Mittellohnberechnung

Projekt Bezeichnung: 12/005 Datum: 03. Mai 2015

Legende: schätzende Werte übertragene Werte

EM (Lohn) mit Tarifvertrag vom: 1.4.02

| Anzahl | Arbeitsrate | Einsetzung (%) | Bezugsgruppe | Einzel (€) | Gesamt |
|----------------|-------------------------------------|----------------|--------------|------------|--------|
| 1 | Oberpolier | | | 19,12 | 19,12 |
| 1 | Polier, Meßler | | | 16,96 | 16,96 |
| 1 | Wohlpolier | 50% | | 62,20 | 31,10 |
| 4 | Volantier | 100% | | 14,78 | 59,12 |
| 4 | Spezialarbeiter | 100% | | 13,96 | 55,84 |
| 6 | Geübter Facharbeiter | 100% | | 13,18 | 79,08 |
| 6 | Facharbeiter | 100% | | 12,47 | 74,82 |
| 1 | Maschinenführer (+10% Schwarzlöhle) | 100% | | 15,05 | 15,05 |
| 1 | Baggerführer (+10% Schwarzlöhle) | 100% | | 10,36 | 10,36 |
| 8 | Hilfskräfte | 29,5% | | 10,36 | 82,88 |
| Produktive Pj: | | | | Summe Lohn | 419,03 |

Grundmittelwert GML = Summe Lohn (€) / Summe Arbeitsrate (h) = 14,00€/(h·Pj)

Zulagen und Zuschläge:

- Leistungszulage: anr
- Schwarzlöhle: anr
- Höherzulage: anr
- Erschwerungszulage: anr
- Druckzulage: anr
- Überstundenzulage: 25,0% anr
- Nachzuschlag: anr
- Sonstige Zulagen: anr
- Zuschlag für außergewöhnliche: anr
- Vermögensbildung: anr

Summe Zuschläge: 13% = 3,25%

Summe Lohn mit Zuschlägen: 0,465€/(h·Pj)

Grundmittelwert mit Zuschlägen: 14,46€/(h·Pj)

II. Lohnnebenkosten (LNK) = 7,6% = 1,21 € Sozialzuschlag

III. Sozialaufwand gemäß Anwerktarif der Gesamtarbeit: 0,135€/(h·Pj) = 0,105€/(h·Pj) = 9,3% vom ML

IV. Sonstige Lohnabhängige Kosten (einschließlich Sozialaufwand und LNK):

- Hilfskräfte: 2% vom ML = 0,29% vom ML
- Werkzeug und Kleingerät: 85,50% vom ML = 1,21 €
- Allgemeine Verbrauchstoffe und Nebenstoffe: 9,3% vom ML = 0,135€/(h·Pj)

V. Lohnfortentlohnungen (einschließlich Sozialaufwand und Zuschlag des Sozialaufwands) sowie Zuschlag für vertragliche Gleitlohnregelungen: 10,90% vom ML = 1,59€/(h·Pj)

Kosten je Kalkulationsstunde = Kalkulationslohn = 30,00€/(h·Pj)

| Ermittlung Lohnkosten (h) | ohne ant. Sozialkosten | Anzahl | €(AT, KT) | KT/AT | €(AT) Gesamt |
|----------------------------|------------------------|-------------|-----------|-------|--------------|
| Ausführung | | | | | |
| Fam. Heimarbeit | | | | | |
| Reisezulage | | | | | |
| Fahrtkostenabzug | 22 | 1,50 | 1 | | 99,00 |
| Verpflegungszuschuss | 31 | 4,09 | 1 | | 126,79 |
| Wohnzulage übertragskosten | | | | | |
| Arbeitsaufwand | 9 | paritätisch | 1 | | 70,00 |
| Summe | | | | | 296,79 |

Lohnnebenkosten (LNK) (€) = 1,21 €

Summe LNK (€) / Summe Arbeitsrate (h) = 7,6% vom ML

Lohnnebenkosten (LNK) (€) = 85,50%

Sozialzuschlag anr ca. 25% der gesamten Lohnnebenkosten, d.h. ca. 7,6% sind abgabenfrei

100% + 25% von 85,50% (Sozialkosten) = 1,21

Sozialaufwand = Sozialaufwand = 85,50%

Mittelwert = 14,59€/(h·Pj)

Lohnnebenkosten = 1,59€/(h·Pj)

Sozialaufwand = 12,47€/(h·Pj)

Sonstiges = 1,59€/(h·Pj)

Lohnkostenverteilung = 30,00€/(h·Pj)

Summe = 30,00€/(h·Pj)

C. Glossar

Die Angaben der Abkürzung erfolgt in (...) unmittelbar nach dem Begriff, die der Einheiten in [...].

Die englische Übersetzung ist in kursiver Schrift angegeben.

- **Ablaufelement**, *engl. scheduling element*: Begriff aus der Netzplantechnik. Element zur Beschreibung von Sachverhalten (Zustände, Geschehen, Abhängigkeiten) eines Ablaufs. Ablaufelemente der Netzplantechnik sind Ereignisse, Vorgänge und Anordnungsbeziehungen.
- **Ablaufplanung**, *engl. scheduling*: Innerhalb der Ablaufplanung werden Vorgänge definiert, deren Dauer bestimmt und deren zeitliche Abfolge unter Berücksichtigung technischer und produktionsbedingter Abhängigkeiten festgelegt. Für die Bauausführung auf Auftragnehmerseite ist die Wahl einer geeigneten Verfahrenstechnik Voraussetzung für und Bestandteil der Ablaufplanung¹. Übergeordnetes Ziel ist der geordnete Bauablauf unter Berücksichtigung der Optimierungsparameter Zeit und Kosten. Es kann dabei entweder nach dem Faktor Zeit oder nach dem Faktor Kosten optimiert werden.
- **Ablaufstruktur**, *engl. scheduling sequence*: Darstellung der Projektstruktur nach dem Ablauf². Die Struktur des Ablaufs ergibt sich aus den Anordnungsbeziehungen. Darstellungsformen der Ablaufstruktur sind:

Netzplan: Graphische oder tabellarische Darstellung von Abläufen und deren Abhängigkeiten.

Balkenplan: Darstellung von Vorgängen in Form von Balken, welche die Dauer und deren Abfolge darstellen.

Zeitfolgeplan: Ein Zeitfolgeplan ist die Erweiterung des Balkenplans um die Anordnungsbeziehungen zwischen den Vorgängen.

Weg-Zeit-Diagramm: Darstellung des Verhältnisses von zurückgelegtem Weg in einer bestimmten Dauer durch Geraden.

Volumen-Zeit-Diagramm: Darstellung der zeitlichen Verteilung von Volumen über eine bestimmte Dauer.
- **Abrechnungsmenge** ($V_{\text{Abrechnung}}$), *engl. billing quantities* (V_{billing}), [ME]: Die Abrechnungsmengen sind die durch das Aufmaß ermittelten Mengen³, die nach Vertrag Grundlage der Abrechnung werden. Bei VOB Teil B als Vertragsgrundlage wird nach den in der jeweiligen Position des Leistungsverzeichnisses angegebenen Mengeneinheiten gemäß den in VOB Teil C aufgeführten Aufmaßregeln abgerechnet.

¹ Vgl. Bauer, H.: Baubetrieb 2 – Bauablauf, Kosten, Störungen, Springer-Lehrbuch 2. Auflage S. 461

² DIN 69900 Teil 1 Ausgabe August 1987 und DIN 69901 Ausgabe August 1987

³ Vgl. KLR Bau - Kosten- und Leistungsrechnung der Bauunternehmen, 7. Auflage 2001. Das Vorgehen ist dort näher beschrieben.

- **Anordnungsbeziehung** (AOB), *engl. relation (REL)*: Quantifizierbare Abhängigkeit zwischen Ereignissen und Vorgängen⁴. In Erweiterung zur Definition nach DIN 69900 Teil 1 können Anordnungsbeziehungen auch quantifizierbare Abhängigkeiten zwischen Prozessen und Teilprozessen beschreiben. Die einzelnen Anordnungsbeziehungen sind in DIN 69900 Teil 1 beschrieben. Zusätzlich wird die Anordnungsbeziehung kritische Annäherung, kurz Annäherung, nach Burkhardt⁵ verwendet. Die Anordnungsbeziehungen sind:
Normalfolge: vom Ende eines Vorgangs zum Anfang seines Nachfolgers.
Sprungfolge: vom Anfang eines Vorgangs zum Ende seines Nachfolgers.
Anfangsfolge: vom Anfang eines Vorgangs zum Anfang seines Nachfolgers.
Endfolge: vom Ende eines Vorgangs zum Ende seines Nachfolgers.
Annäherung: Die Annäherung ist eine Kombination aus Anfangs- und Endfolge innerhalb einer Staffel von zwei Vorgängen. Die Vorgänge hängen derart voneinander ab, dass sie zwar gleichzeitig ablaufen, aber während ihrer gesamten Dauer einen gewissen räumlichen oder zeitlichen Mindestabstand einhalten müssen. Dieser Mindestabstand darf aus bautechnischen oder betrieblichen Gründen nicht unterschritten werden.
- **Anordnungsbeziehung, betriebliche**⁶ (B-AOB), *engl. operational relation (O-REL)*: Die betrieblichen Anordnungsbeziehungen beschreiben in der Netzplantechnik die betrieblich erwünschten Ablaufbedingungen, die sich aus der Optimierung nach Zeit oder Kosten ergeben. Sie erweitern das Kausalnetz zum Produktionsnetz. Es ist eine Vielzahl von Produktionsnetzen möglich.
- **Anordnungsbeziehung, kausale**⁷ (K-AOB), *engl. stringent relation (C-REL)*: Die kausalen Anordnungsbeziehungen beschreiben in der Netzplantechnik die zwingenden Ablaufbedingungen, die sich aus den konstruktiven, technologischen, bautechnischen und vertraglichen Randbedingungen ergeben. Aus den kausalen Anordnungsbeziehungen ergibt sich das Kausalnetz.
- **Anzahl** (n_i), *engl. number (n_i)*, [n]: Die Anzahl n_i gibt die natürliche Zahl von Elementen der Bezugsgröße i an. Z.B. ist n_{FA} ist die Anzahl der Fertigungsabschnitte (FA), n_Q ist die Anzahl von Betrieben etc.

⁴ Vgl. DIN 69900-Teil 1, Ausgabe August 1987

⁵ Vgl. Burkhardt, Georg: Numerische Ablaufplanung einer Baustelle, Schriftenreihe des Bayerischen Bauindustrieverbandes Nr. 4, Bauverlag 2. Auflage 1968 S. 36ff.

⁶ Vgl. Burkhardt, Georg: Numerische Ablaufplanung einer Baustelle, Schriftenreihe des Bayerischen Bauindustrieverbandes Nr. 4, Bauverlag 2. Auflage 1968 S. 50ff.

⁷ Vgl. Burkhardt, Georg: Numerische Ablaufplanung einer Baustelle, Schriftenreihe des Bayerischen Bauindustrieverbandes Nr. 4, Bauverlag 2. Auflage 1968 S. 50ff.

- **Arbeitsvorbereitung**, *engl. planning of construction operation*: Die Arbeitsvorbereitung beinhaltet sämtliche Aufgaben der Vorbereitung und Planung, die zur Herstellung eines Produkts notwendig sind. Ziel ist unter den gegebenen Umständen durch eine möglichst reibungslose und kostengünstige Gestaltung der Fertigungsprozesse die bestmögliche wirtschaftliche Abwicklung des gesamten Bauablaufs zu erreichen⁸. Dies beinhaltet auch die Aufgaben Steuerung und Überwachung der Fertigungsprozesse.
- **Arbeitszeit** (T_{ZE}), *engl. operating time (T_{TU})*, [ZE]: Zeitraum, in dem eine gewerbliche Arbeitskraft, eine Aufsichtsperson oder eine Leitungsperson dem Produktionsapparat einer Baustelle zur Verfügung steht und nicht anderweitig darüber verfügt werden kann⁹. Die Arbeitszeit wird in der Regel auf eine Zeiteinheit bezogen angegeben [h, d, Wo, Mo, a], wie z.B. tägliche Arbeitszeit T_d in [h] (siehe Produktionsfunktion).
- **Aufmaß**, *engl. bill of quantities*: Das Aufmaß ist die Grundlage der mengenmäßigen Erfassung der Bauleistung¹⁰. Das Aufmaß wird auch als Erfassung der geleisteten Mengen bezeichnet.
- **Aufmaßmengen**, *engl. quantities*: Die Aufmaßmengen sind die durch das Aufmaß ermittelten Mengen¹¹. Sie sind Grundlage für die Leistungsmeldung. Ein Synonym für die Aufmaßmengen ist nach KLR Bau „geleistete Mengen“. Die Erfassung in der EDV erfolgt in der Regel anhand der Richtlinien für elektronische Bauabrechnung (REB)¹². Diejenigen Aufmaßmengen, die nach Vertrag Grundlage der Abrechnung werden, werden Abrechnungsmengen genannt.
- **Aufsicht** (S), *engl. supervision (S)*: Das Einsatzmittel Aufsicht beinhaltet die Aufsichtspersonen. Dies sind Poliere, Werkpoliere und Vorarbeiter eines Betriebs, die zusammen mit den gewerblichen Arbeitskräften in der Mittellohnberechnung erfasst werden und Personal beaufsichtigen.
- **Aufsichtsanzahl** (Q_S), *engl. count of supervision (Q_S)*, [S]: Die Aufsichtsanzahl gibt die Anzahl des Einsatzmittels Aufsicht eines Betriebs an. Die Angabe erfolgt in Anzahl von Aufsichtspersonen [S].
- **Aufwand** (W), *engl. resource hours (W)*, [EMh]: Der Aufwand beschreibt die prognostizierte (Soll-Aufwand) oder tatsächliche (Ist-Aufwand) Menge an Einsatzmittelstunden [EMh] (siehe Einsatzmittelzeiteinheit) zur Herstellung eines bestimmten Volumens von Mengeneinheiten. Der Aufwand ergibt sich im Soll als Produkt von spezifischem Aufwandswert w und zugehörigem Volumen V (siehe Produktionsfunktion). Im Ist errechnet er sich als Summe der

⁸ Vgl. Drees/Spranz: Handbuch der Arbeitsvorbereitung in Bauunternehmen, Bauverlag 1976

⁹ Vgl. Begriffsdefinition Vorhaltezeit und KLR Bau - Kosten- und Leistungsrechnung der Bauunternehmen 7. Auflage 2001, S. 67

¹⁰ Vgl. KLR Bau - Kosten- und Leistungsrechnung der Bauunternehmen 7. Auflage 2001. Das Vorgehen ist dort näher beschrieben.

¹¹ Vgl. KLR Bau - Kosten- und Leistungsrechnung der Bauunternehmen 7. Auflage 2001. Das Vorgehen ist dort näher beschrieben.

¹² siehe Merkblatt zur elektronischen Bauabrechnung, Ausgabe Oktober 2000, überarbeitet Januar 2003, http://www.gaeb.de/Merkblatt_1.pdf

Produkte aus aufgewendeten Zeiteinheiten und Anzahl von eingesetzten Einsatzmitteln, die über die Herstellungsdauer eines bestimmten Volumens benötigt wurden.

- **Aufandswert, durchschnittlicher** (w_0), *engl. average resource hours per unit (w_0)*, [EMh/ME]: Der durchschnittliche Aufandswert w_0 beschreibt den im Mittel prognostizierten Wert an Einsatzmittelstunden [EMh] je auszuführender Volumeneinheit für eine Anzahl von gleichartigen Prozessen. Er findet Anwendung als Kalkulationsansatz für Positionen im Leistungsverzeichnis.
- **Aufandswert, spezifischer** (w), *engl. resource hours per unit (w)*, [EMh/ME]: Der spezifische Aufandswert w beschreibt den Wert an Einsatzmittelstunden [EMh] je auszuführender Volumeneinheit. Die gängige Größe im Bauwesen ist w_A als Arbeiterstunde je Mengeneinheit [Ah/ME] (siehe Produktionsfunktion). Der spezifische Aufandswert kann für jeden Teilprozess spezifisch angepasst werden.
- **Ausbaustruktur**, *engl. sequence of interior works*: Die Ausbaustruktur beschreibt als grundlegendes Ordnungssystem die Ausbuarbeiten eines Bauwerks. Sie enthält sämtliche Räume und ist Teil des Bauwerkmodells. Die Ausbaustruktur ist hierarchisch gegliedert und wird in Form einer Baumstruktur auf diejenigen Bauwerke angewendet, bei denen eine Betrachtung auf Basis von Räumen erforderlich wird. Die kleinste Einheit der Ausbaustruktur ist ein Raum. Die Ausbaustruktur ist individuell an die spezifischen Gegebenheiten eines Bauwerks anzupassen und für jedes Projekt neu zu definieren und zu strukturieren. Dies ist grundlegende Ingenieuraufgabe.
- **Auslastungsgrad** (Λ), *engl. efficiency (Λ)*, [%, -]: Verhältnis von Soll-Leistung oder Ist-Leistung zum Leistungsvermögen eines oder mehrerer Einsatzmittel in einem bestimmten Zeitraum¹³.
- **Baugeschwindigkeit** (c), *engl. work progress (c)*, [n/ZE]: Die Baugeschwindigkeit¹⁴ beschreibt den auf eine Zeiteinheit bezogenen geplanten (Soll-) Fortschritt (c_{SOLL}) bzw. den tatsächlichen (Ist-) Fortschritt (c_{IST}) bei der Herstellung eines Bauwerks. Die Bezugsgröße ist dabei das gesamte Bauwerk oder ein Teil des Bauwerks, wie z.B. ein Geschoß pro Woche. Für die Produktionsplanung wird die Baugeschwindigkeit in Fertigungsabschnitten angegeben.
- **Bauwerk**, *engl. building*: Ein Bauwerk¹⁵ ist eine in sich abgeschlossene bauliche Einheit und Teil des Werks. Das Werk beinhaltet mindestens ein Bauwerk. Das Werk ist die konstruktive Größe der Bauproduktion, in der Funktionen und Aufgaben durch die Planung definiert

¹³ Vgl. DIN 69902 August 1987: Begriffsdefinition Einsatzmittel-Auslastungsgrad

¹⁴ Vgl. Burkhardt, G.: Numerische Ablaufplanung einer Baustelle, Bauverlag 2. Auflage 1968 S. 62ff

¹⁵ Vgl. Burkhardt, G.: Kostenprobleme der Bauproduktion, Bauverlag 1963 S. 23 ff

werden. Die Planung ist die Vorlage sowohl für die Realisierung eines Bauwerks als auch für ein Bauwerkmodell. Das Bauwerk selbst wird durch die Bauproduktion realisiert. Die Abbildung eines Bauwerks erfolgt über ein Bauwerkmodell.

- **Bauwerkmodell**, *engl. building sequence*: In einem Bauwerkmodell wird das herzustellende oder bereits bestehende Bauwerk beschrieben und strukturiert abgebildet. Dies erfolgt anhand der Bauwerkstruktur. Das kleinste Element des Bauwerkmodells für die Produktionsplanung ist der Fertigungsabschnitt.
- **Bauwerkstruktur**, *engl. building tree structure*: Die Bauwerkstruktur beschreibt als grundlegendes Ordnungssystem die geometrisch abgrenzbaren Einheiten eines Bauwerks. Sie ist hierarchisch gegliedert und wird in Form einer Baumstruktur auf alle Arten von Bauwerken angewendet. Das unterste Element in der Hierarchie der Bauwerkstruktur in Bezug auf die Produktionsplanung ist stets ein Fertigungsabschnitt. Die Bauwerkstruktur ist für die einzelnen Typen von Bauwerken aufzustellen und individuell an die spezifischen Gegebenheiten eines Bauwerks anzupassen. Sie ist daher für jedes Projekt neu zu definieren und zu strukturieren. Dies ist grundlegende Ingenieuraufgabe. Im Rahmen der Angebotsbearbeitung kann ein Bauwerk für die Phase der Grob Ablaufplanung in vorab definierte Elemente unterteilt werden. Struktur und Gliederung dieser Grobelemente darf unabhängig von den späteren Fertigungsabschnitten gewählt werden. Es muss jedoch möglich sein, eine Beziehung zwischen beiden Ordnungssystemen herzustellen. Fertigungsabschnitte werden spätestens im Zuge der Produktionsplanung im Rahmen der Arbeitsvorbereitungsmaßnahmen gebildet. Da die Bauwerkstruktur bereits die kausalen Abhängigkeiten beinhaltet, ist für jedes Bauwerk nur eine Bauwerkstruktur möglich¹⁶. Die Bauwerkstruktur ist Grundlage für die Optimierung des Bauablaufs. Aus den einzelnen Varianten des möglichen Produktionsablaufs ist eine Variante auszuwählen.
- **Bedarf**¹⁷, *engl. requirement*, [ME] oder [n]: Menge oder Anzahl an Objekten eines bestimmten Typs, die zur Erzielung eines bestimmten Ergebnisses zu einem bestimmten Zeitpunkt oder innerhalb eines Zeitraums erforderlich ist. Aufgrund des Bedarfs erfolgt die Disposition.
- **Betrieb**¹⁸ (Q), *engl. crew (Q)*: Ein Betrieb ist eine Gruppierung¹⁹ der Einsatzmittel Personal, Gerät und Aufsicht zweckentsprechender Eignung bzw. Qualifikation. Er kann seiner Eignung entsprechende Teilprozesse ausführen. Die Gesamtanzahl der Einsatzmittel eines Betriebs wird

¹⁶ Vgl. ebenda

¹⁷ Vgl. DIN 69900 Teil1 August 1987: Begriffsdefinition Einsatzmittel-Bedarf

¹⁸ Vgl. Schub, A.: Produktionsplanung und Ablaufplanung, Lehrstuhl für Tunnelbau und Baubetriebslehre TU München 5. Auflage 1994

¹⁹ Vgl. DIN 69902 August 1987: Begriffsdefinition Einsatzmittel-Gruppe als Einheit, die mehrere, funktional oder ablauforganisatorisch voneinander unmittelbar abhängige, gleich- oder verschiedenartige Einsatzmittel umfasst

je Einsatzmittel wie folgt angegeben: Personalstärke mit Q_A [A], Geräteanzahl mit $n_{G,Type}$ je Gerätetyp in [ME] - bzw. Gerätegruppenanzahl mit $n_{GG,Type}$ je Gerätegruppentyp in [ME] - und Aufsichtsanzahl mit Q_S [S]. Für Geräte und Gerätegruppen wird im Rahmen der Produktionsplanung je Typ die Vorhaltemenge angegeben.

- **Betriebspunkt**²⁰ (QP), *engl. work spot (QP)*: Ein Betriebspunkt ist der Arbeitsbereich, an dem ein Betrieb oder ein Teil eines Betriebs einen Prozess oder einen Teilprozess ausführt. Ein Betriebspunkt verfügt über eine gewisse räumliche Ausdehnung, die von der gewählten Verfahrenstechnik abhängt.
- **Dauer**²¹ (D), *engl. duration (D)*: Eine Dauer kann sich generell auf ein Zeit forderndes Geschehen beziehen, wie z.B. ein Projekt, bei dem Anfang und Ende definiert sind. In der Bauausführung beschreibt sie die Zeitspanne vom Anfang bis zum Ende eines Vorgangs, eines Prozesses oder einer Teilprozesskette.
- **Disposition**²², *engl. disposition*: Die Disposition ist die Zuordnung von Objekten eines bestimmten Typs zu einem Vorgang, Prozess oder Teilprozess. Sie erfolgt ausgehend vom Bedarf an Objekten des jeweiligen Typs.
- **Ebene** (LEVEL), *engl. level (LEVEL)*: Eine Ebene umfasst alle Elemente eines Bauwerks oder Bauabschnitts, die sich auf einem festgelegten Höhenbereich befinden, der durch Punkte, Linien oder Koordinaten beschrieben werden kann.
- **Einsatzdauer**²³ ($D_{EM, Prozess}$), *engl. duration of operation ($D_{EM, Prozess}$)*, [ZE]: Dauer, in der ein Einsatzmittel oder eine Leitungsperson an einem bestimmten Prozess oder Teilprozess eingesetzt werden soll (Soll-Einsatzdauer) oder wurde (Ist-Einsatzdauer).
- **Einsatzmittel**²⁴ (EM), *engl. resource (EM)*: Einsatzmittel sind Personal, Geräte und Aufsicht, die zur Durchführung von Prozessen benötigt werden. Dazu werden aus den Einsatzmitteln Betriebe gebildet. Einsatzmittel können wiederholt oder nur einmalig einsetzbar sein. Sie können für einen Zeitpunkt oder einen Zeitraum disponiert werden. Einsatzmittel können nach bestimmten Merkmalen zu Einsatzmittelpools, kurz Pools für Personal, Gerät oder Aufsicht zusammengefasst werden.

²⁰ Vgl. Burkhardt, Georg: Numerische Ablaufplanung einer Baustelle, Schriftenreihe des Bayerischen Bauindustrieverbandes Nr. 4, Bauverlag 2. Auflage 1968 S. 16

²¹ Vgl. DIN 69900 Teil 1 August 1987: In Abweichung zu DIN 69900 wird die Begriffsdefinition Dauer auf Zeit fordernde Geschehen erweitert und auch auf Prozesse bezogen.

²² Vgl. DIN 69902 August 1987: Begriffsdefinition Einsatzmittel-Disposition

²³ Vgl. DIN 69902 August 1987: Begriffsdefinition Einsatzmittel-Einsatzdauer

²⁴ Vgl. DIN 69902, Ausgabe August 1987: Begriffsdefinition Einsatzmittel. Die in DIN 69902 festgelegte allgemeine Definition wird an die prozessorientierte Kostenbetrachtung der Bauausführung angepasst, um den diesbezüglichen Erfordernissen gerecht zu werden. Dies gilt analog für weitere Definitionen in Bezug auf den Begriff Einsatzmittel.

- **Einsatzmitteldisposition**²⁵, *engl. resource disposition*: Die Einsatzmitteldisposition erfolgt über die Abstimmung der Teilprozesse von Teilprozessketten unterschiedlicher Fertigungsabschnitte untereinander. Die Verteilung der Einsatzmittel erfolgt aus den einzelnen Pools unter Ausschöpfung deren Einsatzmittelkapazitäten. Ziel ist ein möglichst wirtschaftlicher Produktionsablauf unter gegebenen Randbedingungen. Die Disposition erfolgt nach Priorität der einzelnen Teilprozesse bzw. Fertigungsabschnitte.
- **Einsatzmittelkapazität**²⁶ (EMK), *engl. resource capacity (EMK)*: Die Einsatzmittelkapazität gibt die in einem Pool die für die Disposition zur Verfügung stehende Anzahl bzw. Menge an Einsatzmitteln an.
- **Einsatzmittelplanung**²⁷ (EMP), *engl. planning of construction operations (EMP)*: Im Rahmen der Einsatzmittelplanung werden Einsatzmittel Vorgängen und Teilprozessen zugeordnet und deren Einsatz im Bauablauf zeitlich koordiniert. Die Darstellung der Einsatzmittelplanung erfolgt durch Ganglinien.
- **Einsatzmittelzeiteinheit** (EMZE), *engl. operating time unit (EMTU)*, [EM*ZE], kurz [EMZE]: Die Einsatzmittelzeiteinheit ist das Produkt aus einer Einheit eines bestimmten Typs Einsatzmittel und einer Zeiteinheit bzw. einer Gruppierung von Einsatzmitteln und einer Zeiteinheit, wie z.B. Arbeiterstunden [Ah].
- **Einsatzzahl** (E), *engl. count of usage (E)*, [n_i/ZE]: Die Einsatzzahl beziffert die Anzahl von Einsätzen eines Einsatzmittels innerhalb eines bestimmten Zeitraums. Bezugsgröße ist die Anzahl von Fertigungsabschnitten, bei denen das Einsatzmittel zum Einsatz kommt.
- **Element** (ELEMENT), *engl. element (ELEMENT)*: Elemente bilden die Bestandteile eines (Ordnungs-) Systems²⁸. Sie werden nach ihren charakteristischen Eigenschaften²⁹ einem bestimmten Typ zugeordnet werden. Jedes Element benötigt zur eindeutigen Identifikation eine ID. Ein Element kann Eigenschaften besitzen und zwischen Elementen können Beziehungen³⁰ bestehen. Daten sind stets in Form von Eigenschaften an die Elemente eines Systems gebunden³¹.

²⁵ Vgl. DIN 69902 August 1987: Begriffsdefinition Einsatzmittel-Disposition

²⁶ Vgl. DIN 69902 August 1987: Begriffsdefinition Einsatzmittel-Planung

²⁷ Vgl. DIN 69902 August 1987: Begriffsdefinition Einsatzmittel-Planung

²⁸ Vgl. Kuhne, C.: Grundlagen und Entwurf eines Produktionsmodells für das Bauwesen, S. 23

²⁹ Anm.: Der Begriff Eigenschaft ist hier als Synonym zum Begriff Attribute zu sehen. Es wird im weiteren Verlauf ausschließlich der Begriff Eigenschaft verwendet.

³⁰ Anm.: Der Begriff Beziehung ist hier als Synonym zum Begriff Relation zu sehen. Es wird im weiteren Verlauf ausschließlich der Begriff Beziehung verwendet.

³¹ Vgl. Kuhne, C.: Grundlagen und Entwurf eines Produktionsmodells für das Bauwesen, S. 38ff

- **Ereignis**, *engl. event*: Ein Ereignis ist ein Ablaufelement, welches das Eintreten eines bestimmten Zustands beschreibt³².
- **Fertigstellungsgrad** (Φ), *engl. state of completion (Φ)*, [%, -]: Nach DIN 69901 ist der Fertigstellungsgrad als das Verhältnis der zu einem Stichtag erbrachten Leistung zur Gesamtleistung eines Vorganges oder eines Projektes definiert³³. Der Fertigstellungsgrad wird in Erweiterung zur Definition auch auf Bauwerke, Prozesse und Teilprozesse sowie Positionen des Leistungsverzeichnisses bezogen.
- **Fertigungsabschnitt** (FA), *engl. work unit (FA)*: Der Fertigungsabschnitt ist die unterste Hierarchiestufe der Bauwerkstruktur für die Bauausführung und das maßgebende Element für die Produktionsplanung. Er ist geometrisch eindeutig abgrenzbar und stellt das durch Mengen quantifizierbare Ergebnis, d.h. den Output einer Teilprozesskette dar. Über die Geometrie kann der Output an Produktmenge durch Mengenermittlung bestimmt werden. Jeder Fertigungsabschnitt verfügt über eine Teilprozesskette, die dessen Herstellung beschreibt. Ein Fertigungsabschnitt kann sich aus mehreren geometrischen Formen und Körpern zusammensetzen. Für die Darstellung der Bauwerkstruktur werden die einzelnen Typen von Fertigungsabschnitten innerhalb einer unabhängigen Struktur für die Fertigungsabschnitte definiert und auf die entsprechende Position der Bauwerkstruktur kopiert.
- **Fertigungsstraße**³⁴, *engl. production line*: Eine Folge gleichartiger Prozesse, die mit ein und demselben Betrieb nacheinander ausgeführt werden.
- **Fließfertigung**, *engl. flow production*: Fließfertigung bedeutet, dass ein Produkt oder mehrere Produkte durch kontinuierliche Prozesse hergestellt werden. Die ausführenden Betriebe bewegen sich dabei entlang einer Fertigungsstraße stetig über das Bauwerk hinweg. Dabei ist eine Anpassung der Produktionsgeschwindigkeit der einzelnen Prozesse an einen definierten Leitprozess möglich oder wird zumindest angestrebt³⁵. Die typische Anordnungsbeziehung zwischen den Prozessen ist die kritische Annäherung.
- **Ganglinie**, *engl. resource curve*: Darstellung der Verteilung der Einsatzmittel über die Zeitachse durch Summierung der Einsatzmittel je Zeiteinheit. Durch eine Ganglinie kann jeweils nur ein Einsatzmitteltyp dargestellt werden.

³² Vgl. DIN 69901, Ausgabe August 1987

³³ Vgl. DIN 69901, Ausgabe August 1987

³⁴ Vgl. Burkhardt, Georg: Numerische Ablaufplanung einer Baustelle, Schriftenreihe des Bayerischen Bauindustrieverbandes Nr. 4, Bauverlag 2. Auflage 1968 S. 54

³⁵ Vgl. Schub, Adolf: Probleme der Taktplanung in der Bauproduktion, S. 3f

- **Gerät (G)**, *engl. equipment (G)*: Unter dem Einsatzmittel Gerät werden „im Grundsatz die in der BGL 2001³⁶ aufgeführten Gegenstände verstanden“³⁷ inklusive Schalung und Rüstung. Merkmal der Geräte ist, dass deren Vorhaltekosten über Ansätze für Abschreibung, Verzinsung und Reparatur kalkuliert werden.
- **Geräteanzahl** ($n_{G,Type}$), *engl. equipment count ($n_{G,Type}$)*, [n_G]: Die Geräteanzahl ist eine Mengenangabe für die Vorhaltemenge eines Gerätetyps und gibt die Anzahl eines bestimmten Gerätetyps an. Die Angabe erfolgt in Anzahl n je Gerätetyp [n_G].
- **Gerätegruppe**³⁸ (GG), *engl. equipment group (GG)*: Zusammenfassung von mehreren Geräten oder Bestandteilen von Geräten, die funktional oder ablauftechnisch unmittelbar voneinander abhängig sind. Mit der Gerätegruppe werden gleichzeitig deren einmalige Kosten (Auf- und Abbau sowie Umsetzungsvorgänge etc.) definiert. Die einmaligen Kosten sind eine fest definierte Eigenschaft einer Gerätegruppe.
- **Gerätegruppenanzahl** ($n_{GG,Type}$), *engl. equipment group count ($n_{GG,Type}$)*, [n_{GG}]: Die Gerätegruppenanzahl ist eine Mengenangabe für die Vorhaltemenge eines Gerätegruppentyps und gibt die Anzahl eines bestimmten Gerätegruppentyps an. Die Angabe erfolgt in Anzahl n je Gerätegruppentyp [n_{GG}].
- **Kalkulationsbaustein**, *engl. estimating element*: Vordefinierter Baustein für die Kalkulation von Teilprozessen in den Unterpositionen eines EDV-Programms³⁹. Ein Kalkulationsbaustein entspricht einer Unterposition.
- **Kausalstruktur**, *engl. causally determined structure*: - siehe Bauwerkstruktur -
- **Kosten (K)**, *engl. costs (K)*, [WE]: Kosten sind bewerteter Verbrauch von Gütern und Diensten zum Zwecke der betrieblichen Leistungserstellung⁴⁰ und werden in Währungseinheiten, wie z.B. in Euro [€] angegeben. Sie lassen sich in die prozessorientierten Kostenarten einmalige Kosten, leistungsabhängige Kosten, mengenabhängige Kosten und zeitabhängige Kosten einteilen⁴¹. Entscheidend für diese Klassifizierung ist die Art, wie die Kosten für den **Betrachter tatsächlich** entstehen. Im Rahmen der Einzelkosten der Teilleistungen sind die Einsatzmittel und das Material die Kostenverursacher. Im Bereich der Baustellengemeinkosten liegen die Kostenverursacher neben Einsatzmitteln und Materialien in der Leitung der

³⁶ Vgl. BGL – Baugeräteliste 2001, Hrsg. Hauptverb. d. Dtsch. Bauindustrie Ausgabe 2001

³⁷ Vgl. KLR Bau - Kosten- und Leistungsrechnung der Bauunternehmen, 7. Auflage 2001 S. 20

³⁸ Vgl. DIN 69902 August 1987 Begriffsdefinition Einsatzmittel-Gruppe als Einheit, die mehrere, funktional oder ablauforganisatorisch voneinander unmittelbar abhängige, gleich- oder verschiedenartige Einsatzmittel umfasst

³⁹ Vgl. Poggel, H.: Kosten- und Leistungsrechnung im Baubetrieb, Sonderdruck aus dem Betonkalender 1999, Ernst und Sohn

⁴⁰ Vgl. KLR Bau – Kosten und Leistungsrechnung der Bauunternehmen, 7. Auflage 2001

⁴¹ Vgl. Kuhne, C.: Grundlagen und Entwurf eines Produktionsmodells für das Bauwesen, S. 193ff. Im Gegensatz zu Kuhne werden die genannten Begriffe um die leistungsabhängigen Kosten erweitert.

Baustelle. Bezieht man die Kosten auf eine bestimmte Größe, werden sie mit k abgekürzt und mit mindestens einem Index versehen. Es gilt dann folgende Indexregel: Der erste Index verweist auf die prozessorientierte Kostenart, die folgenden Indizes auf die Bezugsgrößen. Z.B. sind $k_{t,v,t}$ [WE/(ME*ZE)] die zeitabhängigen Kosten bezogen auf eine definierte Mengeneinheit und Zeiteinheit.

- **Kosten, direkte** (K_{DIR}), *engl. direct costs, directs* (K_{DIR}), [WE]: Die direkten Kosten sind diejenigen Kosten, die einer Erlösposition eines Leistungsverzeichnisses direkt zugeordnet werden. Sie sind synonym für die Einzelkosten der Teilleistungen.
- **Kosten, indirekte** (K_{IND}), *engl. indirect costs, indirects* (K_{IND}), [WE]: Die indirekten Kosten sind diejenigen Kosten, die nicht direkt einer Erlösposition eines Leistungsverzeichnisses zugeordnet werden können. Sie sind beinhalten die Baustellengemeinkosten, die Allgemeinen Geschäftskosten und werden mit einem Ansatz für Wagnis und Gewinn beaufschlagt.
- **Kosten, einmalige** (K_e), *engl. one time costs* (K_e), [WE]: Einmalige Kosten entstehen proportional zum Herstellen der Betriebsbereitschaft. Sie können sowohl zeitabhängige als auch leistungsabhängige oder mengenabhängige Bestandteile aufweisen. Die Kosten werden sowohl für sämtliche Einsatzmittel und Materialien als auch für das gesamte Leitungspersonal individuell abgegrenzt und verursachergerecht zugewiesen. Die einmaligen Kosten je Mengeneinheit werden mit $k_{e,v}$ [WE/ME] bezeichnet.
- **Kosten, leistungsabhängige**⁴² (K_l), *engl. operating costs depending on usage* (K_l), [WE]: Die leistungsabhängigen Kosten beziehen sich auf den Verbrauch von Betriebsstoffen und Energie von Geräten. Sie sind proportional zu Motorleistung [kW], spezifischem Kraftstoffverbrauch [g/kWh bzw. l/kWh], Auslastungsgrad des Motors [-], Einsatzzeit⁴³ [ZE] bzw. Betriebsdauer [ZE] des Geräts und Schmierstoffbedarf [-]. Über den spezifischen Verbrauch und den Auslastungsfaktor eines Geräts erfolgt die Umrechnung der leistungsabhängigen Kosten in zeitabhängige Kosten. Leistungsabhängige Kosten werden so in der Regel wie zeitabhängige Kosten behandelt⁴⁴. Die leistungsabhängigen Kosten je Mengeneinheit werden mit $k_{l,v}$ [WE/ME] bezeichnet.
- **Kosten, mengenabhängige** (K_v), *engl. quantity related costs* (K_v), [WE]: Die mengenabhängigen Kosten sind proportional zu einer Menge. In der Bauausführung betreffen sie das benötigte Material für die Ausführung von Prozessen sowie die Leistungen von Nachunternehmern, da diese nach ausgeführter Menge vergütet werden. Im Fall von

⁴² Vgl. Vorlesungsskript Baumaschinen und Vorlesungsskript Kostenrechnung, Lehrstuhl für Tunnelbau und Baubetriebslehre TU München, 6. Auflage 2001

⁴³ Vgl. KLR Bau - Kosten- und Leistungsrechnung der Bauunternehmen, 7. Auflage 2001 S. 36

⁴⁴ Vgl. Kuhne, C.: Grundlagen und Entwurf eines Produktionsmodells für das Bauwesen, Dissertation TU München 2000 S. 175

Materialgeleitklauseln wird der Wert je Einheit um den entsprechenden Betrag angepasst. Die mengenabhängigen Kosten je Mengeneinheit werden mit $k_{v,v}$ [WE/ME] bezeichnet.

- **Kosten, zeitabhängige** (K_t), *engl. time related costs* (K_t), [WE]: Die zeitabhängigen Kosten betreffen die Vorhaltekosten⁴⁵ des Produktionsapparats. Sie sind proportional zur Dauer eines Zeitraums. In der Bauausführung sind sie der wesentliche Faktor für die Optimierung der Produktionsplanung bezüglich Kosten, Arbeitszeit oder Vorhaltezeit von Einsatzmitteln. Über die Leistung bzw. den Aufwandswert von Einsatzmitteln erfolgt die Umrechnung auf die auszuführende Mengeneinheit. Die zeitabhängigen Kosten je Mengeneinheit werden mit $k_{t,v}$ [WE/ME] bezeichnet.
- **Leistung, technischer Leistungsbegriff** (L), *engl. output* (L), [ME/ZE]: Die Leistung gibt an, wie viele Mengeneinheiten in einem vorgegebenen Zeitraum von einem Betrieb oder einem Teil eines Betriebs hergestellt werden sollen (Soll-Leistung) oder hergestellt worden sind (Ist-Leistung). Für die Bauausführung ist der Soll-Wert als Mittelwert über eine abgegrenzte Gesamtmenge zu sehen und für jede Baumaßnahme spezifisch vorab einzuschätzen⁴⁶. Die Leistung stellt das durchschnittliche technische Arbeitsvermögen bei gegebenen Arbeitsverhältnissen einer Baustelle dar und ist abhängig von den gewählten Einsatzmitteln, der Situation an den einzelnen Betriebspunkten sowie der Arbeitsorganisation und exogenen Einflüssen.
- **Leistung, kaufmännischer Leistungsbegriff**, *engl. payment*, [WE]: Die Leistung ist nach KLR Bau das bewertete Resultat der betrieblichen Tätigkeit (Leistungserstellung)⁴⁷.
- **Leitmenge**, *engl. related quantity*: Über die Leitmenge wird der Bezug zur ausgeschriebenen Mengeneinheit der Position hergestellt. Die Leitmenge gibt an, welche Menge je Mengeneinheit des Kalkulationsbausteins für die ausgeschriebene Mengeneinheit angesetzt ist.
- **Leitungspersonal** (F), *engl. management staff* (F): Das Leitungspersonal wird zur Führung, Leitung und Verwaltung sowie für Planung und Organisation einer Baumaßnahme benötigt. Dies umfasst die Bauleitung und sämtliche weiteren (Leitungs-)Personen, die Aufgaben im dispositiven⁴⁸ oder derivativen Bereich auf einer Baustelle übernehmen.
- **Leitungspersonenanzahl** (Q_F), *engl. management staff count* (Q_F), [F]: Die Leitungspersonenanzahl gibt die Anzahl von Leitungspersonen einer Baustelle an. Die Angabe erfolgt in Anzahl [F] von Leitungspersonen.

⁴⁵ Vgl. BGL – Baugeräteliste 2001, Hrsg. Hauptverb. d. Dtsch. Bauindustrie, Ausgabe 2001

⁴⁶ Vgl. Nawrath, J.: Analyse und Steuerung von Linienbaustellen, Bauverlag 1968 S. 35ff

⁴⁷ Vgl. BGL – Baugeräteliste 2001, Hrsg. Hauptverb. d. Dtsch. Bauindustrie, Ausgabe 2001. Zu weiteren Definitionen und Festlegungen sowie dem Vorgehen zur Leistungsermittlung siehe KLR Bau.

⁴⁸ Vgl. Gabler Wirtschaftslexikon, 15. Auflage 2001 und Gutenberg, Erich sowie Burkhardt, G.: Kostenprobleme der Bauproduktion, Bauverlag 1963 S. 95

- **Material (M)**, *engl. material (M)*: Der Begriff Material umfasst Stoffe⁴⁹ und Hilfsstoffe⁵⁰ sowie Betriebsstoffe⁵¹. Stoffe werden Teil des Bauwerks. Hilfsstoffe werden bei der Herstellung des Bauwerks verbraucht, aber nicht Bestandteil des eigentlichen Bauwerks. Betriebsstoffe werden für den Betrieb von Geräten benötigt. Beispiel: Materialbedarf für einen Prozess Mauerwerk herstellen: $M_{Q,MW} = M_{Q,MW,Ziegel} \cup M_{Q,MW,Mörtel}$
- **Materialbedarfsplanung**, *engl. planning of flow of materials*: Die Materialbedarfsplanung beinhaltet die Planung und Koordinierung des Bedarfs sämtlicher Materialien, die zur Herstellung eines Bauwerks benötigt werden. Die Materialbedarfsplanung erfolgt auf Basis der Produktionsplanung und ist Voraussetzung für die Materialdisposition (vgl. Bedarf und Disposition).
- **Materialmenge (M_Q)**, *engl. material quantity (M_Q)*, [ME]: Die Materialmenge gibt die Menge eines bestimmten Materials an. M_{Q,Prozess} gibt an, welche Materialmenge für einen Prozess benötigt wird. Werden für einen bestimmten Prozess mehrere Materialien benötigt, wird dies durch einen dritten Index angegeben.
- **Menge**, *engl. quantity*, [ME]: Die Menge ist eine Größe für die Quantität von Materialien (Materialmenge), für den Output eines Fertigungsprozesses (Volumen), Einsatzmittelzeiteinheiten oder für den Vordersatz einer Position im Leistungsverzeichnis. Eine Angabe als Menge kann auch für eine Anzahl unterschiedlicher Objekttypen als Zusammenfassung unter einer Leitmenge erfolgen, wenn dies für die weitere Verwendung sinnvoll ist, wie z.B. die Angabe der Vorhaltemenge Schalung innerhalb eines Pools oder der Anzahl von mehreren Gerätegruppen eines ähnlichen Typs. Die Angabe für eine Menge erfolgt in Mengeneinheiten [ME].
- **Mittellohn (ML)**, *engl. average crew cost (ML)*, [WE/(A*h), kurz: WE/Ah]: Der analog zur KLR Bau⁵² berechnete durchschnittliche Gesamttariflohn eines Betriebs. Der Mittellohn wird für jeden Betrieb getrennt berechnet.
- **Personal (A)**, *engl. workforce (A)*: Das Einsatzmittel Personal sind die gewerblichen Arbeitskräfte, die keine Aufsichtsfunktion wahrnehmen. Diese bilden den Produktionsfaktor menschliche Arbeit und werden den einzelnen Betrieben entsprechend ihrer Eignung (Qualifikation) zugeteilt.

⁴⁹ Vgl. Drees / Paul: Kalkulation von Baupreisen, 7. Auflage 2002 S. 58

⁵⁰ Vgl. Drees / Paul: Kalkulation von Baupreisen, 7. Auflage 2002 S. 99

⁵¹ Vgl. Drees / Paul: Kalkulation von Baupreisen, 7. Auflage 2002 S. 66

⁵² Vgl. KLR Bau - Kosten- und Leistungsrechnung der Bauunternehmen, 7. Auflage 2001

- **Personalstärke** (Q_A), *engl. workforce count* (Q_A), [A]: Die Personalstärke gibt die Anzahl der gewerblichen Arbeitskräfte eines Betriebs an. Die Angabe erfolgt in Anzahl [A] von gewerblichen Arbeitskräften.
- **Personalstärke, durchschnittliche** ($Q_{A,\phi}$), *engl. average workforce count* ($Q_{A,\phi}$), [A]: Die durchschnittliche Personalstärke ist das arithmetische Mittel der Personalstärke über einen bestimmten Zeitraum. In der Regel bezieht sich der Zeitraum auf die Dauer, in der ein Betrieb eingesetzt wird.
- **Personalstärke, maximale** ($Q_{A,max}$), *engl. maximum workforce count* ($Q_{A,max}$), [A]: Die maximale Personalstärke ist der Maximalwert der Personalstärke innerhalb eines bestimmten Zeitraums. In der Regel bezieht sich der Zeitraum auf die Dauer, in der ein Betrieb eingesetzt wird.
- **Pool, kurz für Einsatzmittelpool** (POOL), *engl. pool* (POOL): Ein Pool ist ein Zusammenschluss aller Einsatzmittel eines bestimmten Typs, z.B. Pool Personal Bewehrung, Pool Gerät Schalung etc. Das Poolmodell kommt bei diskontinuierlichen Prozessen zum Einsatz. Pools werden auf Basis von Typen gebildet und für die weitere Unterteilung wie folgt strukturiert:
Pools für Personal: Betrieb – Kolonne – Mannschaft
Pools für Geräte: Pool Gerätetyp – Gerätegruppe – Gerät
- **Potenzialfaktor**⁵³ (ψ), *engl. potential coefficient* (ψ), [%, -]: Verhältnis von maximaler Personalstärke ($Q_{A,max}$) zur durchschnittlichen Personalstärke ($Q_{A,\phi}$) eines Betriebs oder Teil eines Betriebs über einen vorgegebenen Zeitraum.
- **Produkt, bauspezifische Definition**, *engl. product*: Ein Produkt ist in seinen Eigenschaften definiert durch die Planung und stellt einen Teil des Werkes dar. Die Beschreibung des Produkts ist das Endergebnis des Planungsprozesses. Für die Bauproduktion beschränkt man sich auf die Betrachtung des Sachguts am Ende des jeweiligen Fertigungsprozesses⁵⁴. Das Ergebnis eines Fertigungsprozesses ist stets ein Fertigungsabschnitt.
- **Produktionsablauf**, *engl. production flow*: Der Produktionsablauf beschreibt die Reihenfolge der einzelnen Produktionsschritte für ein Projekt. Für die prozessorientierte Betrachtung beschreibt der Produktionsablauf die Reihenfolge der einzelnen Teilprozesse.
- **Produktionsapparat**, *engl. site apparatus*: Der Produktionsapparat beinhaltet sämtliche Betriebe sowie das Leitungspersonal einer Baumaßnahme.

⁵³ Vgl. Burkhardt, G.: Kostenprobleme der Bauproduktion, Bauverlag 1963 S. 104 ff

⁵⁴ Vgl. Burkhardt, Schub, Nawrath

- **Produktionsfunktion**⁵⁵, *engl. production equation*:

$$Q * D * T_d = V * w = W$$

Die Produktionsfunktion kann auf sämtliche Typen von Einsatzmitteln angewandt werden. Für die prozessorientierte Kostendefinition in der Bauausführung werden lediglich die Einsatzmittel Personal und Gerät eines Betriebs angesetzt und betrachtet.

- Q = Betrieb, *engl. site crew*, repräsentiert durch dessen Einsatzmittel, *engl. operating resources*; gilt analog für Kolonne und Mannschaft
- D = Dauer [Mo, Wo, d, h], *engl. duration*
- T_d = tägliche Arbeitszeit [h/d], *engl.: daily operating time*
- V = Volumen [ME], *engl. quantity*, Volumen eines Prozesses
- w = spezifischer Aufwandswert [EMh/ME], *engl. resource hours per unit*
- W = Aufwand [EMh], *engl. resource hours*
- ME = Mengeneinheit, *engl. quantity unit*
- ZE = Zeiteinheit, *engl. time unit*
- Mo = Monat, *engl. month*
- Wo = Woche, *engl. week*

- **Produktionsgeschwindigkeit**⁵⁶ (v), *engl. production progress (v)*, [ME/ZE]: Die Produktionsgeschwindigkeit gibt an, wie viele Mengeneinheiten oder Fertigungsabschnitte in einem vorgegebenen Zeitraum hergestellt werden sollen - mit v_{SOLL} als Soll-Wert - oder hergestellt worden sind – mit v_{IST} als Ist-Wert. Die Produktionsgeschwindigkeit ist für alle Teile eines Betriebs und für alle Betriebe untereinander auf die geplante Baugeschwindigkeit abzustimmen.
- **Produktionsmodell**, *engl. production model*: Im Produktionsmodell werden jedem Produkt des Produktmodells die dem Produkttyp entsprechenden Prozesse des Prozessmodells zugewiesen. Für die Bauproduktion erfolgt dies durch Zuweisung der Teilprozesskette zum jeweiligen Fertigungsabschnitt eines Bauwerks.
- **Produktionsplanung**, *engl. production scheduling*: Die Kombination von Einsatzmittel- und Ablaufplanung unter Berücksichtigung der örtlichen Gegebenheiten, der gewählten Verfahrenstechnik sowie aller äußeren Einflüsse und sonstiger Abhängigkeiten. Aus der

⁵⁵ Vgl. Burkhardt, Georg: Numerische Ablaufplanung einer Baustelle, Schriftenreihe des Bayerischen Bauindustrieverbandes Nr. 4, Bauverlag 2. Auflage 1968 S. 62ff.

⁵⁶ Vgl. Nawrath, J.: Analyse und Steuerung von Linienbaustellen, Bauverlag 1968

Produktionsplanung ergibt sich der Materialbedarf für die einzelnen Prozesse. Die Baustelleneinrichtungsplanung ist auf die Produktionsplanung abzustimmen.

- **Produktmodell**, *engl. product model*: In einem Produktmodell werden die herzustellenden Produkte beschrieben⁵⁷ und strukturiert abgebildet. Dies geschieht durch die Planung in Verbindung mit der Leistungsbeschreibung. Für die Bauproduktion ist das Bauwerkmodell das maßgebende Produktmodell.
- **Projektstruktur**, *engl. project sequence*: Gesamtheit der wesentlichen Beziehungen zwischen den Elementen eines Projekts⁵⁸.
- **Prozess, bauspezifische Definition**, *engl. process*: Der Prozess ist ein Transformationselement⁵⁹. Für die Bauproduktion betrifft dies die Fertigungsprozesse zur Herstellung eines Bauwerks. Als Input bindet der Prozess einen Betrieb, einen Teil eines Betriebs oder mehrere Betriebe und benötigt Material. Der Input in Form von Einsatzmitteln und Material wird unter einem spezifischen Leistungsansatz in ein Produkt als Output gewandelt. Das Produkt eines Fertigungsprozesses ist stets ein Fertigungsabschnitt. Die entsprechenden Kosten sind im Bereich der direkten Kosten angesiedelt. Bei den Fertigungsprozessen wird in diskontinuierliche und kontinuierliche Prozesse unterschieden, die jeweils mindestens einen Teilprozess beinhalten.
- **Prozess, diskontinuierlicher**, *engl. discontinuous process*: Ein diskontinuierlicher (unstetiger) Prozess beinhaltet **unterschiedliche** Teilprozesse, die in einer Teilprozesskette zusammengefasst sind. Die einzelnen Teilprozesse können von unterschiedlichen Betrieben ausgeführt werden. Die Einsatzmittel des jeweiligen Betriebs werden dabei an mehreren Teilprozessketten verschiedenartiger diskontinuierlicher Prozesse und innerhalb eines Teilprozesses teilweise **gleichzeitig** an mehreren Betriebspunkten eingesetzt. Die einzelnen unterschiedlichen Einsatzmittel werden daher in Pools zusammengefasst, aus denen bei Ausführung der Teilprozesse der jeweilige Bedarf gedeckt wird. Für diskontinuierliche Prozesse ist der Betrieb die Gruppierung dieser Pools. Diskontinuierliche Prozesse können aus betrieblichen Gründen oder zur Optimierung des Gesamtablaufs unterbrochen werden. Für die Arbeit an den einzelnen Teilprozessen kann der Pool Personal in Kolonnen und weiter in Mannschaften unterteilt werden.
- **Prozess, kontinuierlicher**, *engl. continuous process*: Ein kontinuierlicher (stetiger) Prozess beinhaltet mindestens **einen** Teilprozess, der mit einer angenommenen konstanten Leistung in

⁵⁷ Vgl. Kuhne Carsten, Grundlagen und Entwurf eines Produktionsmodells für das Bauwesen, Dissertation TU München 2000, S. 182

⁵⁸ DIN 69901 Ausgabe August 1987

⁵⁹ Vgl. Burkhardt, Schub, Nawrath

Mengeneinheit pro Zeiteinheit [ME/ZE] ausgeführt wird, wobei der ausführende Betrieb sich entlang einer Fertigungsstraße bewegt. Die Leistung ist die Produktionsgeschwindigkeit dieses Betriebs. Der ausführende Betrieb stellt dabei eine Einheit dar, der Mannschaft, Aufsicht und Gerät **fest** zugewiesen werden.

- **Prozessmenge** (V_{Prozess}), *engl. process quantity* (V_{Prozess}), [ME]: Die Prozessmenge ist die Mengenangabe für den Input eines Teilprozesses. Im Rahmen der Produktionsplanung und Materialbedarfsplanung ist die Prozessmenge für jeden Teilprozess zu ermitteln. Über die Prozessmenge wird der tatsächliche Bedarf an Einsatzmitteln und Materialien bestimmt. Prozessmengen können ebenfalls durch Aufmaß ermittelt werden. Die Erfassung erfolgt dann ebenfalls nach den Richtlinien für elektronische Bauabrechnung (REB) bzw. nach den Regelungen nach GAEB.
- **Prozessmodell**, *engl. process model*: In einem Prozessmodell werden die zur Herstellung aller vorkommenden Produkttypen notwendigen Prozesse beschrieben und strukturiert abgebildet. Das kleinste Element des Prozessmodells ist ein Teilprozess.
- **Rang**, *engl. rank*: Jedem Vorgang bzw. Ereignis wird eine Ordnungszahl als Rang (R) zugeordnet, die sich aus der Struktur der Anordnungsbeziehungen ergibt. Durch die Rangsortierung werden Vorgänge über ihre Anordnungsbeziehungen in eine qualitative Reihenfolge gebracht. Über die Anordnungsbeziehung zwischen zwei Vorgängen können diese in Vorgänger Vorgang I und Nachfolger Vorgang J klassifiziert werden.
- **Raum** (ROOM), *engl. room* (ROOM): Ein Raum ist definiert durch seine Begrenzungsflächen. Diese Begrenzungsflächen werden durch die Raum teilenden Elemente eines Bauwerks gebildet. Diese können tragend oder nicht tragend sein. Ein Raum kann weiter in Bereiche unterteilt werden.
- **Raumbuch**, *engl. room book*: In einem Raumbuch sind sämtliche Räume eines Bauwerks aufgeführt. Es wird bei denjenigen Bauwerken angewendet, bei denen eine Betrachtung auf Basis von Räumen für den Ausbau erforderlich wird. Die kleinste Einheit des Raumbuchs ist der Bereich eines Raumes. Das Raumbuch ist individuell an die spezifischen Gegebenheiten eines Bauwerks anzupassen.
- **Soll-Ist-Vergleichsrechnung**⁶⁰ (SIV), *engl. actual versus planned* (AVP): Im Rahmen von Soll-Ist-Vergleichen werden Soll- und Ist-Zahlen gegenübergestellt, um deren Abweichungen zwecks Abweichungsanalyse zu ermitteln. Dabei werden Vergleiche über Mengen und/oder Werte durchgeführt, wobei neben den Soll- und Ist-Zahlen deren Bezugsgröße anzugeben ist.

⁶⁰ Vgl. KLR Bau - Kosten- und Leistungsrechnung der Bauunternehmen, 7. Auflage 2001

Soll-Zahlen erfüllen eine Vorgabefunktion. Die Ist-Zahlen geben die tatsächlich aufgetretenen Werte und/oder Mengen an.

- **Status (ST)**, *engl. status (ST)*: Der Status beschreibt den fertigungstechnischen Zustand, in dem sich ein Bauwerk oder ein Element des Bauwerks befindet. Es existieren drei Typen von Status: noch nicht begonnen, in Arbeit und fertig gestellt mit Datum der Fertigstellung. Im Zuge der Bauausführung ist für Ereignis gesteuerte Soll-Ist-Vergleiche der Status für sämtliche Fertigungsabschnitte baubegleitend zu erfassen und zu überwachen.
- **Struktur**⁶¹, *engl. structure*: Gesamtheit der wesentlichen Beziehungen zwischen den Bestandteilen, d.h. Elementen eines Systems. Sie beschreibt dessen Aufbau und Wirkungsweise.
- **Taktfertigung**, *engl. production in work cycles*: Die Taktfertigung findet Anwendung bei diskontinuierlichen Prozessen. Voraussetzung für Taktfertigung ist die Einteilung des Bauwerks in eine ausreichend große Anzahl quantitativ und qualitativ gleichartiger Fertigungsabschnitte, die repetitive Teilprozessketten aufweisen. Die Synchronisation der diskontinuierlichen Prozesse erfolgt dabei über die Taktzeit, innerhalb derer die einzelnen Teilprozesse des für die Taktfertigung betrachteten Produkts durchgeführt werden müssen. Ziel ist dabei, eine möglichst konstante Ganglinie der an die Teilprozesse gebundenen Einsatzmittel zu erreichen. Dazu werden die im Sinne der Fließfertigung nicht synchronisierbaren Prozesse, die so genannten Störprozesse, in Wechselprozesse, Springerprozesse oder Aussetzerprozesse überführt⁶². Die Planung der Taktfertigung (Taktplanung) ist ein Bestandteil der Produktionsplanung.
- **Teilprozess**⁶³ (TP), *engl. sub-process (SP)*: Ein Teilprozess ist ein Element einer Teilprozesskette. Er ist die kleinste abgrenzbare Leistung sowohl bei der Herstellung eines Produkts wie auch bei der Kalkulation und Steuerung der Fertigung eines Bauwerks. Ein Teilprozess wird in einem Kalkulationsbaustein dargestellt. Jeder Teilprozess definiert den notwendigen Input (Betrieb und Material) und liefert als Ergebnis eine eindeutig abgrenzbare Fertigungsstufe bei der Herstellung eines Fertigungsabschnitts.
- **Teilprozesskette** (TPK), *engl. sub-process-chain (SPC)*: Eine Teilprozesskette beschreibt eine Abfolge von Teilprozessen mit festgelegten Anordnungsbeziehungen und zeitlichen Abständen (min Z, max Z etc.) zwischen den einzelnen Teilprozessen. Sind innerhalb der Teilprozesskette Einsatzmittel über mehrere Teilprozesse gebunden, so wird Beginn und Ende der Bindung über

⁶¹ Vgl. DIN 69900-Teil 1 und DIN 69901, beide Ausgabe August 1987

⁶² Vgl. Schub, Adolf: Probleme der Taktplanung in der Bauproduktion, Bauverlag GmbH Wiesbaden und Berlin 1970 S. 14ff

⁶³ Vgl. Burkhardt, Schub, Nawrath

die Teilprozesskette definiert. Dafür wird jeweils für den Einsatzmittel bindenden Teilprozess ein Bindezeitpunkt und für den Einsatzmittel freisetzenden Teilprozess ein Freisetzungzeitpunkt definiert. Ein Fertigungsabschnitt (Produkt) ist der Output einer Teilprozesskette.

- **Teilprozesskette, spezifische⁶⁴** (SPEZIFISCHE-TPK), *engl. custom sub-process-chain (CUSTOM-SPC)*: Die spezifische Teilprozesskette beschreibt die Herstellung eines Fertigungsabschnitts. Sie wird aus der standardisierten Teilprozesskette abgeleitet.
- **Teilprozesskette, standardisierte⁶⁵** (STANDARD-TPK), *engl. standard sub-process-chain (STANDARD-SPC)*: Die standardisierte Teilprozesskette beschreibt die für einen Standard-Elementtyp charakteristische Abfolge von Teilprozessen, die für die Herstellung technisch notwendig und für alle Standard-Elemente dieses Typs sowie die daraus abgeleiteten Spezifischen Elemente identisch ist. Aus der standardisierten Teilprozesskette werden die spezifischen Teilprozessketten für die einzelnen Fertigungsabschnitte abgeleitet.
- **Terminplanung**, *engl. timing*: Die Terminplanung umfasst die Planung, Überwachung und Steuerung von Terminen. Ein Termin ist dabei stets die Angabe eines durch Kalenderdatum und / oder Uhrzeit ausgedrückten bestimmten Zeitpunkts⁶⁶.
- **Typ (TYPE)**, *engl. type (TYPE)*: Typen beschreiben die unterschiedlichen Ausprägungen und Spezialisierungen von Elementen eines Systems. Ein Typ verfügt über bestimmte spezifische Merkmale und kann mit einem typspezifischen Schlüssel belegt werden.
- **Verschleißkosten, kurz Verschleiß** (K_{WT}), *engl. wear and tear (K_{WT})*, [WE]: Kostenansatz für den Werteverzehr eines Geräts, der über die Ansätze für Reparatur in der BGL hinausgeht oder dadurch nicht gedeckt ist⁶⁷. Der Ansatz von Verschleiß erfolgt parallel zu Abschreibung, Verzinsung und Reparatur. Die Verschleißkosten je Mengeneinheit werden mit $k_{WT,V}$ [WE/ME] angegeben.
- **Volumen eines Prozesses bzw. eines Vorgangs, kurz Volumen** (V), *engl. quantity (V)*, [ME]: Das Volumen gibt die Menge an Einheiten an, die durch einen Prozess bzw. innerhalb eines Vorgangs hergestellt werden sollen (siehe Produktionsfunktion) oder hergestellt worden sind.
- **Vorgang**, *engl. activity*: Ein Vorgang ist ein Ablauelement, das ein bestimmtes Geschehen beschreibt. Hierzu gehört auch, dass Anfang und Ende definiert sind⁶⁸.

⁶⁴ Vgl. DIN 69901, Ausgabe August 1987: Begriffsdefinition Spezifikation als ausführliche Beschreibung der Leistung (z.B. technisch, wirtschaftlich, organisatorisch)

⁶⁵ Vgl. DIN 69901, Ausgabe August 1987 Begriffsdefinition Standardstruktur als Struktur, die zur wiederholten Verwendung geplant und zur verbindlichen Lösung (Standardlösung) erklärt wurde.

⁶⁶ Vgl. DIN 69900 Teil 1, Ausgabe August 1987 Begriffsdefinition Termin

⁶⁷ Vgl. BGL – Baugeräteleiste 2001, Hrsg. Hauptverb. d. Dtsch. Bauindustrie, Ausgabe 2001

⁶⁸ Vgl. DIN 69900-Teil 1, Ausgabe August 1987

- **Vorhaltekosten** (K_{VH}), *engl. disposal costs (K_{VH})*, [WE/ZE]: Die Vorhaltekosten werden für jedes Einsatzmittel und jede Leitungsperson separat bestimmt und ausgewiesen. Für Geräte⁶⁹ berechnen sie sich aus kalkulatorischer Abschreibung und Verzinsung sowie Reparaturkosten. Für die Einsatzmittel Aufsicht und Personal sowie die Leitungspersonen sind dies die Lohnkosten, für das Führungspersonal die Gehaltskosten. Die Vorhaltekosten $k_{VH,t}$ werden in Währungseinheiten je Zeiteinheit [WE/ZE] angegeben.
- **Vorhaltemenge** ($Q_{GG,Type}$ oder $n_{GG,Type}$), *engl. stock ($Q_{GG,Type}$ or $n_{GG,Type}$)*, [ME]: Die Vorhaltemenge ist eine Mengenangabe für das Einsatzmittel Gerät. Sie gibt die Menge eines bestimmten Typs von Gerät an, die für den vorgesehenen Produktionsablauf benötigt wird. Die Vorhaltemenge ergibt sich aus dem Bedarf an Gerät für die einzelnen Prozesse innerhalb des geplanten Produktionsablaufs. Im Sinne des Poolmodells kann die Vorhaltemenge auf einen Pool Gerätetyp oder eine Gerätegruppe bezogen werden. Die Mengenangabe kann bezogen werden auf eine Anzahl ($n_{GG,Type}$), z.B. Vorhaltemenge $n_{GG,Bagger} = 2$ Stck., oder auf eine Menge $Q_{GG,Type}$, z.B. Deckenschalung der Vorhaltemenge $Q_{GG,Deckenschalung} = 1.000m^2$. Die Angabe von Vorhaltemenge und Vorhaltezeit sind Voraussetzung für die Berechnung der zeitabhängigen Kosten von Geräten.
- **Vorhaltezeit** ($T_{GG,Type}$) bzw. ($T_{G,Type}$), *engl. furnishing period ($T_{GG,Type}$) or ($T_{G,Type}$)*: Zeitraum, in dem ein Gerät oder eine Gerätegruppe einer Baustelle zur Verfügung steht und nicht anderweitig darüber verfügt werden kann⁷⁰.
- **Werk**⁷¹ (WERK), bauspezifische Definition, *engl. work (WORK)*: Das Werk ist die konstruktive Größe der Bauproduktion, in der Funktionen und Aufgaben durch die Planung definiert werden. Im Werk sind die Leistungen beschrieben, die zur Herstellung eines oder mehrerer Produkte notwendig sind. Es beinhaltet neben dem eigentlichen Bauwerk auch die temporären Maßnahmen zur Erstellung des Bauwerks.
- **Zeitabstand**, *engl. time lag (Z)*: Zeitwert einer Anordnungsbeziehung. Er kann größer als, kleiner oder gleich Null sein⁷².
- **Zeitabstand, minimaler** ($\min Z$), *engl. minimum time lag ($\min Z$)*: Zeitwert einer Anordnungsbeziehung, der nicht unterschritten werden kann⁷³. Der minimale Zeitabstand ist der technologisch minimal mögliche zeitliche Abstand zwischen zwei Teilprozessen. Ein

⁶⁹ Vgl. BGL – Baugeräteliste 2001, Hrsg. Hauptverb. d. Dtsch. Bauindustrie, Ausgabe 2001

⁷⁰ Vgl. KLR Bau - Kosten- und Leistungsrechnung der Bauunternehmen, 7. Auflage 2001 S. 36 sowie BGL Baugeräteliste 2001

⁷¹ Vgl. Burkhardt, G.: Kostenprobleme der Bauproduktion, Bauverlag 1963 S. 23 ff

⁷² Vgl. DIN 69900-Teil 1, Ausgabe August 1987

⁷³ Vgl. DIN 69900-Teil 1, Ausgabe August 1987

zeitlicher Abstand zwischen zwei Teilprozessen kann über die Leistung in einen räumlichen Abstand umgerechnet werden.

- **Zeitabstand, maximaler** ($\max Z$), *engl. maximum time lag (max Z)*: Zeitwert einer Anordnungsbeziehung, der nicht überschritten werden darf⁷⁴. Der maximale Zeitabstand ist der maximal mögliche Zeitabstand, um einen bestimmten Endtermin zu wahren.
- **Zeitabstand, optimaler** ($\text{opt } Z$), *engl. optimum time lag (opt Z)*: Zeitwert einer Anordnungsbeziehung, der den optimalen Zeitabstand angibt, um für Kosten oder Zeit eines Bauwerks ein Optimum zu erreichen.
- **Zeitpunkt**, *engl. time*: Festgelegter Punkt im Ablauf, dessen Lage durch Zeiteinheiten (z.B. Minuten, Tage, Wochen) beschrieben und auf einen Nullpunkt bezogen ist⁷⁵.
- **Zeitraum**, *engl. period*: Ein Zeitraum gibt eine Zeitspanne an, bei der Anfang und Ende definiert sind. Somit verfügt jeder Zeitraum über eine Dauer D_{Zeitraum} .

⁷⁴ Vgl. DIN 69900-Teil 1, Ausgabe August 1987

⁷⁵ Vgl. DIN 69900-Teil 1, Ausgabe August 1987