

Dissertation

Ressourcenplanung und Controlling von Arbeitsstunden bei KMUs im Baugewerbe unter Verwendung historischer Daten und Methoden des Projektmanagements

ausgeführt zum Zwecke der Erlangung des akademischen Grades eines Doktors der Sozial- und Wirtschaftswissenschaften unter der Anleitung von

Hon. Prof. Dr. phil.
Wolfgang E. Katzenberger
E330 Institut für
Managementwissenschaften

Univ. Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn.
Andreas Kropik
E234 Institut für interdisziplinäres
Bauprozessmanagement

Eingereicht an der Technischen Universität Wien
Fakultät für Informatik

von

Mag. Nikolaus Kern, MBA
8920380
Penzinger Strasse 48/5, 1140 Wien

Wien, am 6. Dezember 2010

DANKSAGUNG

Mein besonderer Dank gilt den beiden Betreuern – Herrn Prof. Dr. Wolfgang Katzenberger und Herrn Prof. Dr. DI Andreas Kropik: Sie haben durch ihre fachliche Unterstützung dieser Dissertation die notwendigen Anstöße und Richtungsweisungen gegeben. Dadurch hat diese Arbeit das methodische und inhaltliche Profil entwickeln können, das die fachliche Korrektheit und ihren Praxisbezug sicherstellt.

Meiner Familie – meiner Frau Michaela und unseren beiden Söhnen Moritz und Georg, die dieses Studium und die Dissertation als Betroffene mitgetragen hat, möchte ich ebenfalls besonders danken: Ohne diesen Rückhalt wäre dieses Vorhaben nie möglich gewesen.

Bei den an der praktischen Testphase beteiligten Personen bedanke ich mich ebenfalls für die hilfreichen Rückmeldungen aus der täglichen Baupraxis.

ABSTRACT

In dieser Dissertation wird die Fragestellung untersucht, wie die Kapazitätsplanung einer Bau-firma verbessert werden kann. Ausgangspunkte dafür sind historische Daten von bereits abge-schlossenen Baustellen und Methoden des Projektcontrollings (Earned-value-Analyse).

Zu Beginn wird eine Baufirma aus systemischer Sicht untersucht. Die Interaktionen mit der Umwelt als auch die internen Abläufe werden beschrieben. In weiterer Folge wird auf Detail-probleme eingegangen, die zur Interpretation der Planung relevant sind. Dazu gehören auch methodische Fragen, wie zum Beispiel die Latenz zwischen dem Ereignis auf der Baustelle und der Reaktion durch die Planung, sowie die Schätzung des Fertigstellungsgrades durch den Bauleiter.

In einem weiteren Abschnitt werden die Grundlagen des Projektmanagements und des Controllings ausgearbeitet und der Bezug zur konkreten Fragestellung hergeleitet. Die Definition eines angepassten Modells für die Earned-value-Analyse schließt diesen Bereich ab.

In weiterer Folge werden aus bereits abgeschlossenen Baustellen kumulative Zeit-Leistungs-Kurven extrahiert. Dieses Verfahren wird im Detail dokumentiert. Ebenso werden Methoden zum Vergleichen der Muster vorgestellt. Damit soll quantifizierend festgestellt werden, wie stark sich individuelle Muster voneinander unterscheiden.

Die Anwendung der automatischen Planung auf eine definierte Gruppe von Baustellen wird im nächsten Abschnitt beschrieben. Der gesamte Planungszyklus und das Verfahren zur Anwendung von Mustern auf laufende Baustellen werden dokumentiert. Der Einsatz der Earned-value-Analyse für das Baustellen-Controlling wird ebenfalls gezeigt.

Im Anschluss daran werden Plan- und Ist-Daten miteinander verglichen und die Planungs-genauigkeit von manueller und automatischer Planung (mit verschiedenen Mustern) beschrie-ben. Nach der Betrachtung von einzelnen Baustellen wird die Planung auf alle Baustellen ausgedehnt und die Möglichkeit eines Portfolio-Effektes untersucht.

Die Anwendung einer kombinierten manuellen und automatischen Planung für das ganze Unternehmen folgt nach dem Festlegen der Voraussetzungen und Vorbereitungen. Hier wer-den dann auch Szenarios ausprobiert, in denen die Auswirkung eines möglichen neuen Auf-trags auf die unternehmensweite Auslastung gezeigt wird. Anhand von Beispielen aus der Praxis wird das Verhalten von Baustellen auf die automatische Planung und die Earned-value-Analyse dargestellt.

Die Dokumentation ausgewählter technischer Aspekte der Implementierung der Software Indigo (z.B.: Datenbank-Modell, Objektorientierte Entwicklung) erfolgt im nächsten Ab-schnitt.

Die Auswirkungen auf die Organisation und die Prozesse innerhalb einer Baufirma sind we-sentliche Teile der Arbeit. Die Einführung eines Baustellen-Controllings und einer unter-nehmensweiten Ressourcenplanung ist nicht nur eine Frage der Software, sondern hängt zu einem sehr großen Ausmaß von der Akzeptanz der betroffenen Mitarbeiter ab.

Die zentralen Resultate in dieser Arbeit kommen aus folgenden Bereichen:

- Vergleichbar machen von Baustellen durch Muster
- Quantifizieren der Planungsgenauigkeit von manueller und automatischer Planung

- Anwendung der Earned-value-Analyse im Baustellen-Controlling
- Schwierigkeit der Schätzung des Fertigstellungsgrades im Baubetrieb

Die Einführung einer unternehmensweiten Ressourcenplanung und des Baustellen-Controllings ist teilweise ein technisches Informationstechnologie-Projekt (IT-Projekt), überwiegend jedoch ein Veränderungsprozess. Die Einstellung der Mitarbeiter zum Thema Planung und Controlling muss adressiert werden, um Veränderungen zu ermöglichen.

Die Zielsetzung, einen möglichen Beitrag zur Überlebensfähigkeit eines Unternehmens zu leisten, wurde im Rahmen dieser Dissertation erfüllt. Folgenden Bereiche wurden dabei bearbeitet:

- Kultur: Erhöhung der Transparenz beim Verbrauch von Stunden und der Planung von Mitarbeitern
- Strukturen und Ressourcen: erhöhte Effizienz beim Einsatz von Mitarbeitern, Controlling des Baustellen-Verlaufs
- Operative Konfiguration: regelmäßiger Prozess für die Planung der Mitarbeiter
- Agilität: Sichtbarmachen der Veränderungen während der Laufzeit einer Baustelle ermöglicht das Überwälzen von Kosten auf den Verursacher

Ob und wie weit sich die Einführung des Baustellen-Controllings und der Ressourcen-Planung tatsächlich auf die Überlebensfähigkeit auswirken, kann erst nach einer längeren Beobachtungsdauer beurteilt werden.

Die Auseinandersetzung der Bauleiter, des Controllings und der Geschäftsführung mit dem Verbrauch von Stunden auf den Baustellen und der Planung von Ressourcen hat sich im Lauf der Dissertation wesentlich verstärkt.

INHALTSVERZEICHNIS

1. Abbildungsverzeichnis.....	IX
2. Tabellen.....	XII
3. Formeln.....	XIII
4. Abkürzungsverzeichnis.....	XIV
5. Einleitung	1
6. Beschreibung der Ausgangssituation: Das System Baufirma.....	3
6.1. Systembestandteile.....	3
6.2. Beschreibung der Systembestandteile und Interfaces.....	5
6.2.1. Input Interface Anfragen/Aufträge.....	5
6.2.2. Output Interface abgewiesene Anfragen und erfolglose Angebote.....	5
6.2.3. Output Interface abgeschlossene Baustellen	5
6.2.4. Input Interface Subunternehmer Leistungen internalisieren	7
6.2.5. Output Interface Leistung externalisieren	7
6.2.6. Input Interface Leistungsänderungen.....	7
6.2.7. Input Interface Zugang Ressourcen	7
6.2.8. Output Interface Abgang Ressourcen	8
6.2.9. Angebote und Baustellen	8
6.2.10. Ressourcen.....	10
6.2.11. Schlechtwetter und Behinderungen.....	11
6.2.12. Einflussfaktoren Ausbildung, bezahlte Freizeit, Krankenstand, Urlaub.....	11
6.2.13. Bibliothek	11
6.2.14. Planung	12
6.3. Zeitverhalten von Planung, Ausführung und Kontrolle.....	12
6.4. Verfügbare Daten.....	13
6.4.1. Lohnarten.....	14
6.4.2. Datenqualität.....	14
6.4.3. Leasingarbeiter.....	15
6.4.4. Veränderung der Daten im Beobachtungszeitraum	16
6.4.5. Zuordnung von Regiestunden.....	16
6.4.6. Zeitausgleich.....	17
6.4.7. Veränderung der Kostenstellen.....	17
6.4.8. Subunternehmer	17
6.5. Bestehende Planungsmethoden	18
6.6. Zusammenfassung der Systembeschreibung.....	19
7. Problemstellung, Zielsetzung und methodische Fragen.....	20
7.1. Problemstellung.....	20
7.2. Detaillierte Zieldefinition.....	20
7.3. Methodische Fragen.....	21
7.3.1. Validierung der Stundenaufzeichnungen	21
7.3.2. Zeitraum zwischen Datenerzeugung und Reaktion durch neue Planung.....	22
7.3.3. Kriterien für die Auswahl einer Planungsmethode und eines Musters.....	22
7.3.4. Interpretation der Ergebnisse.....	23
7.3.5. Auswirkung von Rundungen bei Planungen auf die Kapazitätsplanung	23
7.3.6. Schätzen des Fertigstellungsgrades der Baustelle.....	24
7.3.7. Veränderungen des Volumens während der Laufzeit der Baustelle	24
7.3.8. Erfolgskriterien: Woran wird die Erreichung des Ziels gemessen?.....	24
7.4. Einschränkungen und Vereinfachungen	24
8. Projekt- und Baustellen-Controlling.....	26
8.1. Anforderungen an das Baustellen-Controlling.....	26

8.2. Projektmanagement.....	27
8.3. Projektcontrolling	28
8.3.1. Methoden des Projektcontrollings	31
8.4. ÖNORM 1801-5	32
8.5. Zusammenfassung Projektcontrolling	33
8.6. Earned-value-Analyse (EVA)/Earned-value-Management (EVM)	34
8.6.1. Exkurs: Fortschrittsschätzungen	38
8.7. Baubetrieb	39
8.8. ÖNORM B 2110.....	45
8.9. Kybernetische Organisation, Planung und Führung - KOPF	50
8.10. Zusammenfassung Baubetrieb.....	52
8.11. Anwendung auf Baustellen-Controlling: Herleitung der angepassten EVA/EVM	53
8.11.1. Veränderungen während der Laufzeit einer Baustelle	55
8.11.2. Exkurs: Stunden als Kosten und Leistung.....	56
9. Muster aus Definitionen und abgeschlossenen Baustellen erstellen	59
9.1. Verwendung historischer Daten für die Planung neuer bzw. laufender Baustellen	59
9.2. Attribute von Mustern.....	60
9.2.1. Der Begriff Stationarität	61
9.3. Arten von Mustern	61
9.3.1. Stationäre, linearisierte Muster	61
9.3.2. Nicht-stationäre, linearisierte Muster	62
9.3.3. Muster aus Rohdaten.....	62
9.3.4. Durchschnittsmuster.....	62
9.3.5. Manuell erstellte Muster.....	62
9.4. Muster aus abgeschlossenen Baustellen erzeugen.....	63
9.4.1. Nicht-stationäre Muster	65
9.4.2. Vergleich stationäre und nicht-stationäre Muster	67
9.4.3. Muster aus Hilfsstellen.....	68
9.4.4. Muster für Kleinbaustellen	68
9.5. Vergleichen und Auswählen der Muster.....	69
9.5.1. Methode zum Vergleichen der einzelnen Muster	69
9.6. Statistische Beschreibung der Muster.....	71
10. Planungen und Prognosen.....	78
10.1. Zielsetzungen der taktischen Planung für eine einzelne Baustelle	78
10.1.1. Liefereinheiten	79
10.1.2. Granularität der Planung – Rundungseffekte und Grundrauschen	79
10.2. Der Planungszyklus	80
10.2.1. Phase 1: Veränderung der Stammdaten bzw. Planungseckpunkte	81
10.2.2. Phase 2: Planung erstellen	82
10.2.3. Phase 3: Planung ausführen	83
10.2.4. Phase 4: Soll-Ist-Vergleich.....	83
10.3. Manuelle Planung	84
10.4. Automatische Planung	84
10.4.1. Die Verwendung von Mustern bei der automatischen Planung	84
10.5. Prognosen aus der Earned-value-Analyse.....	87
10.5.1. Schätzung des Bau-Fortschrittes.....	89
10.6. Zusammenfassung der Planungsmethoden	89
10.7. Berechnung eines zentralen Wertes für die Abweichung Plan- und Ist-Daten	90
10.8. Berechnung des Grundrauschens.....	92
11. Die Messung von Plan- und Ist-Leistung.....	95
11.1. Setup für den Fitness-Test.....	95

11.1.1. Vorbereitungen im Detail	97
11.1.2. Herkunft und Berechnung der Ist-Daten	97
11.1.3. Durchführung der automatischen Planungen.....	98
11.2. Kriterien für die Fitness einer Planungsmethode.....	98
11.3. Ergebnisse des 1. Testlaufs	99
11.3.1. Quellen für Abweichungen bei den Planungen	103
11.3.2. Korrelationen zwischen der Planungserfolg und Attributen der Baustellen	104
11.3.3. Art der Abweichungen: zu viel oder zu wenig	105
11.3.4. Erkenntnisse und Folgerungen aus dem 1. Testlauf.....	105
11.4. Ergebnisse des 2. Testlaufs	106
11.4.1. Veränderungen bei den Korrelationen zwischen der Planungserfolg und Attributen der Baustellen	109
11.5. Exkurs: Unterschiede nach Auftraggebern.....	109
11.6. Vergleich 1. und 2. Testlauf	112
11.7. Automatische Planung für alle Baustellen	114
11.7.1. Portfolio-Effekt bei der unternehmensweiten Planung	117
11.8. Zusammenfassung der automatischen Planungen	118
12. Integrierte, unternehmensweite Planung.....	120
12.1. Vorbereitungen	120
12.1.1. Sichten und Ergänzen der Daten.....	120
12.1.2. Stammdaten für Kleinbaustellen und Hilfsstellen	120
12.1.3. Berechnung der Soll-Leistung des gesamten Unternehmens	121
12.1.4. Abweichungen zwischen Ist- und Soll-Kapazität	122
12.1.5. Automatische und manuelle Planungen für laufende Baustellen	122
12.1.6. Herkunft der Daten für die Gesamtplanung.....	122
12.2. Die Auslastung des gesamten Unternehmens.....	123
12.3. Szenarios durchspielen: Was wäre wenn, dieser Auftrag dazukommt?	125
12.4. Ist-Auslastung	126
12.5. Vergleich Planung vs. Ist-Daten.....	127
12.5.1. Unterschiede bei der Durchführung der Planungen	128
12.5.2. 2372 – Beispiel für eine abgeschlossene Baustelle.....	128
12.5.3. 2376 – Beispiel für eine laufende Baustelle	130
12.5.4. Unternehmensweite Planung im Q1-2009.....	132
12.6. Validieren der Prognose aus der Earned-value-Analyse.....	134
13. Überblick der Implementierung von Indigo.....	137
13.1. Woraus besteht Indigo?.....	137
13.2. Verwendete Software und Tools	137
13.2.1. Datenbank	138
13.2.2. Entwicklungsumgebung	138
13.2.3. Tools	139
13.2.4. Links zu den eingesetzten Werkzeugen	139
13.3. Usecases in Indigo	139
13.4. Objektorientierung bei der Implementierung von Indigo	142
13.4.1. CLASS dlgExcel	143
13.4.2. CLASS ExcelReport	144
13.4.3. Zusammenspiel der Klassen dlgExcel und ExcelReport.....	145
13.5. Implementierung des Datenbank-Modells	146
13.5.1. Baustellen	148
13.5.2. Poliertagesberichte	149
13.5.3. Stundenaufzeichnungen.....	149
13.5.4. Fertigstellungsgrad	149

13.5.5. Leistungen.....	150
13.5.6. Planungsmethoden	150
13.5.7. Bauunterbrechungen.....	150
13.5.8. Grobplanung	150
13.5.9. Detailplanung.....	151
13.5.10. Kalender.....	151
13.5.11. Mitarbeiter	152
13.5.12. Bibliothek	152
13.5.13. Muster.....	152
13.5.14. Weitere Tabellen	152
13.6. Konsistenzprüfung der Stundenaufzeichnungen	152
13.7. Release Notes	154
14. Praktische Anwendbarkeit und Zusammenfassung.....	157
14.1. Umgang mit methodischen Fragen.....	159
14.1.1. Validierung der Stundenaufzeichnungen	159
14.1.2. Umgang mit der Latenz zwischen Erfassung der Ist-Daten und Neu-Planung ..	159
14.1.3. Kriterien für die Auswahl einer Planungsmethode und eines Musters	159
14.1.4. Interpretation der Ergebnisse	160
14.1.5. Aufrunden bei der Planung auf Wochenbasis.....	160
14.1.6. Schätzen des Fertigstellungsgrades der Baustelle.....	160
14.1.7. Veränderungen des Volumens während der Laufzeit der Baustelle	161
14.1.8. Aufwand für die Erfassung der Ist-Daten und Planung	161
14.1.9. Erfolgskriterien: Woran wird die Erreichung des Ziels gemessen?.....	161
14.2. Überblick der Funktionen in Indigo.....	162
14.2.1. Anforderungen an Indigo.....	162
14.3. Auswirkungen auf die Organisation	164
14.4. Ergebnisse für das Baustellen-Controlling.....	165
14.5. empirische Feldphase.....	166
14.6. Nutzen für das Unternehmen - Beitrag zur Überlebensfähigkeit	171
14.7. Zusammenfassung der wissenschaftlichen Neuerungen.....	175
14.8. Schlussfolgerungen.....	177
15. Literaturliste	178

1. ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1: Systemüberblick.....	3
Abbildung 2: Nominale Veränderung der Input- und Outputfaktoren.....	6
Abbildung 3: Prozentuelle Veränderung der Input- und Outputfaktoren.....	7
Abbildung 4: Die Phasen Planung, Ausführung und Kontrolle bzw. Neuplanung.....	13
Abbildung 5: Relationen zwischen Leistungsarten, Datenquellen und der Interpretation	17
Abbildung 6: Von der Problemstellung zum Ziel	20
Abbildung 7: Kostensteuerung: Inputs, Methoden und Resultate	30
Abbildung 8: Beispiel für einen Performance Bericht	36
Abbildung 9: Berechnung der Prognose für Baukosten	45
Abbildung 10: Beispiel Baustellenbericht und Regiebericht.....	48
Abbildung 11: Beispiel Regiebericht	49
Abbildung 12: Festgestellter Leistungsstand	51
Abbildung 13: Aufgewendete Stunden im Vergleich zu den vorgegebenen Arbeitsstunden...51	
Abbildung 14: Ableitung der angepassten EVA/EVM	53
Abbildung 15: Ablauf für die Erstellung eines Musters.....	64
Abbildung 16: Baustelle 1193 (98 Tage) stationäres Muster	65
Abbildung 17: Baustelle 1194 (118 Tage) nicht stationäres Muster (100 Datenpunkte).....	66
Abbildung 18: Baustelle 1194 (118 Tage) nicht stationäres Muster – nach manueller Anpassung	67
Abbildung 19: Baustelle 2357: stationärer und nicht-stationärer Verlauf und dazugehörige Muster	68
Abbildung 20: Unterschiede Referenzmuster und spezielles Muster	70
Abbildung 21: Durchlaufzeit von Leistungsbaustellen bei stationäre und nicht-stationäre Mustern	72
Abbildung 22: Stationäre Muster Hochbau Neubau	74
Abbildung 23: Nicht-stationäre Muster Hochbau Neubau	75
Abbildung 24: 2338, das Muster mit maximaler Abweichung vom Mittelwert.....	76
Abbildung 25: Planungszyklus	80
Abbildung 26: Verhältnis der Planungsläufe zur tatsächlichen Leistung.....	83
Abbildung 27: Ablauf der automatischen Planungen.....	85
Abbildung 28: Positionierung der aktuellen Baustelle im Verlauf des Muster	86
Abbildung 29: Übertragen der konkreten Arbeitstage und kumulierten Stunden auf das Muster	87
Abbildung 30: Prognose des Gesamtaufwandes mit Earned-value-Analyse.....	88
Abbildung 31: Auswirkung der Gruppierungsmethode auf das Delta zwischen Plan und Ist- Daten.....	91
Abbildung 32: Abweichungen in % bei der Anzahl der Mitarbeiter und Stunden	93
Abbildung 33: Reduktion des Daten für den ersten Testlauf.....	96
Abbildung 34: 1. Testlauf Mittelwert der Abweichungen für die gesamten Daten	100
Abbildung 35: Unterschiede von Planungsmethoden für Mitarbeiter bei Baustellen-Typen.101	
Abbildung 36: 1. Durchlauf Histogramm – Verteilung der Abweichungen pro Planungsmethode Mitarbeiterplanung	102
Abbildung 37: 1. Durchlauf Kumulatives Histogramm Abweichungen Mitarbeiterplanung 103	
Abbildung 38: Planung vs. Ist-Daten: Zu viele oder zu wenige Mitarbeiter	105
Abbildung 39: 2. Testlauf Mittelwert der Abweichungen für die gesamte Datenmenge.....	107
Abbildung 40: 2. Durchlauf Histogramm Mitarbeiterplanung	108
Abbildung 41: 2. Durchlauf Kumulatives Histogramm Mitarbeiterplanung.....	108
Abbildung 42: Unterschiede in der Planungsgenauigkeit bei Mitarbeitern nach Auftraggeber	110

Abbildung 43: Unterschiede in der Planungsgenauigkeit bei Stunden nach Auftraggeber....	111
Abbildung 44: Mittelwert der absoluten Planungsabweichung in Stunden nach Auftraggeber	112
Abbildung 45: Vergleich Mittelwert der Abweichung zwischen 1. und 2. Testlauf	113
Abbildung 46: Kumulatives Histogramm für 1. und 2. Testlauf	114
Abbildung 47: Gemeinsame Planung für alle Baustellen der Datenmenge - Mitarbeiter	115
Abbildung 48: Abweichung bei der gemeinsamen Planung aller Baustellen der Datenmenge - Mitarbeiter	115
Abbildung 49: Gemeinsame Planung aller Baustellen der Datenmenge - Stunden.....	116
Abbildung 50: Abweichung bei der gemeinsame Planung für alle Baustellen der Datenmenge - Stunden	117
Abbildung 51: Zusammenfassung der Einflussfaktoren auf die Planungsgenauigkeit.....	119
Abbildung 52: Unternehmensweite Auslastung per 25-04-2009 für Stunden.....	124
Abbildung 53: Unternehmensweite Auslastung per 25-04-2009 für Mitarbeiter	124
Abbildung 54: Planung eines Anbots führt zu Unter-Kapazitäten in KW 2009-15 bis 2009-20	125
Abbildung 55: Durch die (hypothetische) Verschiebung des Starts in die KW 2009-21 wird die Auslastung gleichmäßiger verteilt	126
Abbildung 56: Ist-Auslastung in Stunden für Q1-2009.....	127
Abbildung 57: Vergleich der Planungsgenauigkeit Baustelle 2372 – 2. Testlauf	129
Abbildung 58: Kumulativer Stundenverbrauch – Baustelle 2372	129
Abbildung 59: Kumulativer Stundenverbrauch – Baustelle 2376	130
Abbildung 60: Vergleich der Planungsgenauigkeit Baustelle 2376 – 2. Testlauf	131
Abbildung 61: Regelkreislauf für die Berechnung der Stunden	132
Abbildung 62: Soll-Ist Vergleich bei produktiven Mitarbeitern im Q1-2009	133
Abbildung 63: Soll-Ist Vergleich bei produktiven Stunden im Q1-2009.....	134
Abbildung 64: Earned-value-Analyse Baustelle 2385	135
Abbildung 65: Komponentendiagramm Indigo	137
Abbildung 66: Überblick Indigo Usecases	140
Abbildung 67: Usecases 1. Ist-Daten bearbeiten	140
Abbildung 68: Usecases 2. Planungen durchführen.....	141
Abbildung 69: Usecases 3. Reporting	141
Abbildung 70: Usecases 4. Steuerdaten bearbeiten.....	142
Abbildung 71: Usecases 5. Systemsteuerung	142
Abbildung 72: Vererbung von automatisch erzeugtem Code.....	142
Abbildung 73: Klasse dlgExcel.....	144
Abbildung 74: Klassen und Vererbung bei ExcelReport	145
Abbildung 75: ExcelReport – Polymorphie bei Attributen und Operationen	145
Abbildung 76: Reporting Sequenzdiagramm für die Ausgabe eines Berichts	146
Abbildung 77: ERD Diagramm Indigo	147
Abbildung 78: Abhängigkeiten der Tabelle Baustellen	148
Abbildung 79: Abhängigkeiten Tabelle Poliertagesberichte	149
Abbildung 80: Abhängigkeiten der Tabelle Stundenaufzeichnungen.....	149
Abbildung 81: Abhängigkeiten Tabelle Fertigstellungsgrad.....	150
Abbildung 82: Abhängigkeiten Tabelle Leistungen	150
Abbildung 83: Abhängigkeiten Tabelle Planungsmethoden	150
Abbildung 84: Abhängigkeiten Tabelle Bauunterbrechungen	150
Abbildung 85: Abhängigkeiten Tabelle Grobplanung	151
Abbildung 86: Abhängigkeiten Tabelle Detailplanung.....	151
Abbildung 87: Abhängigkeiten Tabelle Kalender	151
Abbildung 88: Abhängigkeiten Tabelle Mitarbeiter	152

Abbildung 89: Abhängigkeiten Tabelle Bibliothek	152
Abbildung 90: Durchschnittsmuster und manuell erstellte Muster.....	158
Abbildung 91: Bearbeiten von Baustellen in Indigo – Ansicht Poliertagesberichte.....	164
Abbildung 92: Datenerfassung – bestehende und neue Prozesse	167

2. TABELLEN

Tabelle 1: Verhältnis von Input- und Outputfaktoren	5
Tabelle 2: Veränderung der Input- und Outputfaktoren im Zeitverlauf.....	5
Tabelle 3: Beispiel für die Veränderung der Input- und Outputfaktoren	6
Tabelle 4: Unterscheidung der Arbeitsvorhaben.....	9
Tabelle 5: Definition der Hilfsstellen	9
Tabelle 6: Beschreibung der Lohnarten.....	14
Tabelle 7: Vor- und Nachteile der bestehenden Planungsmethode.....	20
Tabelle 8: Merkmale von Projekten	27
Tabelle 9: Kennzahlen der Earned-value-Analyse	36
Tabelle 10: Wechselwirkung der einzelnen Werte und Parameter zueinander	37
Tabelle 11: Berechnungsvarianten EAC und ETC	38
Tabelle 12: Datenquelle und –qualität für die EVA/EVM Parameter.....	55
Tabelle 13: Veränderungen während der Laufzeit	56
Tabelle 14: Herleitung des Parameters PV	57
Tabelle 15: Vergleich Referenzmuster und spezielles Muster.....	70
Tabelle 16: Statistische Kennzahlen der Lage und Streuung.....	73
Tabelle 17: Korrelationen zwischen Musterabweichung, Durchlaufzeit und Volumen	73
Tabelle 18: Eigenschaften eines auffälligen stationären Musters	74
Tabelle 19: Eigenschaften von auffälligen nicht-stationären Mustern.....	75
Tabelle 20: Eigenschaften des Musters 2338.....	76
Tabelle 21: Vergleich der Planungszyklen	82
Tabelle 22: Zusammenfassung der Planungsmethoden.....	89
Tabelle 23: Beispiel für die Gesamtabweichung von Planungen zu den Ist-Daten	91
Tabelle 24: Veränderung des Grundrauschens vom 1. zum 2. Testlauf.....	93
Tabelle 25: 1. Testlauf statistische Durchschnitts- und Lagewerte der Planungsmethoden...	102
Tabelle 26: Korrelationen Planungserfolg und Attribute der Baustellen	104
Tabelle 27: 2. Testlauf statistische Durchschnitts- und Lagewerte der Planungsmethoden...	107
Tabelle 28: 2. Testlauf Korrelationen.....	109
Tabelle 29: Unterschiedliche Typen von Auftraggebern.....	110
Tabelle 30: Auftragsvolumen nach Auftraggebern	111
Tabelle 31: Veränderungen zwischen 1. und 2. Testlauf	113
Tabelle 32: Unterschiede Gesamtplanung – Mittelwert der einzelnen Planungen	117
Tabelle 33: Stundenvolumen Kleinbaustellen und deren Planung für 2009	121
Tabelle 34: Stundenvolumen Hilfsstellen und deren Planung für 2009.....	121
Tabelle 35: Ausschnitt aus der Gesamtplanung in Stunden	123
Tabelle 36: Datenstruktur der Views vTL_x und vTMA_x	153
Tabelle 37: Validierung der Stundenaufzeichnungen	153

3. FORMELN

Formel 1: Abstand zwischen einem konkreten Muster und dem Mittelwert.....	73
Formel 2: Anteile der Mitarbeiter berechnen.....	84
Formel 3: Berechnung der Gesamtabweichung pro Planung	90
Formel 4: Gesamtabweichung pro Planung mit Delta kalkulierte Stunden – tatsächlicher Verbrauch.....	90

4. ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

4GL	4th Generation Language = Programmiersprache der 4. Generation
AC	actual cost
ADO	Advanced Data Objects = System zum Zugriff auf Datenbanken
AG	Auftraggeber
AK	Arbeitskalkulation
AN	Auftragnehmer
BAC	budget at completion
BB	Baubetrieb
CPI	cost performance indicator
CSV	budget at completion
CV	cost variance
DB	Database
DIN	Deutsches Institut für Normung
EAC	estimate at completion
ERD	Entity-Relationship-Diagram
ETC	estimate to complete
EV	earned value
EVA	earned value analyse
EVM	earned value method
EVT	earned value technique
GUI	graphical user interface = Benutzeroberfläche
ID	Identification
IT	Informationstechnologie
K7	Kalkulationsblatt 7
KMU	Kleine und mittlere Unternehmen
KOPF	Kybernetische Organisation, Planung und Führung
KW	Kalenderwoche
LVR	Lohnverrechnung
MS	Microsoft
NASA	National Aeronautics and Space Administration
ODBC	Open Database Connectivity = System zum Zugriff auf Datenbanken
OLE	Object Linking and Embedding = System zum Austausch von Daten
ÖNORM	Österreichische Norm
PC	Personal Computer
PMBOK	the project management body of knowledge
PMI	Project Management Institute
PTB	Poliertagesbericht
PV	planned value
SPI	schedule performance index
SQL	Structured Query Language = Sprache für Datenbankabfragen
SV	schedule variance
VO	Visual Objects
vTL	viewTagesLeistungen
vTMA	viewTagesMitarbeiter
WBS	Work Breakdown Structure = Arbeitspaket

5. EINLEITUNG

Diese Dissertation hat das Ziel, Methoden zur Ressourcenplanung in der Bauwirtschaft zu evaluieren und die so erstellten Prognosen zu validieren. Darüber hinaus wird ein Konzept für Baustellen-Controlling für Arbeitsstunden entwickelt, das wiederum in die Ressourcenplanung einfließt.

Die zentrale Fragestellung wird wie folgt beschrieben:

- Wie kann die Ressourcenplanung in der Bauwirtschaft durch die Verwendung historischer Daten verbessert werden?
- Welche Prognosemethoden sind dafür geeignet?
- Wie wird die Güte einer Prognose gemessen?
- Welche Informationen liefert das Baustellen-Controlling für Arbeitsstunden?

Davon abgeleitet ergeben sich eine Anzahl von methodischen Fragen, die im Abschnitt 7 *Problemstellung* behandelt werden.

Die Fragestellung ist in die strategische Beurteilung eingebettet, die sich mit dem Verhältnis von Firmenzielen und dem Umgang mit Mitarbeitern beschäftigt. Für die hier vorliegende Arbeit wird davon ausgegangen, dass Mitarbeiter die zentrale Ressource für die Erreichung der Firmenziele sind. Diese Annahme wird durch einige Fakten gestützt, so dass sie für diese Arbeit verwendet werden kann.

Die zentrale Ressource in der (hier betrachteten) Bauwirtschaft ist der Mitarbeiter in mehrfacher Hinsicht:

- Kostenstruktur: Die Bauwirtschaft ist nach wie vor eine sehr personalintensive Branche.
- Die Auslastung der vorhandenen Mitarbeiter: Diese Ressourcen können zwar verändert werden, es sind jedoch arbeitsrechtliche Fristen zu berücksichtigen. Diese Fristen können dazu führen, dass die Anpassung an die unmittelbare Ressourcenauslastung nur verzögert erfolgt. Ebenso sind Aspekte des Mitarbeiter Knowhows zu berücksichtigen (Häufige Veränderungen im Personalstand können zum Verlust von wichtigem Know-how führen).
- Die Abdeckung von Spitzenbelastungen durch externe Leasingkräfte: Hier sind kurzfristige Anpassungen möglich.

Das hier vorgestellte Modell kann prinzipiell auch für andere Ressourcen (z.B.: Maschinen, LKW) verwendet werden. Es wurde aber für diesen Zweck in der Dissertation nicht validiert.

Die vorliegenden Daten ermöglichen ein Durchspielen der Prognosen und deren Validierung über einen mehrjährigen Zeitraum. Daher kann das System mit einer geringeren Datenqualität beginnend weiter aufgebaut werden. Der Lernfortschritt der Organisation sollte auch in den Verbesserungen der Prognosen sichtbar werden.

Im Rahmen der Bearbeitung der Forschungsfragen wird eine Applikation mit dem Projektnamen Indigo erstellt, die zur Abwicklung der Datensammlung, Erstellung von Prognosen und Auswertung eingesetzt wird. Die technische Dokumentation des Indigo-Systems wird einen Teil dieser Arbeit einnehmen.

Das Programm Indigo soll folgende Funktionen umfassen:

- Wartung der Stammdaten: Baustellen, Muster-Vorlagen für die Planung

- Einlesen der Ist-Daten aus der Lohnverrechnung
- Planung der Ressourcen
- Anzeigen der Auslastung
- Soll – Ist – Vergleich mit verschiedenen Planungsmethoden
- Vorhaltekosten durch Planungsänderungen sichtbar machen: Diese „Umrüstkosten“ können im Einzelfall auch an den Bauherrn weitergegeben werden, wenn er die Veränderung verursacht hat.

Die Verbesserung der Ressourcenplanung soll die Überlebensfähigkeit des Unternehmens unterstützen, da der Planungshorizont deutlich ausgeweitet werden wird.

Diese Arbeit wird in folgende Abschnitte unterteilt:

- Beschreibung der Ausgangssituation: Welches Umfeld liegt vor? Welche Faktoren wirken zusammen?
- Eingrenzung der Problemstellung: Was ist Teil der Dissertation?
- Projekt- und Baustellen-Controlling
- Prognosemethoden: Welche Methoden werden eingesetzt?
- Dokumentation des Ablaufs Prognose – Validierung – Anpassung über einen definierten Zeitraum
- Indigo: Beschreibung des Funktionsumfangs
- Praktische Bewertung der eingesetzten Prognosemethoden und Anwendbarkeit der Ergebnisse

Nach Durchführung der Planungen und Validierungen soll klar werden, welche Methoden für die Fragestellung am besten geeignet ist. Die Anwendung der Erkenntnisse und des daraus erstellten Programms in der Praxis ist ebenfalls ein wesentliches Ziel der Dissertation. So soll überprüft werden, ob diese Arbeit einen Beitrag zur Erhöhung der Überlebensfähigkeit eines Unternehmens leisten kann.

6. BESCHREIBUNG DER AUSGANGSSITUATION: DAS SYSTEM BAUFIRMA

In diesem Abschnitt wird das System Baufirma beschrieben und die Wechselwirkungen der verschiedenen Elemente werden dargestellt. Die Daten und deren Qualität werden ebenfalls dokumentiert.

6.1. SYSTEMBESTANDTEILE

Das System Ressourcenplanung in der Bauwirtschaft umfasst folgende (im Zusammenhang dieser Arbeit) relevante Elemente:

- Ressourcen: Die Mitarbeiter sind jene Ressource, die durch die Planung optimiert eingesetzt werden sollen
- Baustellen: Laufende Bauvorhaben werden unterschieden in normale Baustellen, Regie- und Hilfsstellen (Details dazu weiter unten)
- Anbote: Der Umfang der neuen Baustelle ist durch das Anbot bereits festgelegt, Baubeginn kann erst nach Auftragserteilung erfolgen. Das Anbot enthält einen Unsicherheitsfaktor, da der potentielle Auftraggeber den Auftrag noch nicht erteilt hat.
- Ausbildung, bezahlte Freizeit, Krankenstand/Unfall, Urlaub, etc: Tragen nicht unmittelbar zur Leistungserbringung bei, verbrauchen aber Ressourcen
- Schlechtwetter und Behinderungen: Störfaktoren für den Baufortschritt
- Bibliothek: Vorlagen (als kumulative Zeit-Leistungs-Kurve) für den Ablauf von Baustellen
- Planung: Der Prozess zur Disposition von Ressourcen

Die Komponenten sind auf mehrere Wege miteinander verbunden und beeinflussen sich gegenseitig.

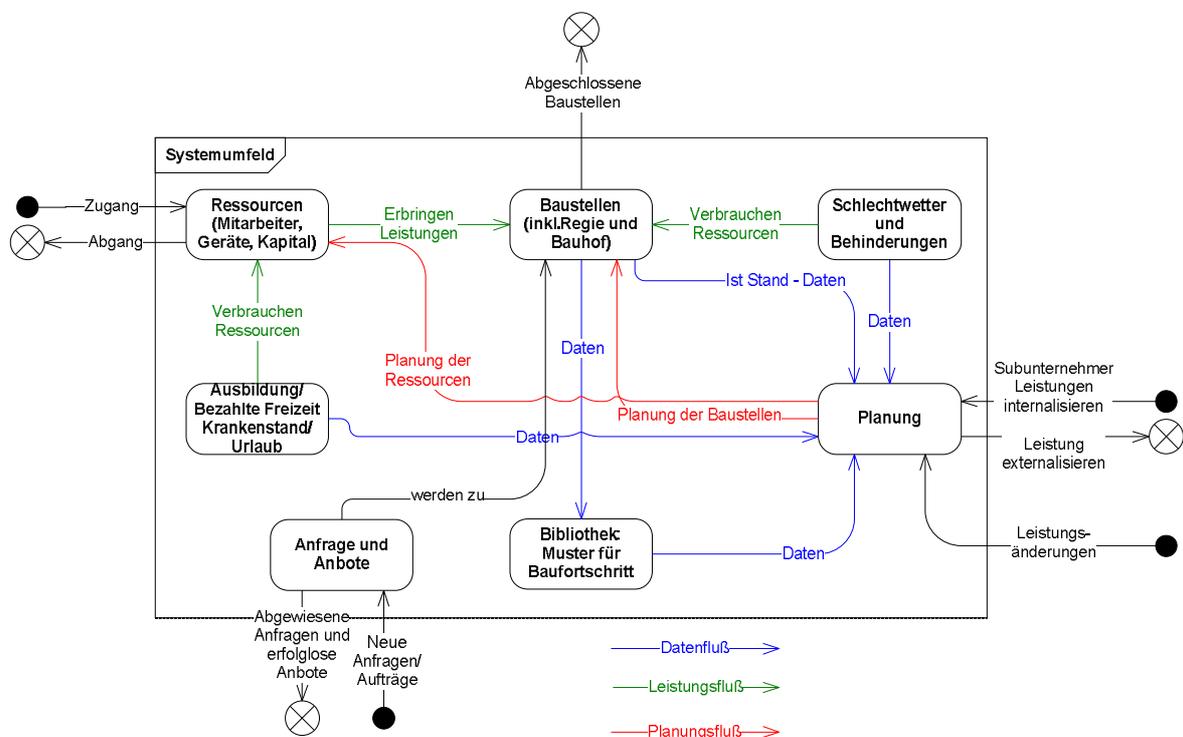


Abbildung 1: Systemüberblick

Der *Abbildung 1: Systemüberblick* kann entnommen werden, dass im Systemumfeld Baufirma folgende Beziehungen bestehen:

- 4x Austausch von Informationen zur Planung und 1x historischen Daten der abgeschlossenen Baustellen in die Bibliothek (zur Verwendung als Muster)
- 3x Leistungserbringung bzw. Ressourcenverbrauch
- 2x Planungen: Solldaten werden an das ausführende Element übermittelt
- 1x Transformation von Angeboten in Baustellen: Neue Aufträge werden von der Anbotsphase in die Ausführung übernommen. Wenn die Angebote und Baustellen als das „Rohmaterial“ für die Produktherstellung „abgeschlossene Baustelle“ verstanden werden, handelt es sich hier um einen Materialfluss.

Es gibt:

- 7 Systemelemente
- 4 Input-Interfaces
- 4 Output-Interfaces

Aufgabe des Systems Baufirma: Die Erbringung von Bauleistungen unter effizienter Nutzung der Ressourcen in einer im Umfeld optimalen Betriebsgröße, die zur Erwirtschaftung eines Gewinns führt, der den Betrieb des Systems sicherstellt und eine marktkonforme Rentabilität¹ aufweist.

- Zweck: Bauwerke errichten bzw. Baudienstleistungen erbringen
- Mittel: Ressourcen und Planung
- Ziele: Ausreichende Mittel für den Betrieb des Systems und Rendite für den Eigentümer
- Methodenziel: Effiziente Nutzung der Ressourcen, um das übergeordnete Ziel des Eigentümers zu unterstützen
- Skalierung: Dem Umfeld und der Aufgabe angemessen
- Leistungen und der Zeitraum für die Erbringung werden zwar vor Beginn definiert, können aber teilweise externalisiert werden (Aufgaben abbauen), aber auch von extern verändert werden (zusätzliche Aufgaben, Veränderung der Planungsdaten).
- Zeitverhalten: Es gibt eine Latenz zwischen dem Entstehen von Daten (= Leistungserbringung), dem Soll-Ist-Vergleich und der angepassten Planung.

Optimale Systemauslastung: Erwartete Rendite mit hoher Auslastung der vorhandenen Ressourcen und weitreichendem Planungshorizont. Das System kann innerhalb bestimmter (sprungfixer) Größen skaliert werden (z.B.: Mitarbeiter in der Verwaltung).

Im Rahmen dieser Arbeit werden alle Faktoren außer der Ressourcenplanung als unveränderlich angenommen: Die Ressourcenverfügbarkeit (Mitarbeiter, Geräte, Kapital), die Angebote und Auftragslage, die Veränderungen von extern (in Bezug auf Volumen und Leistungszeitraum) als auch die Entscheidung, Leistungen extern zu vergeben. Damit wird der Fokus auf die Planung der Ressourcen und das Baustellen-Controlling gelegt.

¹ Bei 2.268 KMUs in Österreich liegen die Werte für die Umsatzrentabilität in folgenden Bereichen:

- Kleinunternehmen (bis 50 Beschäftigte; €10 Mio. Umsatz): 1,99%
- Mittelunternehmen (bis 250 Beschäftigte; €50 Mio. Umsatz): 2,07%

Die über die Wirtschaftskammer Vorarlberg bezogenen Branchenvergleichszahlen www.wkv.at/service/Kredit/ stammen von der KMU Forschung Austria www.kmuforschung.at (Bilanzdatenbank, Juni 2009, Bilanzstichtage 2006/2007)

Lediglich ein Systembestandteil wird als variabel definiert: Die Planung, die der zentrale Gegenstand dieser Dissertation ist.

6.2. BESCHREIBUNG DER SYSTEMBESTANDTEILE UND INTERFACES

In diesem Abschnitt werden die sieben Systembestandteile sowie vier Input- und vier Output-Interfaces beschrieben.

6.2.1. INPUT INTERFACE ANFRAGEN/AUFTRÄGE

Durch die Akquisition werden neue Anfragen bzw. auch konkrete Aufträge an das System herangetragen. Unter dem Interface Anbote werden sowohl Ausschreibungen als auch direkte Aufträge von Bauherrn zusammengefasst.

Unter diesem Punkt werden alle Arten von möglichen Anfragen und Anbotsunterlagen verstanden, die noch nicht den Status einer Baustelle – also eines konkreten Auftrages – erreicht haben.

6.2.2. OUTPUT INTERFACE ABGEWIESENE ANFRAGEN UND ERFOLGLOSE ANBOTE

Eine Teilmenge der Anfragen und Anbote werden nicht realisiert. Wenn die Gesamtmenge der Anfragen und Anbote 100% ist, so muss das Output Interface abgewiesene und erfolglose Anfragen und Anbote einen Anteil $< 100\%$ haben, um den Betrieb des Systems sicherzustellen.

6.2.3. OUTPUT INTERFACE ABGESCHLOSSENE BAUSTELLEN

Die Menge der abgeschlossene Baustellen bzw. abgeschlossenen Bauleistungen ist der zweite Teil des Outputs von eingegangenen Anboten.

Input Anfragen	x = Output erfolgreiche Anbote	y = Laufende Baustellen	z = Output abgeschlossene Baustellen
$x + y + z = 100\%$	$x = 100\% - y - z$	$y = 100\% - x - z$	$z = 100\% - x - y$

Tabelle 1: Verhältnis von Input- und Outputfaktoren

Die Summe der abgewiesenen/erfolglosen Anfragen und Anbote x und jener der abgeschlossenen Baustellen z ergibt 100%. Dieser Zustand wird erst nach dem finalen Herunterfahren des Systems (= Schließung des Unternehmen) erreicht werden.

Da das System im lebenden Zustand betrachtet wird, befinden sich immer eine Anzahl von Baustellen in Bearbeitung, die auch zur Komplettierung der 100% fehlen.

Im Zug der Simulation wird das System sozusagen hochgefahren:

	Startzustand	Betriebszustand	
eingelangte Anfragen	100 %	100,00%	
x erfolgreiche Anbote	0 %	$x = 100\% - y - z$	$x > 0\%$
y laufende Baustellen	0 %	$y = 100\% - x - z$	$y > 0\%$
z abgeschlossene Baustellen	0 %	$z = 100\% - x - y$	$z > 0\%$

Tabelle 2: Veränderung der Input- und Outputfaktoren im Zeitverlauf

Im Betriebszustand über einen längeren Zeitraum werden die Anteile x und z prozentuell immer größer, wenn die Kapazität des Systems zur Bearbeitung von laufenden Baustellen gleich bleibt.

	Anzahl der Baustellen			Prozentanteil		
	Zeitpunkt t1	Zeitpunkt t2	Zeitpunkt t3	Zeitpunkt t1	Zeitpunkt t2	Zeitpunkt t3
eingelangte Anfragen	20	50	100	100%	100%	100%
x erfolglose Anbote	3	13	31	15%	26%	31%
y laufende Baustellen	10	10	10	50%	20%	10%
z abgeschlossene Baustellen	7	27	59	35%	54%	59%

Tabelle 3: Beispiel für die Veränderung der Input- und Outputfaktoren

Die beiden Diagramme unten präsentieren den beschriebenen Zusammenhang zwischen Input- und Outputfaktoren im Zeitverlauf: Einmal als nominelle und einmal als prozentuelle Darstellung.

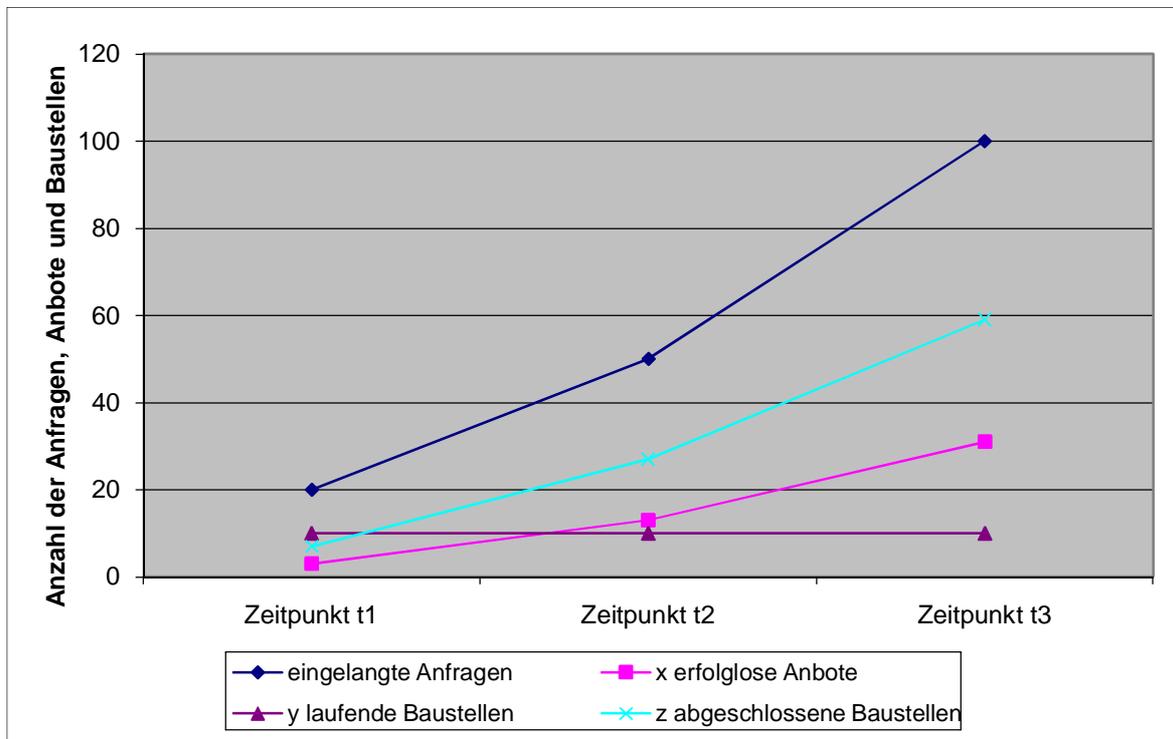


Abbildung 2: Nominale Veränderung der Input- und Outputfaktoren

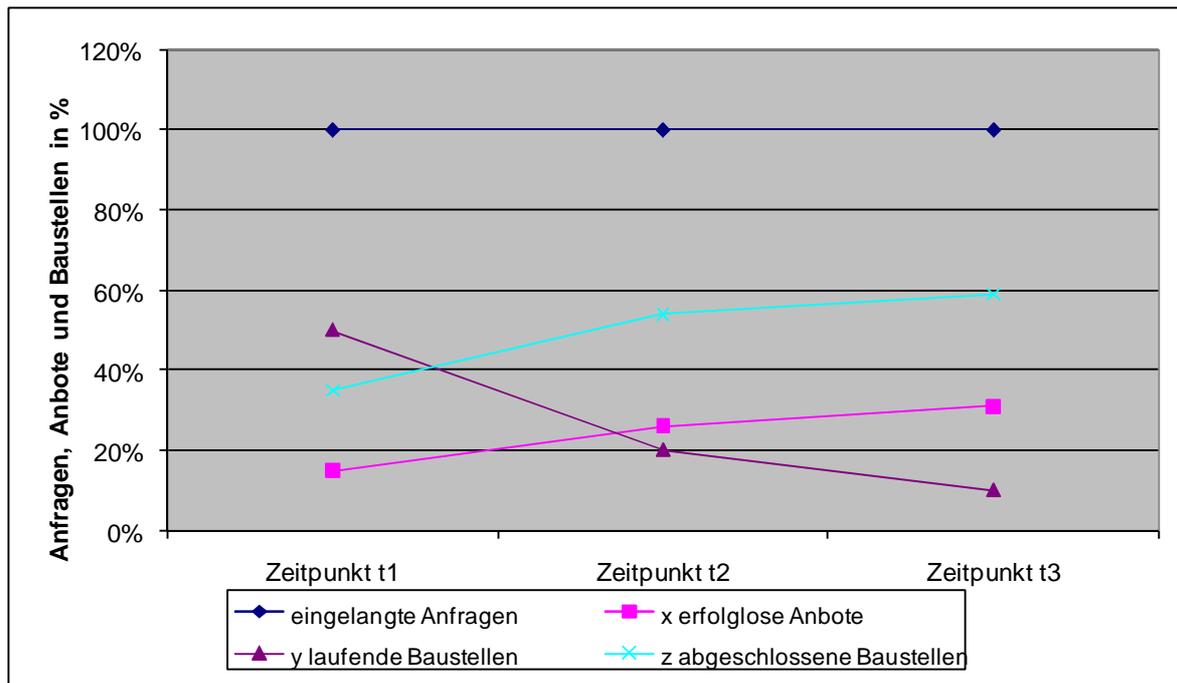


Abbildung 3: Prozentuelle Veränderung der Input- und Outputfaktoren

6.2.4. INPUT INTERFACE SUBUNTERNEHMER LEISTUNGEN INTERNALISIEREN

Leistungen von Subunternehmer, die in der ursprünglichen Kalkulation vorgesehen waren, können auch wieder internalisiert werden. Die Durchführung der Leistungen mit eigenen Mitarbeitern verändert auch den Bedarf an Ressourcen. Dieser muss bei der Planung berücksichtigt werden.

6.2.5. OUTPUT INTERFACE LEISTUNG EXTERNALISIEREN

Im System Baufirma kann auch entschieden werden, bestimmte Leistungen extern zu vergeben. Damit wird der interne Kapazitätseinsatz (Personal, Geräte) reduziert und Kapazitäten freigemacht.

Die Vergabe an Subunternehmer ist im Regelfall die Entscheidung der Baufirma und betrifft die Planung, da das intern zu erbringende Volumen verändert wird.

6.2.6. INPUT INTERFACE LEISTUNGSÄNDERUNGEN

Während der Laufzeit einer Baustelle kann es zu Leistungsänderungen kommen, die sich auf die Ressourcenplanung auswirken.

- Das Volumen wird erhöht oder verringert, da mehr bzw. weniger Leistungen notwendig sind und vom Auftraggeber angefordert werden
- Zusätzliche Aufträge werden vom Bauherrn erteilt

6.2.7. INPUT INTERFACE ZUGANG RESSOURCEN

Die Ressourcen Mitarbeiter können dem System hinzugefügt werden. Damit wird die Leistungsfähigkeit des Unternehmens verstärkt. Das gleiche Interface kann auch für weitere Ressourcen wie Geräte und Kapital verwendet werden.

Der Zufluss an Mitarbeitern und Geräten wird vom Bedarf des Unternehmens und dem Angebot am Personal- und Gerätemarkt geregelt. Der Kapitalfluss ist Resultat der erbrachten Leistungen des Unternehmens oder Kapitalaufstockungen des Eigentümers.

6.2.8. OUTPUT INTERFACE ABGANG RESSOURCEN

Die angeführten Ressourcen können auch das System verlassen. Da das System eine gewisse Kapazität zur Aufnahme und Erhaltung von personellen und materiellen Ressourcen (Mitarbeiter, Geräte) hat, muss das Verhältnis zwischen Input und Output ausgewogen sein. Die Anzahl der Mitarbeiter und Geräte wird auf die geplante Auslastung hin ausgerichtet.

Die Ressource Kapital beschreibt einerseits die Auszahlungen (z.B.: Löhne, Material, etc.) als auch die gewünschte Rendite für den Eigentümer.

6.2.9. ANBOTE UND BAUSTELLEN

Anbote und Baustellen werden in diesem Abschnitt zusammengefasst. Es gibt vier Arten von Arbeitsvorhaben, die Ressourcen verbrauchen und an Kostenstellen gebunden sind:

- Baustellen
- Selbständige Regie
- Hilfsstellen
- Anbote

Die folgende Tabelle stellt die wesentlichen Attribute für jedes Arbeitsvorhaben dar.

Kriterium	Baustelle	Kleinbaustellen (Selbständige Regie)	Hilfsstellen	Anbot
Auftrag erteilt	Ja	Für die Planung des Volumens pro Jahr nicht relevant	Nicht relevant bzw. in Leistungsbau- stellen enthalten	Nein
Startdatum	Definiert	Jahresbeginn	Jahresbeginn	Definiert
Stopdatum	Definiert	Jahresende	Jahresende	Definiert
Wiederkehrend	Nein	Ja. Abschluss einer Regiebaustelle/Kostenstelle möglich. ²	Ja	Nein
Selektionskriterien für Ist-Stunden	Kostenstelle und Lohnarten der Leistungserbringung	Kostenstelle und Lohnarten der Leistungserbringung	Kostenstellen und/oder bestimmte Lohnarten	Nicht relevant
Geplantes Volumen	Kalkulation	Schätzung oder historische Werte	Schätzung oder historische Werte	Kalkulation
Tatsächliches Volumen	Summe alle Leistungsstunden	Summe der Stunden im laufenden Kalenderjahr	Summe der Stunden im laufenden Kalenderjahr	Nicht relevant

² Eine selbständige Regiebaustelle ist einem konkreten Mitarbeiter zugeordnet. Wenn es hier Veränderungen gibt, spiegelt sich das auch bei den Regiebaustellen wider: Es werden neue angelegt bzw. bestehende geschlossen.

Kriterium	Baustelle	Kleinbaustellen (Selbständige Regie)	Hilfsstellen	Anbot
Produktive Stunden	Ja	Ja	Nein	Nicht relevant

Tabelle 4: Unterscheidung der Arbeitsvorhaben

Bei der „normalen“ **Baustelle** handelt es sich um ein Projekt mit klar definiertem Leistungsumfang und kalkuliertem Ressourceneinsatz, festgelegtem Start- und Endzeitpunkt. Jede Baustelle ist einer eigenen Kostenstelle zugeordnet und wird nur einmal durchgeführt.

Hilfsstellen decken den nicht unmittelbar produktiven Ressourcenverbrauch ab. Das können einerseits Gemeinkosten verursachende Leistungen wie zum Beispiel der Bauhof (Selektionskriterien Kostenstelle und Lohnart 12) sein oder auch Ausbildung, bezahlte Freizeit, Krankenstand, Schlechtwetter, Urlaub (verschiedene Lohnarten).

Hilfsstellen haben für die Planung zwar auch einen definierten Start- und Endzeitpunkt, der jedoch jedes Jahr neu angepasst wird. Der Ressourcenverbrauch der Hilfsstellen wird entweder geschätzt oder aus den Werten der vergangenen Jahre ermittelt.

Es werden auch Hilfsstellen als Kostenstellen eingesetzt, um Arbeiten am Anlagevermögen (Fahrzeuge, Werkzeuge, Kräne) zu erfassen. Mehrere Kostenstellen wurden zu einer Hilfsstelle – Bauhof – zusammengefasst.

Die Hilfsstellen unterscheiden sich in der Art der Planungsmöglichkeiten: Krankenstand und Unfall sind nicht direkt planbar, aber jedoch über Vergleichswerte aus der Vergangenheit antizipierbar. Bezahlte Freizeit (z.B.: Arztbesuch, Behördenweg) kann nur kurzfristig geplant werden. Urlaub kann jedoch im vorgesehenen monatlichen Planungszyklus berücksichtigt werden. Hierbei ist die Größenordnung des jährlichen Urlaubs ein relevanter Einflussfaktor für die Verfügbarkeit der Ressourcen (Anzahl der Mitarbeiter * 25 Arbeitstage pro Jahr * 8 Stunden = Gesamtvolumen des Urlaubs pro Jahr).³

Im System sind folgende Hilfsstellen vorgesehen:

Hilfsstelle	Definition
Ausbildung	Zusammenfassen von Lohnarten
Bauhof	Zusammenfassen von Lohnarten und einer bestimmten Kostenstelle (Bauhof, Werkstatt, Wartungsarbeiten am Anlagevermögen)
Freizeit/Feiertag	Zusammenfassen von Lohnarten
Gewährleistung	Bestimmte Kostenstelle
Krankenstand/Unfall	Zusammenfassen von Lohnarten
Schlechtwetter	Lohnart 80
Techniker	Zusammenfassen von Kostenstellen
Urlaub	Zusammenfassen von Lohnarten

Tabelle 5: Definition der Hilfsstellen

³ Weitere Details zur Berechnung der Urlaubszeit wie zum Beispiel Vordienstzeiten werden hier nicht weiter berücksichtigt.

Kostenstellen, die in einer Hilfsstelle zusammengefasst werden, kommen in keiner Planung und keinem Report als einzelne Kostenstelle mehr vor. (Attribut *Status* = „System“)

Der **Bauhof** ist im Rahmen dieser Dissertation eine Mischung aus einer bestimmten Kostenstelle und darüber hinaus auch als eigene Lohnart in „normalen“ Baustellen enthalten. Wesentlich ist in diesem Zusammenhang, dass die Arbeiten im Bauhof (z.B.: Materialvorbereitung) für die Leistungserbringung notwendig sind und auch in der Kalkulation (als Kosten, aber nicht als Stunden) enthalten sind.⁴ Zur Vereinfachung werden die Arbeiten im Bauhof als systemweite Basisdienstleistung behandelt.

Was ist der Grund für diese Vermischung von Kostenstellen und Lohnarten? Die Planung der Mitarbeiter, die im Bauhof tätig sind, erfolgt auf die Systembaustelle „Bauhof“. Jedoch werden am Standort Bauhof auch Arbeiten für Baustellen (z.B. Materialvorbereitung) erbracht. Um den Soll-Ist Abgleich der Kapazitätsplanung auch für den Bauhof durchführen zu können, werden also auch jene Stunden dem Bauhof zugeordnet, die im Bauhof für eine andere Baustelle erbracht wurden. Im Rahmen dieser Dissertation kann eine Aussage nur über den Planungserfolg für den Bauhof gemacht werden.

Kostenstellen, die zur Abrechnung von selbständigen **Regiebaustellen** verwendet werden, verfügen über speziellen Eigenschaften, die auch Hilfsstellen aufweisen. Das Volumen wird ebenfalls geschätzt oder aus der Vergangenheit abgeleitet. Im Unterschied zu den anderen Hilfsstellen werden die Leistungen von Regiebaustellen den produktiven Stunden zugerechnet.

Anbote sind Bauvorhaben, für die die Baufirma noch keinen Auftrag erhalten hat. Dieser Faktor ist mit Unsicherheit verbunden, da die Entscheidung des Auftraggebers nur bedingt vorhersagbar ist. Das ist der einzige Parameter, der das Angebot von der Baustelle unterscheidet.

6.2.10. RESSOURCEN

Wie im Abschnitt 5 *Einleitung* beschrieben, liegt der Fokus dieser Arbeit bei der Einsatzplanung der Bauarbeiter. Prinzipiell ist die Planungsmethode auch für andere Ressourcen verwendbar, wobei der administrative Aufwand (der Datenerfassung etc.) mit dem Wert des Resultates abzuwägen ist.

Der Aufwand eine Planung in dieser Form zu betreiben, ist vor allem für jene Ressourcen vorteilhaft, die in einer größeren Menge zur Verfügung stehen. Die Planung eines einzigen LKWs ist mit diesem System nicht sinnvoll umsetzbar.

Die Rolle des Bauarbeiters im Systemzusammenhang ist einfach: Er erbringt die zentrale Leistung für die Abwicklung des Bauvorhabens. Er ist einerseits eine knappe Ressource, die durch externe Leasingkräfte vergrößert werden kann. Durch die Vergabe von Aufträgen an Subunternehmer kann die eigene Kapazität bei Bedarf ausgebaut werden. Andererseits ist er auch jene Ressource, die ausgelastet werden muss, da sonst kein Deckungsbeitrag zu den entstehenden Fixkosten erwirtschaftet wird.

Ein Ziel dieser Arbeit ist es, die Auslastung der Ressourcen zu optimieren, indem der Planungshorizont deutlich ausgeweitet wird.

⁴ Zu diesem Zweck wird in der Baukalkulationssoftware eine bestimmte Lohnkategorie (z.B. Lohn 60 = Ladelohn/Bauhof) verwendet.

Eine weitere relevante Ressource ist das Finanzkapital. Es besteht ein laufender Fluss von Einnahmen und Ausgaben. Das Ziel des Systems ist es, bei der Ressource Kapital einen Überschuss zu erwirtschaften. Dieser wird einerseits dem Eigentümer als marktkonforme Rendite zugewiesen, als auch zur Erhaltung der längerfristigen Überlebensfähigkeit für Investitionen und Innovationen verwendet.

6.2.11. SCHLECHTWETTER UND BEHINDERUNGEN

Mit Auftragserteilung stehen die planungsrelevanten Eckpunkte fest:

- Volumen: Wie viele Stunden wurden kalkuliert?
- Startbeginn: Wann soll mit den Arbeiten begonnen werden?
- Endtermin: Wann soll die Leistung abgeschlossen sein?

Aufgrund von internen und externen Variablen kann es zu Veränderungen kommen:

- Die Termine werden durch den Bauherrn verschoben
- Abhängigkeiten von anderen Gewerken
- Schlechtwetter oder Behinderungen auf der Baustelle

Diese Änderungen haben eine unmittelbare Auswirkung auf die Planung.

Neben jenen Störfaktoren (wie etwa Krankenstand), die in allen Branchen existieren, gibt es auch Faktoren, die mit der Art der Leistungserbringung (im Freien) zusammenhängen: Das Schlechtwetter kann bei vielen Baustellen den Fortschritt hemmen. Schlechtwetter ist im Rahmen dieser Planung nicht prognostizierbar, es ist aber klar, dass es eine Anzahl von Schlechtwetterstunden geben wird.

6.2.12. EINFLUSSFAKTOREN AUSBILDUNG, BEZAHLTE FREIZEIT, KRANKENSTAND, URLAUB

Bezahlte Stunden, die nicht unmittelbar zur Leistungserbringung beitragen, können bis zu einem gewissen Grad kalkuliert werden:

- Krankenstand/Unfall kann aus den Werten der Vorjahre geschätzt werden.
- Urlaubsansprüche ergeben sich automatisch aus der Anzahl der Mitarbeiter und deren Vordienstzeiten und offenen Ansprüchen.
- Ausbildung ist sowohl von den Werten der Vorjahre als auch von der Anzahl der Lehrlinge (Dauer der Berufsschule) ableitbar. Maßnahmen zur Facharbeiter-Ausbildung verbrauchen ebenfalls bezahlte Stunden.

Diese Faktoren sind in den Hilfsstellen abgebildet. Damit wird versucht, die Anzahl der Stunden, die für nicht-leistungsbezogene Stunden verwendet wird, als Einflussgröße vorhersehbar zu machen.

6.2.13. BIBLIOTHEK

Die Bibliothek ist die strukturierte Sammlung der bisherigen Verläufe bei der Leistungserbringung im Beobachtungszeitraum.

Die Gültigkeit dieser Aufzeichnungen verringert sich im Lauf der Zeit: Einerseits werden neue Methoden zur Leistungserbringung angewendet (die Effizienz kann verändert werden), andererseits kann auch das Portfolio des Unternehmens angepasst werden (z.B.: bestimmte Leistungen werden nicht mehr erbracht bzw. neue werden hinzugefügt).

Aus diesem Grund ist es sinnvoll, den Zeitraum für die Gültigkeit eines Verlaufs, also eines Musters, kritisch zu betrachten.

Nach Abschluss einer Baustelle kann der Verlauf der Leistungserbringung als Muster abstrahiert werden. Dieses Muster kann dann bei neuen Angeboten und Baustellen mit ähnlicher Charakteristik (Neubau, Renovierung etc.) zur Planung verwendet werden.

6.2.14. PLANUNG

Die Planung ist der zentrale Bestandteil des Systems im Kontext dieser Arbeit. Die Planung soll die Auslastung des Systems unterstützen und so früh wie möglich Informationen über kritische Punkte liefern:

- Auslastung sinkt unter einen bestimmten Wert: Neue Aufträge werden benötigt oder die vorhandenen Ressourcen müssen reduziert werden.
- Auslastung übersteigt die Kapazität: Externe Ressourcen (z.B.: Leasingarbeiter) müssen hinzugenommen oder die zeitliche Planung angepasst werden (Soweit das mit dem Auftraggeber und den technischen Anforderungen der Baustelle vereinbar ist).
- Die Leistungserbringung liegt signifikant unter (oder vor) dem Ist-Stand: Korrekturmaßnahmen beim Einsatz der Ressourcen.

Der Planungshorizont soll so weit wie möglich gehen. Die Zuverlässigkeit der Planung nimmt Größe des Planungszeitraumes ab, die Unsicherheit (neue Angebote, Störfaktoren) steigt: Je weiter die Planung in der Zukunft liegt, desto größer ist die Wahrscheinlichkeit für Veränderungen und das Eintreten von Störfaktoren.

Das Vorhandensein einer weitreichenden Planung kann bereits Auswirkungen auf die Handlungen der beteiligten Akteure haben: So kann das Wissen um eine zu niedrige Ressourcenauslastung in der Zukunft bereits zu korrigierenden Maßnahmen (z.B.: verstärkte Akquisition) führen, die dann die kritische Situation selbst vermeiden.

6.3. ZEITVERHALTEN VON PLANUNG, AUSFÜHRUNG UND KONTROLLE

Der Kreislauf von Planung, Ausführung und Kontrolle läuft bei einem Modell im Monatsrhythmus nach folgendem Muster⁵ ab:

- t_{N-0} : Planung
- t_{1-30} : Ausführung im ersten Monat
- t_{31-40} : Eingabe in die Lohnverrechnung
- t_{40} : Soll-Ist-Vergleich
- t_{40-45} : Erneute Planung
- t_{45-M} : Ausführung der angepassten Planung

Die Folge der Phasen Planung, Ausführung und Kontrolle bzw. Neuplanung werden in der folgenden Abbildung dargestellt. Wenn die Daten der Lohnverrechnung – die nach Ende des Monats eingegeben werden – als Basis für Neuplanungen der Ressourcen verwendet werden, können zwischen zwei und sechs Wochen vergehen, bis auf die Entwicklung auf der Baustelle reagiert werden kann.

⁵ t wird hier als Zeitindex verwendet

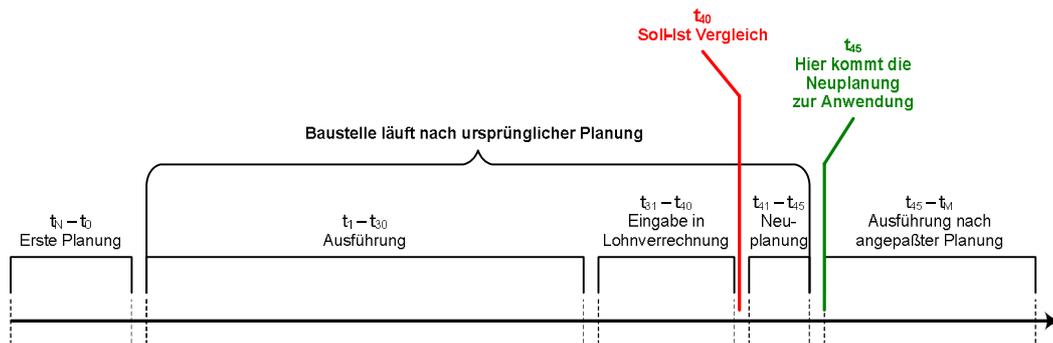


Abbildung 4: Die Phasen Planung, Ausführung und Kontrolle bzw. Neuplanung

Dieser Zyklus bedingt, dass die Daten zum Zeitpunkt des Soll-Ist-Vergleichs zwischen 2 und 6 Wochen alt sind. Die Latenz zwischen einem Ereignis auf der Baustelle und der Reaktion darauf beträgt also 2 bis 6 Wochen mit dem aktuellen Zyklus der Datenerfassung.

Diese Verzögerung hat Auswirkungen auf die Brauchbarkeit der Planung und die Reaktionsgeschwindigkeit des Unternehmens. Im Rahmen dieser Arbeit wird dieser Rhythmus für die Erfassung und Übermittlung der Lohnverrechnungsdaten akzeptiert. Zur Beschleunigung des Verfahrens werden in weiterer Folge die Poliertagesberichte verwendet, die auf wöchentlicher Basis erfasst werden.

Die hier beschriebene Effekt bei der Weitergabe von Informationen in Organisationen wurde von Jay Forrester in seinem Buch „Industrial Dynamics“⁶ ausführlich beschrieben. Die Auswirkungen der Zeitverzögerungen und Veränderungen der Informationen sowie die damit verbundenen Feedback-Schleifen sind jedoch auch im Baubetrieb zu beobachten.

6.4. VERFÜGBARE DATEN

In diesem Abschnitt werden die Daten und deren Eigenschaften beschrieben, die im ausgewählten Unternehmen eingesetzt werden.

Die Daten für die Systemkomponenten werden aus bestehenden IT Systemen der Unternehmen entnommen.

Die Lohnverrechnung verfügt über fast alle Daten, mit denen der Verbrauch von Stunden auf den Baustellen bzw. Kostenstellen festgestellt wird. Es gibt je einen Datensatz mit folgenden Attributen:

- Datum
- Mitarbeiter
- Baustelle (= Kostenstelle)
- Lohnart
- Stunden

Die Daten werden einmal pro Monat über ein File-Interface bereitgestellt und in das Programm Indigo zur weiteren Bearbeitung eingelesen.

⁶ Forrester, Jay: Industrial Dynamics, Seite 13. (Definition Industrial Dynamics)

6.4.1. LOHNARTEN

Die Lohnarten beschreiben die Art des Stundenverbrauchs - z.B. wurde auf einer Baustelle gearbeitet oder war der Mitarbeiter im Krankenstand.

Für den Baufortschritt sind nur einige Lohnarten relevant, die in der Tabelle entsprechend ausgewiesen werden. Andere Lohnarten beziehen sich auf Hilfsstellen (z.B.: Ausbildung) oder sind nur wesentlich für die Verrechnung und werden hier nicht weiter behandelt.

Lohnart	Beschreibung	Leistungsrelevant: Baustelle bzw. Hilfsstellen
10	Normallohn	Ja
12	Arbeiten im Bauhof für eine konkrete Baustelle	Bauhof
15	Bauhandwerkerschule	Ausbildung
31	Lehrlingsentschädigung 1. Lehrjahr	Ja
32	Lehrlingsentschädigung 2. Lehrjahr	Ja
33	Lehrlingsentschädigung 3. Lehrjahr	Ja
34	Feiertagsentgelt Lehrling	Feiertag
35	Krankenstand Lehrling	Krankenstand
36	Arbeitsunfall Lehrling	Krankenstand
37	Lehrbauhofstunden Lehrling	Ausbildung
38	Bezahlte Fehlzeit Lehrling	Bezahlte Freizeit
39	Schulstunden Berufsschule	Ausbildung
42	Feiertagsentgelt Arbeiter	Feiertag
43	Bezahlte Fehlzeit Arbeiter	Bezahlte Freizeit
45	Krankenstand Arbeiter	Krankenstand
46	Arbeitsunfall Arbeiter	Krankenstand
71	Urlaub Arbeiter	Urlaub
73	Urlaub Arbeiter	Urlaub
76	Urlaub Lehrlinge	Urlaub
79	Urlaub Lehrling	Urlaub
80	Schlechtwetterstunden	Schlechtwetter
82	Poolstunden	Relevant für den Abgleich der Ist- und Sollarbeitszeit (Mehrarbeit fügt hinzu, Zeitausgleich reduziert Stunden im Pool)

Tabelle 6: Beschreibung der Lohnarten

Es gibt eine Vielzahl von weiteren Lohnarten, die aber bereits ausgefiltert wurden, da sie nicht leistungsrelevant (auch nicht für Hilfsstellen) sind und keine Arbeitszeit verbrauchen. Dabei handelt es sich um Zuschläge und ähnliches.

6.4.2. DATENQUALITÄT

Die oben beschriebenen Daten sind in sehr guter Qualität vorhanden, da sie ja auch den gesetzlichen und steuerlichen Anforderungen für die Lohnverrechnung entsprechen müssen.

Die Granularität der Daten ist ebenfalls sehr gut, es existiert ein Datensatz pro Tag, Mitarbeiter, Baustelle und Lohnart.

Es liegen Daten seit 01.01.2001 vor, was ein Durchspielen der Prognosen und Anpassungen über einen längeren Zeitraum erlaubt. Die Daten werden von Indigo grundsätzlich unverändert gelassen und über verschiedene Datenbank-Views zusammengefasst. Damit wird einerseits die vorhandenen Granularität der Input-Daten erhalten und andererseits die Informationsdichte (in den Datenbank-Views) erhöht.

Neben dieser grundsätzlich guten Basis sind noch einige Punkte zu beachten:

- Leasingarbeiter werden nicht in der Lohnverrechnung erfasst
- Veränderungen der Daten im Beobachtungszeitraum für die Leistungen im Bauhof (Siehe Abschnitt 6.4.4 *Veränderung der Daten im Beobachtungszeitraum*)
- Zuordnung von zusätzlich, geleisteten Stunden bei Baustellen, die auf Anforderung des Bauherrn geleistet werden und in der Kalkulation nicht enthalten sind. (z.B. aufgrund von Leistungsänderungen)
- Zeitausgleich: An manchen Arbeitstagen wird Zeitausgleich konsumiert, der als solcher nicht in den Daten sichtbar wird. Das Symptom ist eine Abweichung einzelner Mitarbeiter von der Sollarbeitszeit.
- Veränderungen bei den Kostenstellen für die Wartung des Anlagevermögens (LKW, Maschinen): Es wurden während des Beobachtungszeitraums Kostenstellen hinzugefügt, um die Stunden für neu beschaffte Geräte und Maschinen separat zu buchen.
- Die Vergabe von Arbeiten an Subunternehmer bewirkt eine Reduktion der kalkulierten Stunden. Wenn eine ursprünglich extern vergebene Arbeit wieder intern genommen wird, erhöht das die Anzahl der kalkulierten Stunden.

Im folgenden Abschnitt werden diese Punkte mit ihren Auswirkungen auf die Interpretation der Daten beschrieben.

6.4.3. LEASINGARBEITER

Neben den Mitarbeitern (deren Stunden in den Lohnverrechnungsdaten registriert werden) gibt es auch noch Leasingkräfte, die über Arbeitsberichte mit dem Bereitsteller abgerechnet werden. Die Leistungen der Leasingkräfte sind daher nicht in der Lohnverrechnung enthalten und fehlen in der Datenbasis. Der Anteil der Leasingarbeiter liegt zwischen 5% und 10% der Gesamtleistung des Unternehmens.

Für die Betrachtung der abgeschlossenen Baustellen sind Leasingarbeiter nicht relevant, da keine Planung über das Gesamtvolumen einer Baustelle vorliegt. Bei laufenden bzw. zu planenden Baustellen und Anboten sind Leasingarbeiter jedoch im Gesamtvolumen enthalten. Es gibt die Möglichkeit, diese Stunden extra in Indigo zu erfassen.

Um die Planung so exakt wie möglich zu gestalten, gibt es zwei Methoden:

1. Die Stunden der Leasingarbeiter wie normale Stunden mit einer eigenen leistungsrelevanten Lohnart zu erfassen. So wird der Baufortschritt exakt aufgezeichnet. Die Daten können dann auch beim Ersetzen von Leasingarbeitern durch eigene Kräfte in der weiteren Planung verwendet werden.
2. Die Summe der Leistung der Leasingarbeiter wird pro Baustelle und Beobachtungszeitraum (in der Regel eine Woche) als Sonderleistung erfasst. Die Sonderleistungen verringern den Gesamtumfang der von der Baufirma zu erbringenden Stunden einer Baustelle. Damit wird zwar der Baufortschritt nicht im

genauen Verlauf dokumentiert, aber immerhin die Reduktion des Leistungsvolumens festgehalten.

Die Poliertagesberichte wurden als zusätzliche Datenquelle hinzugefügt. Dort werden die Leasingarbeiter wie interne Mitarbeiter erfasst. So stehen die Daten wie in Variante 1 angestrebt zur Verfügung.

6.4.4. VERÄNDERUNG DER DATEN IM BEOBACHTUNGSZEITRAUM

Im betrachteten Unternehmen wurden im Lauf der Zeit auch Veränderungen an der Zuordnung von Daten vorgenommen. Seit 1. März 2007 werden jene Stunden, die im Bauhof **für eine bestimmte Baustelle** geleistet werden, mit der Lohnart 12 erfasst. Diese Stunden werden im Rahmen der Dissertation dem Bauhof als nicht-produktive Stunden zugeordnet, da sie bei der Kalkulation der Baustelle **nicht** einberechnet wurden (Sie werden in der Kalkulationssoftware als Ladelohn geführt und sind damit nicht Teil der Soll-Stunden für die Baustelle). Die gesamte Summe aller berücksichtigten Leistungsstunden seit 1. März 2007 bis 31. Dezember 2008 114.975,7 Stunden. Auf die Lohnart 12 wurden im gleichen Zeitraum 2.726,5 Stunden auf Regie- und Leistungsbaustellen gebucht. Damit sind 2,37% von Stunden, die konkreten Baustellen zugeordnet werden können, auf den Bauhof verschoben worden.

Der Grund für die Verschiebung dieser Stunden liegt im Vergleich der Plan- und Ist-Daten: Da die Arbeiten für die konkrete Baustelle im Bauhof durchgeführt werden, muss die Planung der Mitarbeiter die dafür notwendigen Stunden im Bauhof vorsehen (z.B. Kommissionieren von Material).

6.4.5. ZUORDNUNG VON REGIESTUNDEN

Bei Regiestunden einer Baustelle handelt es sich um Arbeiten, die im ursprünglichen Anbot der Position Regie zugewiesen wurden.

Diese Regiestunden werden bei der Kalkulation einberechnet und bei der Lohnverrechnung auch auf die jeweilige Kostenstelle gebucht. Im Rahmen dieser Dissertation werden die im Anbot enthaltenen Regiestunden als normaler Teil der Leistungserbringung behandelt.

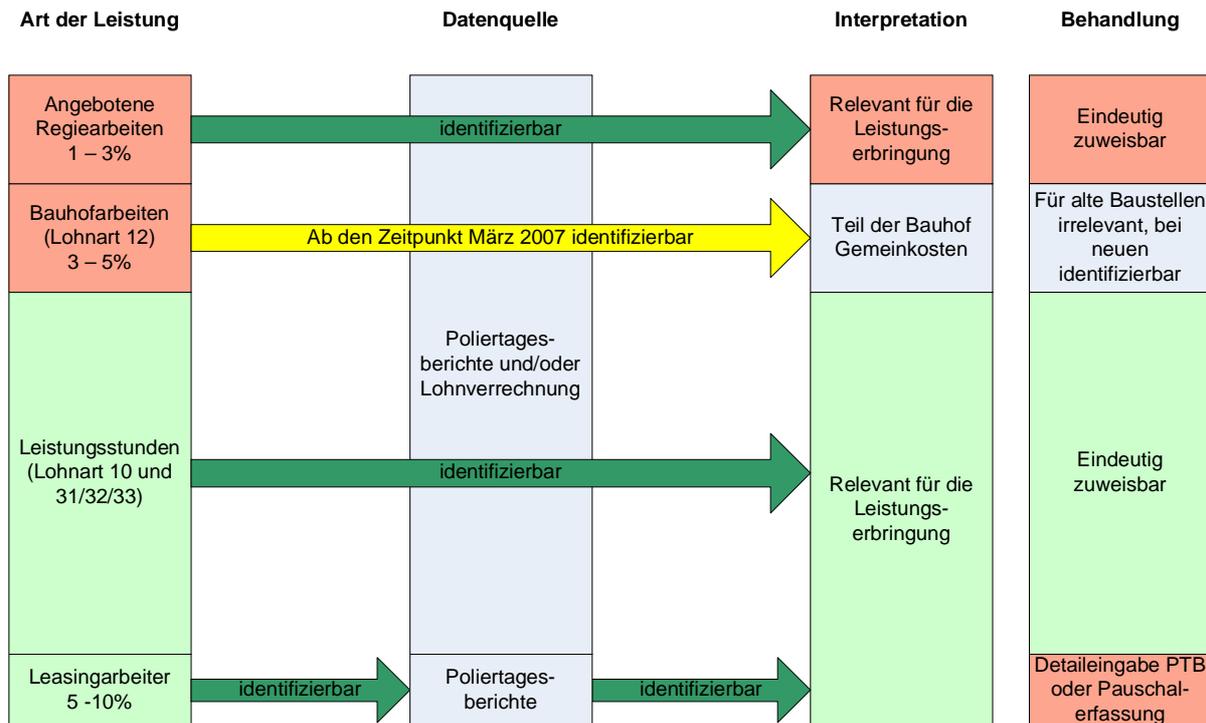


Abbildung 5: Relationen zwischen Leistungsarten, Datenquellen und der Interpretation

6.4.6. ZEIT AUSGLEICH

Der Zeitausgleich wird von den Mitarbeitern bei Bedarf (und in Abstimmung mit dem Vorgesetzten) konsumiert. Da die Stunden des Zeitausgleichs aus dem Stundenpool des jeweiligen Mitarbeiters kommen, der durch Mehrarbeitsstunden gefüllt wird, ist Zeitausgleich als solcher in den Daten als Lohnart 82 sichtbar.

Das Symptom des Zeitausgleichs – der Mitarbeiter arbeitet (arbeiten inkludiert hier alle Formen des Zeitverbrauchs, also auch Schulungen, Krankenstand) weniger als die Sollarbeitszeit – ist in den Daten zu finden. Es ist also eine Abweichung zwischen der Soll- und Ist-Leistung der gesamten Baufirma zu sehen.

Auf die Dokumentation der Leistungserbringung auf den Baustellen hat der Zeitausgleich keine Auswirkung.

6.4.7. VERÄNDERUNG DER KOSTENSTELLEN

Im Lauf der Zeit wurden Veränderungen bei der Zuordnung der Stunden zu den Kostenstellen vorgenommen. Da diese Anpassungen vor allem Kostenstellen betreffen, die zur Wartung des Anlagevermögens dienen, haben die Veränderungen keine unmittelbare Auswirkung im Rahmen dieser Arbeit.

6.4.8. SUBUNTERNEHMER

Wenn bei einer bereits abgeschlossenen Baustelle Subunternehmer eingesetzt wurden, ist das aus den Daten der Lohnverrechnung nicht sichtbar. Für den Zweck der Mustererstellung (Siehe Abschnitt 9 *Muster aus Definitionen und abgeschlossenen Baustellen erstellen*) ist das auch nicht notwendig.

Bei laufenden Baustellen bedarf die Vergabe an Subunternehmer bzw. die interne Erledigung einer ursprünglich extern vorgesehenen Arbeit durchaus der Aufmerksamkeit: Beim Fortschreiben der Arbeitskalkulation werden Veränderungen bei Vergaben an Subunternehmer als Verringerung bzw. Erhöhung der kalkulierten Stunden berücksichtigt.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass die Rohdaten für die Untersuchung von guter Qualität sind, wenngleich einige Abweichungen berücksichtigt werden müssen.

6.5. BESTEHENDE PLANUNGSMETHODEN

Die Einsatzplanung der Mitarbeiter ist ein Teil der allgemeinen Kapazitätsplanung, die alle Einsatzmittel – zum Beispiel Maschinen, Fahrzeuge, Personal, Material - der Baufirma umfasst. Aufgrund der personalintensiven Herstellungsmethoden am Bau verlangt die Personalplanung besonderes Augenmerk:

Gerade hier [bei den personalen Einsatzmitteln Anm. NK] ist eine mittelfristige Personalplanung außerordentlich wichtig, da der Personalkostenanteil – in Abhängigkeit der Bausparte – bis zu 50% der Gesamtkosten des Bauprojektes betragen kann. Dieser hohe Personalkostenanteil verpflichtet das Unternehmen, insbesondere die Personalkapazitäten quantitativ und qualitativ richtig anzupassen. Die Möglichkeiten hierzu sind allerdings durch gesetzliche Rahmenbedingungen sehr stark eingeschränkt.⁷

Über konkrete Methoden der Einsatzplanung ist in der Literatur (z.B. Bauer, Leimböck) wenig zu erfahren. Es werden zwar Kriterien (rechtzeitige Planung, Qualifikation, arbeitsrechtliche Aspekte, Bereitstellung von Arbeitsmitteln und Unterkunft, etc.) für die Mitarbeiterplanung angeführt, konkrete Verfahren fehlen jedoch. In einem Fall wird ein Muster für einen Arbeitskräfteplan vorgestellt.⁸ Dieser Plan ist eine Tabelle, die neben der Sollarbeitszeit auch einen Soll-Ist-Abgleich erlaubt.

Welche Methoden gibt es, einen Personaleinsatzplan zu erstellen:

- Als Teil der Arbeitsvorbereitung: im Anschluss an die Verfahrensplanung (festlegen der technischen Umsetzung) kann die Personalplanung abgeleitet werden.⁹
- Ableitung aus der Kalkulation: Positionen (bzw. übergeordnete Leistungsgruppen), die Personalkosten enthalten, können über die verwendeten Stundensätze auf Manntage zurückgeführt werden. Diese können dann unter Berücksichtigung der notwendigen Qualifikation des Mitarbeiters und dem Zeitplan in die Personalplanung einfließen.¹⁰
- Software basierende Lösungen: verschiedene Anbieter¹¹ von Bau-Software bieten neben Modulen zur Kalkulation, Abrechnung etc. auch Funktionen für die Planung der Mitarbeiter an. Dabei werden die Daten aus der Kalkulation und der Terminplanung herangezogen, um den Bedarf an Mitarbeitern pro Zeiteinheit zu berechnen.

Das Gemeinsame dieser Methoden ist die Tatsache, dass die Einteilung der Mitarbeiter nach weiteren Kriterien nicht berücksichtigt wird. Die Kombination von fachlichen Fertigkeiten (z.B. Kranfahrer, Maurer je nach den Anforderungen der Positionen bzw. Leistungsgruppen) und Softskills (z.B. Umgang mit dem Bauherrn) ist ebenso wichtig wie die Zusammenarbeit in bewährten Partien.

⁷ Leimböck, Bauwirtschaft. Seite 382.

⁸ Micksch, Praxis-Kompodium Bauprojekte. Seiten 163 und 324.

⁹ Leimböck, Bauwirtschaft, Seite 373.

¹⁰ Siehe auch Leimböck, Bauwirtschaft, Seite 377.

¹¹ Zum Beispiel Nemetschek/Auer (<http://www.nemetschek-auer.info>). Ein einfacher Soll-Ist-Vergleich ist in der Bausoftware KEOPS möglich. (<http://www.keops.at>)

Es ist also Expertenwissen notwendig, um den Aspekt der Kapazitätsplanung, den Bedarf an Arbeitskräften pro Baustelle, die vorhandenen Qualifikationen und weitere Kriterien so abzustimmen, dass eine möglichst optimale Einteilung vorgenommen wird.

Die Methoden zur konkreten Umsetzung der Personalplanung erschöpfen sich in der Praxis meist in tabellarischen Aufstellungen. Für Schlüsselmitarbeiter (z.B.: Vorarbeiter, Poliere) gibt es eine Planung über mehrere Monate hinweg, die den Eckpunkten der geplanten Baustellen entspricht. Der Schlüsselmitarbeiter wird einer Baustelle zugewiesen.

Die anderen Mitarbeiter werden vor allem kurzfristig mit Expertenwissen geplant. Auch werden Parteien für bestimmte Tätigkeiten (z.B.: Partie zum Verputzen) gebildet und wiederholt eingesetzt.

Die Planungseinheit ist im Regelfall die Kalenderwoche. Die Darstellung der Planung erfolgt in einer tabellarischen Struktur.

Die bestehende Planung verwendet verschiedene Darstellungsmöglichkeiten, basiert aber überwiegend auf Expertenwissen. Die Eckdaten der Baustellen (Beginn, Ende) sowie der Art (z.B.: Neubau oder Sanierung) werden verwendet, um einen geeigneten Vorarbeiter bzw. Polier zu bestimmen. Die Zuordnung von Mitarbeitern erfolgt vor allem über deren Fachwissen bzw. durch die Bildung von Parteien, die auf bestimmte Tätigkeiten spezialisiert sind.

6.6. ZUSAMMENFASSUNG DER SYSTEMBESCHREIBUNG

Das System Baufirma wurde in diesem Abschnitt mit jenen Komponenten dargestellt, die für diese Arbeit von Bedeutung sind. Dabei wurde die Komplexität des Systems deutlich reduziert.

Alle Einflussfaktoren wurden im Rahmen dieser Arbeit als unveränderlich gesehen, lediglich die Planung kann angepasst werden.

Die Qualität der vorhandenen Daten sowie Einschränkungen bzw. Mängel wurden ebenfalls beschrieben.

7. PROBLEMSTELLUNG, ZIELSETZUNG UND METHODISCHE FRAGEN

Wie bereits im Abschnitt 5 *Einleitung* festgehalten, ist das Ziel der Arbeit die Anwendung von kybernetischen Planungsmethoden unter Berücksichtigung des systemischen Charakters der Baufirma. Ausgehend vom Abschnitt 6 *Beschreibung der Ausgangssituation: Das System Baufirma* und der definierten Zielsetzung ergeben sich einige methodische Fragen, die in diesem Abschnitt behandelt werden.



Abbildung 6: Von der Problemstellung zum Ziel

7.1. PROBLEMSTELLUNG

Die aktuelle Planungsmethode wurde bereits kurz im Abschnitt 6.5 *Bestehende Planungsmethoden* beschrieben. Es gibt einige Vor- und Nachteile bei diesem Vorgehen:

Vorteile	Nachteile
Expertenwissen wird unmittelbar eingesetzt	Nachvollziehbarkeit der Planung schwierig, da nur das Endergebnis vorliegt, aber nicht die dahinterliegenden Motive
Geringer administrativer Aufwand	Kurzer Planungshorizont (1-3 Wochen)

Tabelle 7: Vor- und Nachteile der bestehenden Planungsmethode

Neben den unmittelbaren Vor- und Nachteilen der Planungsmethode selbst gibt es einige Fragen, die zurzeit nur mit Aufwand oder schwer beantwortet werden können:

- Wie hoch ist die Auslastung der Mitarbeiter, des gesamten Unternehmens?
- Wie ist das Verhältnis zwischen produktiven und nicht-produktiven Stunden?
- Wie viele Stunden wurden bereits auf den Baustellen und Hilfsstellen „verbraucht“?

Die vorhandenen Daten aus den Bautagesberichten und der Lohnverrechnung erlauben zwar die Beantwortung der oben angeführten Fragen, erfordern jedoch auch einen manuellen Aufwand in der Bereitstellung.

7.2. DETAILLIERTE ZIELDEFINITION

Das Ziel der Dissertation (unter Einsatz des Programms Indigo) ist die Erstellung einer Ressourcenplanung für Mitarbeiter und deren Zuteilung auf die verschiedenen Baustellen und Hilfsstellen. Die nicht-produktiven Stunden (z.B.: Urlaub, Krankenstand) werden ebenfalls beim Ressourcenverbrauch berücksichtigt.

Damit sollen folgende Informationen bereitgestellt werden:

- Welcher Fortschritt im Verbrauch von Stunden wurde auf den Baustellen und Hilfsstellen in der Vergangenheit erzielt?
- Welche Verteilung von produktiven und unproduktiven Stunden weist die Baufirma auf?
- Wie sieht die Planung der Ressourcen für die Zukunft aus?

- Welche Auswirkung hat die Veränderung von zentralen Parametern (Start- und Enddatum, Volumen) auf die Planung und vereinbarte Leistungserbringung?
- Welche Auslastung hat die Baufirma im Planungszeitraum?
- Daraus abgeleitet: Zu welchem Zeitpunkt müssen neue Aufträge sichergestellt werden oder die Ressourcen angepasst werden? (Hinzufügen von neuen Mitarbeitern bzw. Leasingkräften oder die Reduktion der eigenen Ressourcen)

Die Einheit der Planung ist der Bauarbeiter. **Die Planung gilt dann als erfolgreich, wenn die Anzahl der geplanten Mitarbeiter mit jener der tatsächlich dort eingesetzten übereinstimmt.** Hier ist zu beachten, dass Abweichungen im Bereich der geleisteten Stunden lediglich für die weitere Planung als Input relevant sind, jedoch nicht für die Qualität der Planung. Diese Zieldefinition stellt sicher, dass die Planung auf relevante und beeinflussbare Größen beschränkt wird.

Als ein Unsicherheitsfaktor bei der Planung der Bauarbeiter ist Krankheit bzw. Unfall zu berücksichtigen, die anderen Nicht-Leistungsstunden (Urlaub, Ausbildung) sind weitgehend planbar.

Die auch mögliche Verwendung der Stunde als Planungseinheit führt zu einigen Problemen mit den Unsicherheitsfaktoren: Die Ist-Leistung kann vom geplanten Wert aufgrund von Schlechtwetter, Überstunden, Arbeiten eines Mitarbeiters auf mehreren Baustellen am gleichen Tag abweichen. Aufgrund dieser Unsicherheitsfaktoren erzeugen die Unterschiede zwischen Ist und Soll ein „Hintergrundrauschen“, das lediglich Aufwand erzeugt, aber keine zusätzlichen Informationen bereitstellt.

Da die „Verpackungseinheit“ für Arbeitsstunden jedoch der Bauarbeiter ist, wird diese Einheit, wie oben beschrieben, als Grundlage für die Planung und Validierung herangezogen.

Bei Erreichung dieses Ziels und der Beantwortung der angeführten Fragen ist noch eine weitere Überprüfung durchzuführen, ob diese Informationen auch positiv auf die Überlebensfähigkeit des Unternehmens wirken. Hierbei ist auch der Aufwand zur Pflege des Systems im Verhältnis zum Wert der erlangten Informationen zu betrachten.

Wenn die Informationen mit einem akzeptablen Aufwand bereitgestellt werden können, welche Auswirkung hat das auf das System Baufirma? Diese Frage wird nach dem Durchspielen der Planung im Abschnitt *14 Praktische Anwendbarkeit und Zusammenfassung* behandelt werden.

7.3. METHODISCHE FRAGEN

Wie kommt man von der Ist-Situation (historische Daten liegen vor, die Planung erfolgt kurzfristig über Experten) zu einer weitreichenderen Planung? Die Beantwortung der Fragen aus der Zieldefinition erfolgt Schritt für Schritt.

7.3.1. VALIDIERUNG DER STUNDENAUFZEICHNUNGEN

Für die Bereitstellung der ersten Information – wie viele Stunden auf welchen Baustelle bzw. Hilfsstelle verbraucht wurden – müssen die Daten aus der Lohnverrechnung in Indigo importiert werden. Hier muss sichergestellt werden, dass die Interpretation der Daten (z.B.: der Lohnarten) mit der Praxis in der Baufirma übereinstimmt. Ebenso müssen die Ausgabedaten die Anzahl der Mitarbeiter, Stunden pro Baustelle bzw. Hilfsstelle und das Verhältnis von produktiven Stunden, Sozialstunden sowie unbezahlten Stunden zeigen. Die Verwendung der Definitionen für Stunden folgt Jodl/Oberndorfer:

Stundenarten: Die einem Dienstnehmer vergüteten Stunden lassen sich in folgende S. gliedern:

- Leistungsstunden (zur Erbringung der Bauleistung)*
- + Bauregiestunden (Reinigung, Botendienste, Magazin, Vermessung etc.)*
- = Produktive Stunden*
- + Unproduktive Stunden (Aufsicht, Betriebsrat, Reisedst., Schreibstd. etc.)*
- = Geleistete Stunden*
- + Sozialstunden (Feiertag, Krankheit/Unfall, Schlechtwetter, Urlaub, bez. Freizeit etc.)*
- = Bezahlte Stunden*
- + Unbezahlte Stunden (Blaustunde, Schlechtwetterstd. U. Krankenstd. Ohne Entgelt etc.)*
- = Gesamtstunden¹²*

Die Interpretation der Stundenaufzeichnungen aus der Lohnverrechnung muss mit jener im Programm Indigo übereinstimmen.

Die Berechnung der Soll-Leistung der gesamten Baufirma muss vom Unternehmen bestätigt werden.

7.3.2. ZEITRAUM ZWISCHEN DATENERZEUGUNG UND REAKTION DURCH NEUE PLANUNG

Die Bearbeitung der Bautagesberichte, deren Eingabe in die Lohnverrechnung und den Import in Indigo nimmt Zeit in Anspruch, die zwischen der Entstehung der Daten und der Reaktion in der Planung liegt. Aus der Sicht des Systems ist es wesentlich, dass die Reaktion auf ein Ereignis in einem Zeitraum liegt, der das Abfangen von negativen Entwicklungen (z.B. zu hoher Stundenverbrauch auf einer Baustelle) ermöglicht.

Das geplante Verfahren soll die Reaktionszeit (2-6 Wochen Abstand zwischen Ereignis und erneuter Planung) deutlich verkürzen.

7.3.3. KRITERIEN FÜR DIE AUSWAHL EINER PLANUNGSMETHODE UND EINES MUSTERS

Für die Planung werden mehrere Methoden eingesetzt. Die Auswahl eines Musters¹³ einer bereits abgeschlossenen Baustelle für ein laufendes Bauvorhaben bedarf bestimmter Kriterien:

Mögliche Kriterien sind:

- Die laufende Baustelle und das Muster setzen das gleiche Bauverfahren ein: Neubau, Sanierung, Umbau etc.
- Die Durchlaufzeit ist ähnlich
- Das Volumen ist ähnlich

Neben der Verwendung eines Musters (aus einer abgeschlossenen Baustelle) gibt es auch noch die Möglichkeit lineare oder manuelle Planung zu verwenden. Im ersten Fall wird das Volumen gleichmäßig über die geplante Bauzeit verteilt. Bei der zweiten Methode gibt ein Experte die Planung (Anzahl der Bauarbeiter pro Baustelle pro Kalenderwoche) direkt ein. Der Vergleich von Mustern zur linearen bzw. manuellen Planung wird im Abschnitt *11 Die Messung von Plan- und Ist-Leistung* durchgeführt.

¹² Jodl/Oberndorfer: Handwörterbuch der Bauwirtschaft, Seite 222.

¹³ Die detaillierte Beschreibung und die Definition des Begriffs Muster erfolgt im Abschnitt *9 Muster aus Definitionen und abgeschlossenen Baustellen erstellen*. Ein Muster ist eine Vorlage für die kumulative Zeit-Leistungskurve einer Baustelle, die aus einer abgeschlossenen Baustelle abgeleitet wird.

Ex-post können die Kriterien für die Auswahl einer Planungsmethode und eines Musters durch den minimalen Abstand der Planung zur wirklichen Umsetzung festgemacht werden: Jene Methode, die den geringsten Abstand zu tatsächlichen Anzahl der Bauarbeiter auf der Baustelle aufweist, ist die am besten geeignete.

7.3.4. INTERPRETATION DER ERGEBNISSE

Das zentrale Ergebnis der Untersuchung ist der Vergleich der Methoden zur tatsächlich erbrachten Leistung. Es soll herausgearbeitet werden, welche Planungsmethode für welche Art einer Baustelle am besten geeignet ist, also die geringste Abweichung bei der Anzahl der Bauarbeiter vom Ist-Stand liefert.

Es wird über den gesamten Verlauf einer Baustelle mehrere Planungszyklen geben, wobei die angepassten Planungen sich mit hoher Wahrscheinlichkeit von der ursprünglichen unterscheiden, da unplanbare Faktoren (wie Schlechtwetter) aufgetreten sein können.

Um die Qualität einer Planungsmethode festzustellen wird eine konsolidierte Planung erstellt: Jene Planungsteile, die bereits in der Vergangenheit liegen (der Soll-Ist-Vergleich bereits durchgeführt wurde), werden sozusagen „eingefroren“ und nicht mehr verändert. Der neue Planungszyklus für die Zukunft nimmt den Faden an dieser Stelle auf.

Die Planung der gesamten Laufzeit der Baustelle setzt sich also aus mehreren Teilplanungen zusammen. Hier ist lediglich zu beachten, dass die Planungsmethode (manuelle oder automatische Planung sowie das verwendete Muster) konsistent bleiben muss. Ansonsten ist die Gesamtplanung aus unterschiedlichen Methoden und/oder Mustern zusammengesetzt und erlaubt keine Beurteilung des Planungserfolges einer Methode bzw. eines Musters.

Für die Beurteilung einer Planungsmethode für eine bestimmte Baustelle über die gesamte Laufzeit wird also diese konsolidierte Planung herangezogen. Jene Methode mit der geringsten Abweichung gilt gemäß den oben definierten Kriterien als am besten angepasst.

7.3.5. AUSWIRKUNG VON RUNDUNGEN BEI PLANUNGEN AUF DIE KAPAZITÄTSPLANUNG

Die Planung der Bauarbeiter erfolgt auf Tages- oder Wochenbasis. Ein Bauarbeiter arbeitet pro Tag (bzw. pro Woche) auf der gleichen Baustelle. Somit wird eine Kontinuität sichergestellt und die Anzahl der Veränderungen zwischen den Baustellen gering gehalten.

Bei automatischen Planungen kann es jedoch zu Fraktionen von Bauarbeitern kommen, wenn die Anzahl der benötigten Arbeitsstunden durch die Sollarbeitszeit dividiert wird. (Beispiel: In einer Woche werden 105 Stunden benötigt. $105/40h = 2,625$ Bauarbeiter.)

Dazu sind zwei Lösungen möglich:

- Es werden Teile von Bauarbeiter-Einheiten akzeptiert: Pro Woche können dann zum Beispiel 0,65 Bauarbeiter geplant werden.
- Es wird eine kaufmännische Rundung durchgeführt. In diesem Fall kann es bei der Ressourcenplanung zu Über- bzw. Unterkapazitäten kommen.

Beide Möglichkeiten werden beim Durchführen der Planung untersucht werden.

7.3.6. SCHÄTZEN DES FERTIGSTELLUNGSGRADES DER BAUSTELLE

Um den Fortschritt einer Baustelle zu definieren, wird vom Bauleiter¹⁴ eine prozentuelle Schätzung des Fertigstellungsgrades vorgenommen. Diese Schätzung ist mit Unsicherheiten behaftet und bedarf einer gewissen Einführungsphase im Unternehmen. Das liegt an folgenden Faktoren:

- Die Bauleiter sind es in der Regel nicht gewohnt, einen Prozentsatz der Fertigstellung einer Baustelle bzw. eines Bauabschnittes zu schätzen
- Eine Anpassung bei der Anzahl der Stunden (z.B. durch einen Zusatzauftrag) einer Baustelle verändert auch die Bezugsmenge der Schätzung

Der Fertigstellungsgrad ist ein zentraler Parameter für die Berechnungen bei der Earned-value-Analyse und bedarf daher einer besonderen Aufmerksamkeit.

7.3.7. VERÄNDERUNGEN DES VOLUMENS WÄHREND DER LAUFZEIT DER BAUSTELLE

Während der Abwicklung einer Baustelle kann es aus verschiedenen Gründen zu Veränderungen des kalkulierten Volumens kommen:

- Der Bauherr hat zusätzliche Aufträge, die im Rahmen der Baustelle erfüllt werden sollen
- Das tatsächliche Arbeitsvolumen (z.B.: Abbruch von bestehenden Bauwerken) unterscheidet sich vom kalkulierten Volumen

Diese Leistungsveränderungen können Auswirkungen auf die Anzahl der kalkulierten Stunden haben. Sie fließen somit auch in die Planung bzw. den Soll-Ist-Vergleich ein. Die Leistungsveränderungen müssen dokumentiert und in der Ressourcenplanung um beim Baustellen-Controlling berücksichtigt werden.

7.3.8. ERFOLGSKRITERIEN: WORAN WIRD DIE ERREICHUNG DES ZIELS GEMESSEN?

Das im Abschnitt 7.2 *Detaillierte Zieldefinition* beschriebene Ziel wird erreicht, wenn das System Indigo als Teil des laufenden Betriebs eingesetzt werden kann.

Als sichtbaren Output wird das System Indigo folgende Informationen bereitstellen:

- Berichte über den Baufortschritt
- Planungen mit einer ausgewählten Methode
- Berichte über die Auslastung der Vergangenheit und die geplante der Zukunft

Mit der Beschreibung der methodischen Fragen wurden die möglichen Problemfelder der Dissertation dargelegt. Die konkrete Lösung der Fragen erfolgt in den folgenden Abschnitten.

7.4. EINSCHRÄNKUNGEN UND VEREINFACHUNGEN

Im Rahmen dieser Dissertation werden einige Vereinfachungen bei der Betrachtung des Baubetriebes vorgenommen. Diese haben den Zweck, die Anzahl der veränderbaren Faktoren einzuschränken und den Fokus auf die Planung der Ressourcen und das Baustellen-Controlling zu lenken. Es ist klar, dass diese Vereinfachungen die Realität des Baubetriebes vergrößert wiedergeben.

¹⁴ Unter Bauleiter wird hier jene Rolle verstanden, die für die Leitung der Baustelle aus administrativer und technischer Sicht zuständig ist. Diese Rolle ist von der des Poliers oder Vorarbeiters klar abzugrenzen, der auf der Baustelle direkt leitend tätig ist. Hier folge ich der ersten Definition des Bauleiters in Jodl/Oberndorfer, Handbuch der Bauwirtschaft, Seite 53.

Ausklammern der Akquisition und Arbeitsvorbereitungen: Bevor es zu einer konkreten Arbeit auf einer Baustelle kommt, sind viele Schritte notwendig: Von der Akquisition, Kalkulation, Anbotslegung bis zum Vertragsabschluss. Alle diese Schritte werden im weiteren Verlauf dieser Arbeit ausgeklammert. (Eine kurze Darstellung des Systems Baufirma ist im Abschnitt *6.2 Beschreibung der Systembestandteile und Interfaces* zu finden.) Damit ist der Startpunkt für ein Bauvorhaben im Rahmen dieser Dissertation ist der erste Arbeitstag eines Mitarbeiters auf dieser Baustelle.

Homogenisierung der Arbeiten: Alle Leistungsgruppen und Arbeitspakete einer Baustelle werden zusammengefasst. Die gesamte Baustelle wird als ein einziges Projekt betrachtet.

Konzentration auf Stunden im Controlling: Der Bereich Baustellen-Controlling wird im Rahmen dieser Arbeit **ausschließlich** auf Stunden angewendet (Siehe auch Abschnitt *8.11.2 Exkurs: Stunden als Kosten und Leistung*). Alle darüber hinausgehenden Aspekte, wie zum Beispiel Finanz-Controlling, bleiben ausgeklammert.

8. PROJEKT- UND BAUSTELLEN-CONTROLLING

Ein wesentlicher Schritt vor der Planung von Ressourcen, sei sie automatisch oder manuell, ist die Bestimmung des aktuellen Status einer Baustelle:

- Wie weit ist die Baustelle im Zeitverlauf fortgeschritten?
- Wie lautet der Fortschrittsgrad der Baustelle in Bezug auf die vertraglich vereinbarte Leistung?
- Wie viele Stunden wurden für die Erbringung dieser Leistung bisher aufgewendet?
- Wurde der Leistungsumfang während der Projektlaufzeit verändert?

In weiterer Folge ist natürlich auch eine Abschätzung der noch benötigten Durchlaufzeit und Stunden relevant. Diese Frage wird im Abschnitt *10 Planungen und Prognosen* behandelt.

Für die methodische Fassung der Frage, wie es um ein Projekt bzw. eine Baustelle steht, gibt es zwei, sich einander ergänzende Zugänge:

1. Projektmanagement und –controlling
2. Die Ergebnisse der Forschung und Praxis aus dem Baubetrieb

Das Gemeinsame am Einsatz beider Zugänge im Rahmen dieser Arbeit ist die radikale Vereinfachung der Methoden. Die eingesetzten Elemente und die Vereinfachungen bzw. Anpassungen werden im Anschluss an die Darstellung der Methoden aus Projektmanagement und Baubetrieb zusammengefasst.

Einleitend werden die Anforderungen an das Baustellen-Controlling präzisiert und der Begriff abgegrenzt. Daraufhin werden die wesentlichen Verfahren aus Projektmanagement und Baubetrieb kurz vorgestellt und deren Anwendbarkeit im konkreten Kontext diskutiert. Darüber hinaus werden auch ÖNORMEN einbezogen und deren Anwendbarkeit überprüft. Es folgt dann die Darstellung des Controllings aus Sicht des Baubetriebs. Im Anschluss wird eine angepasste Variante des Baustellen-Controllings vorgestellt.

8.1. ANFORDERUNGEN AN DAS BAUSTELLEN-CONTROLLING

Im Anschluss an die Systembeschreibung im Abschnitt *6 Beschreibung der Ausgangssituation: Das System Baufirma* werden nun die Anforderungen an das Baustellen-Controlling genauer definiert.

Es wurden bereits einige methodische Probleme (siehe auch Abschnitt *7 Problemstellung, Zielsetzung und methodische Fragen*) in diesem Zusammenhang beschrieben:

- Latenz zwischen der Entstehung der Daten = Verarbeitung der Stunden am Bau und der nächsten Möglichkeit zum steuernden Eingriff
- Die Genauigkeit der Daten: Leasingarbeiter werden in der Lohnverrechnung nicht erfasst, erbringen aber konkrete Leistungen für die Baustelle, die in der Stundenkalkulation enthalten sind
- Veränderungen des Volumens während der Laufzeit
- Start- und/oder Endtermin werden verschoben
- Es handelt sich um kleinere und mittlere Baufirmen, die nur geringen Spielraum für administrativen Aufwand haben. (Kontext Unternehmensgröße, Ertragssituation): Die Möglichkeit bzw. Bereitschaft, einen administrativen Apparat für die Bedienung eines Ressourcen-Planungssystems bereitzustellen, ist aus wirtschaftlichen Gründen eher gering.

Unter Berücksichtigung dieses Umfeldes können folgende Anforderungen formuliert werden:

- Geringer administrativer Aufwand: Radikale Vereinfachung der Datenerhebung
- Einfache Methoden zum Feststellen des Leistungsfortschrittes
- Kurze Reaktionszeiten zwischen Entstehung der Daten auf der Baustelle und Anpassung der Planung
- Operationalisierbarkeit der Information: Was bedeuteten die Daten konkret? Nach welchen Kriterien werden welche Maßnahmen daraus abgeleitet?
- Rasche Reaktion auf Einflüsse wie etwa Terminverschiebungen, Schlechtwetter, Zusatzaufträge etc.
- Veränderungen während der Laufzeit (Leistungsumfang, Termine) müssen mit der Methode beherrschbar sein

Diese Anforderungen sollen im Rahmen dieser Arbeit erfüllt werden. Dazu wird vorerst die Anwendbarkeit der Konzepte aus den oben angeführten Bereichen untersucht. In weiterer Folge werden konkrete Methoden für den Verwendungszweck dieser Arbeit dokumentiert.

8.2. PROJEKTMANAGEMENT

Ein Bauvorhaben kann neben der Betrachtung aus dem Baubetrieb heraus auch als Projekt gesehen werden, da es die Qualifikation für ein Projekt erfüllt. Die folgende Definition von Projekten führen zur Untersuchung der Anwendbarkeit dieses Begriffes auf Bauvorhaben:

Projekte sind zeitlich begrenzte, komplexe Vorhaben. Mit anderen Worten: Jedes Projekt besitzt ein von Beginn mitgedachtes, geplantes Projektende. [...] Projekte zeichnen sich durch hohe Ausprägungen der folgenden Merkmale aus:

Merkmal	Beschreibung
<i>neuartig:</i>	<i>Nicht oder nur zum Teil sich wiederholende Aufgabenstellung, verbunden mit Unsicherheit und hohem Risiko.</i>
<i>zielorientiert:</i>	<i>Das zu erbringende inhaltliche Ergebnis (Sachziel) ist spezifiziert, der dafür erforderliche Zeit- und Mitteleinsatz (Formalziele) begrenzt.</i>
<i>abgegrenzt:</i>	<i>Ein Projekt weist Begrenzungen hinsichtlich des Zeitrahmens, des Budgets sowie organisatorisch-rechtlicher Art auf.</i>
<i>komplex, dynamisch:</i>	<i>Die Aufgabenstellung ist umfangreich und stark vernetzt, so dass viele Abhängigkeiten zwischen den Einzelaufgaben und zum Umfeld bestehen, wobei sich Inhalte wie auch Abhängigkeiten laufend ändern können. Schlechte Überschaubarkeit liegt vor</i>
<i>interdisziplinär, fachübergreifend:</i>	<i>Die Aufgabenstellung ist nur durch das Zusammenwirken unterschiedlichster Qualifikationen, die meist aus verschiedenen Organisationseinheiten kommen, durchführbar.</i>
<i>bedeutend:</i>	<i>Projekte haben für die beteiligten Organisationseinheiten eine hohe Relevanz bezüglich Nutzungseignung, Akzeptanz, wirtschaftlichem Erfolg, Ressourcenbindung u.Ä.</i>

Tabelle 8: Merkmale von Projekten

*[...] Projekte sind eigenständige soziale Systeme, eingebettet in ein projektspezifisches Umfeld, [...]*¹⁵

Die Definition aus dem Project Management Institute (PMI) „A guide to the project management body of knowledge“ stimmt mit jener von Patzak/Rattay weitgehend überein und führt die Errichtung von Bauwerken als ein Beispiel für ein Projekt an.¹⁶

Welche Kriterien für Projekte treffen auf Bauvorhaben im Rahmen einer kleinen bzw. mittleren Baufirma zu:

- Neuartig: Jedes Bauvorhaben hat einzigartige Merkmale, wenngleich im Sinne der Rationalisierung die Wiederverwendung von Abläufen, Methoden etc. angestrebt wird. Die Methode zur Herstellung eines Bauwerkes steht trotz aller Standardisierung und Automatisierung in einem klaren Gegensatz zu einem industriell gefertigten Produkt wie einem Fahrzeug
- Zielorientiert: Im Rahmen des Bauvertrages wird der Umfang der Leistungen als auch der Zeitraum der Erbringung festgelegt
- Komplex, dynamisch: Das Zusammenwirken unterschiedlicher Gewerke ist notwendig, um ein Bauwerk zu errichten. Die Veränderungen auf einer Baustelle sind Gegenstand einer separaten Betrachtung und immanent im Bauvorhaben vorhanden.
- Interdisziplinär, fachübergreifend: Ein Bauvorhaben erfordert auch innerhalb einer Baufirma unterschiedliche Qualifikationen: Vom Bauleiter, Kostenrechnung, Controlling, Polier/Vorarbeiter, Facharbeiter etc. bis zum Hilfsarbeiter wird das Projektteam (oder die Partie) projektspezifisch zusammengestellt. Nach dem Abschluss der Baustelle wird das Team neu gebildet bzw. in einem neuen Bauvorhaben eingesetzt.
- Bedeutend: Die Bedeutung eines Bauvorhabens liegt sowohl in den Zielen des Bauherrn als auch in den wirtschaftlichen Zielen der Baufirma.

Aus den oben diskutierten Kriterien ist eine Definition eines Bauvorhabens als Projekt zulässig. Im nächsten Schritt ist nun zu prüfen, ob der Einsatz von Methoden aus dem Projektcontrolling (als Teil des Projektmanagements) für das Baustellen-Controlling sinnvoll ist.

8.3. PROJEKTCONTROLLING

Was wird unter Projektcontrolling¹⁷ verstanden: Vorerst ist festzuhalten, dass mit Controlling eine Steuerungsfunktion (mit dem Regelkreis Planung – Soll-Ist-Abgleich - Anpassung) für Projekte bereitgestellt wird. Jodl/Oberndorfer definieren Projekt-Controlling als begriffliche Vereinigung von Projektsteuerung und Projektkontrolle.¹⁸ Dort führen sie weiter aus:

Projektkontrolle: Gesamtheit aller Kontroll- und Überprüfungsleistungen innerhalb der Projektorganisation (Termin- und Kostenkontrolle, Überprüfung der Projektorganisation) im Sinne des kybernetischen Regelkreises (Messung, Abweichanalyse, Vorschlag Anpassungsmaßnahmen) [...]

Projektsteuerung: Subsystem der Projektorganisation, das die Aufgabe hat, durch kreative und dispositive Tätigkeiten die Vorgaben der Projektleitung

¹⁵ Patzak/Rattay: Projektmanagement, Seite 20. (Die Hervorhebungen wurden aus der Quelle übernommen)

¹⁶ PMI, A guide to the project management body of knowledge, Seite 5ff.

¹⁷ Jodl/Oberndorfer: Handwörterbuch der Bauwirtschaft. Seite 194. Projekt-Controlling wird also durchaus als Teil der Projektsteuerung gesehen.

¹⁸ Jodl/Oberndorfer: Handwörterbuch der Bauwirtschaft. Seite 194 und 196.

vorzubereiten und umzusetzen. Der Begriff P. wird manchmal fälschlicherweise mit dem Begriff des Projektmanagements gleichgesetzt.

Die Definitionen von Projektcontrolling berühren unterschiedliche Aspekte, die dann auf ihre Anwendbarkeit im Baustellen-Controlling untersucht werden.

Bei der Definition des Projektcontrollings beschreiben Patzak/Rattay wesentliche Punkte, die für diese Arbeit relevant sind:

- **Entwicklung von Kennzahlen und Messsystemen**, um Abweichung erkennen und den Projekterfolg erfassen zu können
 - **Implementierung entsprechender Controllingstandards und -zyklen**
 - **Vergleich der Projektpläne hinsichtlich Leistung, Qualität, Termine, Kosten mit den laufenden Ergebnissen (Soll-Ist-Vergleich)**
 - **Interpretation der Resultate und die Entwicklung von Steuerungsmaßnahmen zur Kompensation oder von Planänderungen [...]**
- Um die Funktion des Projektcontrollings klar zu definieren, wird diese im Folgenden von der **Projektrevision** abgegrenzt. Im Unterschied zur begleitenden Projektcontrolling-Funktion ist unter **Projektrevision** die punktuelle und **nachgelagerte** Analyse und Auswertung einer Projektphase oder eines gesamten Projekts zu verstehen. Die Projektrevision bietet daher keine Möglichkeit zur laufenden Projektsteuerung. [...] Die Zielprioritäten sind unterschiedlich! Für das Projektcontrolling gilt: **Aktualität vor Genauigkeit** Für die Projektrevision gilt: **Genauigkeit vor Aktualität**¹⁹*

Roman Stöger nimmt in seinem Buch „Wirksames Projektmanagement“ noch eine weitere Präzisierung des Controllings vor:

Erstens: Controlling liegt in der Verantwortung der Projektleitung und nicht des Projektcontrollers. Controlling ist in seinem Kern eine Führungsaufgabe, weil letztendlich nur Projektleiter „steuern“ und „lenken“. Die Verantwortung für ein Projekt können sie nicht delegieren. [...]

Zweitens: Controlling beginnt mit dem Projektstart. [...] Nur auf Basis eines transparenten und nachvollziehbaren Projektauftrages und auf Grundlage einer präzisen Projektplanung ist wirksames Projektcontrolling möglich.

Drittens: Controlling ist Finanz- oder Umsetzungscontrolling. Prinzipiell ist zu klären, wie man Controlling einsetzen will. Es gibt im Prinzip zwei Varianten: Die erste nennt sich Finanzcontrolling. Zentral ist die finanzielle Steuerung. Der Controller muss die Nachprüfbarkeit und die Rechenschaft von Budgets sicher stellen, mit anderen Worten: ob die finanziellen Mittel zweckmäßig eingesetzt worden sind. Für diese Aufgabe muss ein Controller eher ein Buchhalter und darum in Zahlen verliebt sein. Die zweite Variante ist das Umsetzungscontrolling. Die Schlüsselaufgabe des Controllers lautet: nachschauen und dokumentieren, ob und wie der Projektauftrag und die Maßnahmen umgesetzt werden. [...] ²⁰

Neben der Steuerung der Zeitplanung²¹ wird im Project management body of knowledge (PMBOK) Guide auch das Finanzcontrolling²² beschrieben. Im Abschnitt über Cost Control

¹⁹ Patzak/Rattay: Projektmanagement. Seite 409f.

²⁰ Stöger: Wirksames Projektmanagement. Seite 135f. (Heraushebung wie im Original)

²¹ PMI: A guide to the project management body of knowledge, Seite 153f.

²² PMI: A guide to the project management body of knowledge, Seite 170f.

kommt das PMBOK zur Earned Value Technique (EVT)²³ als zentrales Werkzeug des Controllings. Um den Kontext der Earned-value-Analyse²⁴ zum Input, den anderen Tools und den Outputs herzustellen, wird die Übersichtsgrafik als Zitat eingefügt:

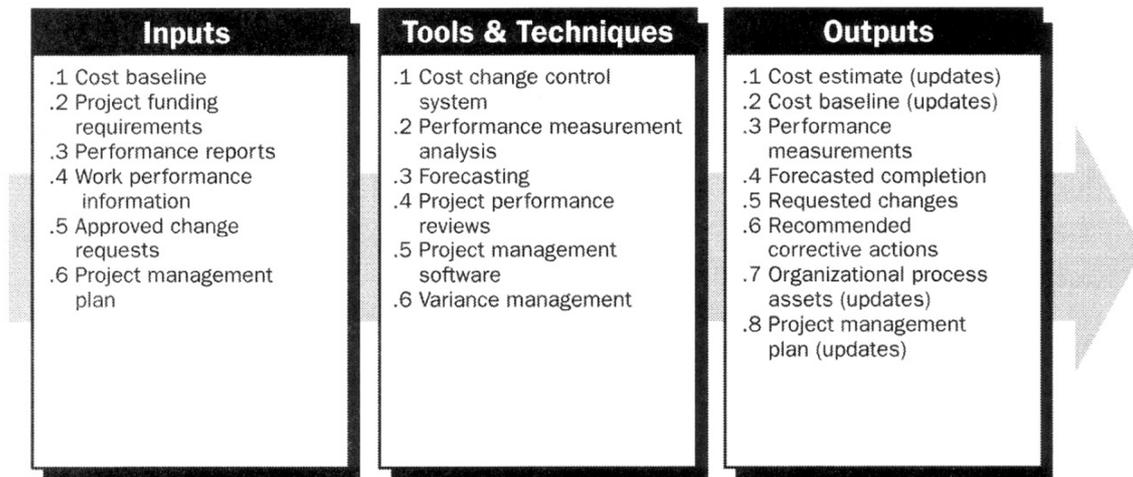


Abbildung 7: Kostensteuerung: Inputs, Methoden und Resultate²⁵

Mit dem obenstehenden Diagramm soll verdeutlicht werden, dass die Earned-value-Analyse ein Werkzeug ist, das mit anderen zusammen eingesetzt werden kann und soll: Mit der Earned-value-Analyse können der Zustand und die Performance eines Projekts in Bezug auf **Leistung, Kosten und Zeit** festgestellt werden, sowie Prognosen über den weiteren Verlauf abgeleitet werden. Die Umsetzung dieser Erkenntnisse erfolgt dann durch die anderen Outputs z.B.: Anpassung der cost estimations, cost baseline und Planung der corrective actions im Projektplan.

Bei Gareis wird das Controlling eines Projekts wie folgt definiert:

Die Leistungsfortschrittskontrolle kann auf den Ebenen des Gesamtprojekts, der Arbeitspaketgruppe, der Arbeitspakete oder der Vorgänge erfolgen. Bereits bei der Projektstrukturplanung und der Terminplanung sind die Arbeitspaketgruppen,

²³ Earned-value-Analyse (EVA), Earned Value Management (EVM) und Earned Value Technique (EVT) werden im Rahmen dieser Arbeit als synonyme Begriffe verwendet.

²⁴ Das System der Earned-value-Analyse wird im deutschen Sprachraum mit unterschiedlichen Begriffen übersetzt:

„DIN 69901-5: Fertigstellungswert (en: earned value): Wert (z. B. geleistete Arbeit), der sich bei der Abwicklung des Projekts zu einem bestimmten Stichtag ergibt und für Vorgänge, Arbeitspakete oder ein Projekt ermittelt werden kann.“ (DIN 69901-5, Seite 8)

„Neben der in den USA üblichen Bezeichnung Earned Value Analysis ist sie auch als Cost/Schedule Control System Criteria (C/SCSC) bekannt und im deutschen Sprachraum entspricht sie exakt der **Fertigstellungswert-Analyse**.“ (Patzak/Rattay: Projektmanagement, Seite 432)

„Im deutschsprachigen Raum ist diese Methode [Earned-Value-Analyse Anmerkung NK] unter dem Begriff Arbeitswertanalyse adaptiert.“ (Drews /Hillebrand: Lexikon der Projektmanagement-Methoden, Seite 232)

Hersteller von Projektmanagementsoftware verwenden auch den Begriff der Leistungswertanalyse. Zum Beispiel Oracle (http://www.oracle.com/de/products/applications/primavera/063352_de.pdf Seite 1) und Microsoft (<http://www.microsoft.com/germany/epm/investitionsprojekte.msp>)

Im Rahmen dieser Arbeit wird der Begriff Earned-value-Analyse verwendet werden. Die unterschiedlichen deutschen Übersetzungen werden als gleichbedeutend betrachtet.

²⁵ PMI: A guide to the project management body of knowledge, Seite 171.

*Arbeitspakete und Vorgänge so zu definieren, daß sie auch bezüglich ihres Leistungsfortschrittes meßbar sind.*²⁶

Der zusätzliche Aspekt bei Gareis ist die Forderung, dass bereits bei der Projektplanung das Controlling mitkonzipiert wird, wobei die Ebene des Controllings (Arbeitspaket oder eine übergeordnete Einheit bis zum Gesamtprojekt) hier ebenfalls vorher definiert wird.

Projektcontrolling umfasst eine Palette von Funktionen, die je nach Anforderung eingesetzt werden. Finanz- und Umsetzungscontrolling sind zwei der zentralen Aufgaben. Im Rahmen dieser Arbeit wird das Baustellen-Controlling auf Basis der Stunden durchgeführt. Da der Leistungsfortschritt ein zentraler Parameter dafür ist, kommt hier das Umsetzungscontrolling zum Tragen. Zusätzlich kann aber eine Stunde einfach in Kosten übersetzt werden, also ist auch ein Aspekt des Finanzcontrollings enthalten. Weitere Aufgaben des Finanzcontrollings (z.B. Steuerung der Zahlungsflüsse) werden in dieser Arbeit nicht behandelt.

8.3.1. METHODEN DES PROJEKTCONTROLLINGS

Nach der funktionellen Beschreibung des Projektcontrollings stellt sich die Frage nach der geeigneten Methode. Bei Stöger gibt es außer Hinweisen zur Literatur (Fleming/Koppelman, Gareis, Bruch/Lawa/Steinle) lediglich ein Formular „Controlling-Bericht“, das auf eine qualitative Beschreibung setzt. Der Fortschritt bzw. Abweichungen werden im Freitext festgehalten.²⁷ Da in dieser Arbeit eine quantitative Methode des Baustellen-Controllings entwickelt werden soll, wird der Ansatz von Stöger nicht weiter verfolgt.

Patzak/Rattay beschreiben einige konkrete Methoden des Projektcontrollings bei der Erstellung von Soll-Ist-Vergleichen

Die am häufigsten eingesetzten Instrumente sind:

- *Projektstrukturplan zum **quantitativen** Leistungsvergleich*
- *Qualitätsplan für den **qualitativen** Leistungsvergleich*
- *Balkenplan für den **terminlichen** Leistungsvergleich*
- *Auslastungsdiagramme für den **Ressourcenvergleich***
- *Kostentabellen oder –grafiken für den **Kostenvergleich***
- *spezifische **Kennzahlen**, die das Projekt im Vergleich zu anderen Projekten darstellen*²⁸

Die meisten Instrumente werden im weiteren Verlauf nicht behandelt – Schwerpunkt liegt auf den Ressourcen bzw. Stunden (als Kosten). Später kommen Patzak/Rattay unter der Überschrift „Integrierte Projektcontrolling“ zur Earned-value-Analyse:

Da ein Projekt durch das Zieldreieck

- *Leistung,*
- *Termine und*
- *Ressourcenverbrauch/Kosten*

*definiert ist, liefert auch nur die Erfassung der Abweichungen **aller drei Größen** eine ganzheitliche Aussage über den Status eines laufenden Projekts.*²⁹

²⁶ Gareis: Projektmanagement im Maschinen- und Anlagebau, Seite 147.

²⁷ Stöger: Wirksames Projektmanagement, Seite 137ff.

²⁸ Patzak/Rattay: Projektmanagement, Seite 411.

²⁹ Patzak/Rattay: Projektmanagement, Seite 431.

Innerhalb dieses Dreiecks ist die Qualität zu positionieren, die von den drei Faktoren abhängt. Nach dieser Einleitung geben die beiden Autoren einen Überblick über die Earned-value-Analyse.

Bei den Methoden des Projektcontrollings beschreibt Gareis die Earned-value-Analyse (in deutschen Begriffen)³⁰ und in weiterer Folge auch Abweichungstrendanalysen:

Abweichungstrendanalysen sind Darstellungen für die Entwicklung der zu einzelnen Kontrollstichtagen erwarteten Kosten- oder Dauerabweichungen. Abweichungstrendanalysen beziehen sich auf erwartete Abweichungen bei der Fertigstellung des Projekts oder einzelner Arbeitsgruppen.³¹

Leider wird die Methode zur Erstellung der Analysen nicht weiter erklärt.

Im Bereich des Projektcontrollings wird in der verwendeten Literatur eine Anzahl von Techniken zur Durchführung des Controllings beschrieben. Es kommen sowohl qualitativ deskriptive (z.B.: Stöger) als auch quantitative Methoden (z.B.: Patzak/Rattay, Gareis) vor. Der gemeinsame Nenner liegt im Festhalten des aktuellen Zustandes und des Vergleichens mit dem Soll-Stand. Mit dieser Standortbestimmung im Projekt können in weiterer Folge (bei Bedarf) korrigierende Maßnahmen ergriffen werden.

8.4. ÖNORM 1801-5

Die ÖNORM 1801-5 beschreibt in sehr komprimierter Form die Elemente des Projektmanagements für Bauprojekte.³² Sie wird im Rahmen dieser Arbeit zur Komplettierung der Literatur herangezogen, da der unmittelbare Erkenntniszuwachs gegenüber den bereits bearbeiteten Quellen durchaus limitiert ist.

Der Inhalt und das Anwendungsgebiet werden wie folgt formuliert:

*Diese ÖNORM beschreibt Regeln, Elemente und Strukturen für Projektmanagementsysteme im Bauwesen. [...]
Die ÖNORM ist anwendbar sowohl für große, komplexe als auch kleinere, einfachere Projekte des Hoch- und Tiefbaus.³³*

Change Management wird auch kurz als Element des Projektmanagements angeführt.³⁴ In Bezug auf Controlling heißt es:

Die Prozesse und Regeln im Projekt und zum Projektumfeld, die innerhalb des Projektmanagements zur Sicherung des Erreichens der Projektziele beitragen, sind festzulegen. Die Prozesse umfassen betriebswirtschaftliches Controlling zur Steuerung der Projektplanung und Projektabwicklung sowie technisches Controlling zur Erreichung der geforderten Gebrauchswerte.³⁵

Diese Anforderungen stehen in Deckung mit den bereits angeführten Definitionen von Projektcontrolling. Zusätzlich wird das technische Controlling als eigene Funktion angeführt.

³⁰ Gareis, Seite 174f.

³¹ Gareis, Seite 176.

³² ÖNORM 1801-5, Seite 3.

³³ ÖNORM 1801-5, Seite 3.

³⁴ ÖNORM 1801-5, Seite 8.

³⁵ ÖNORM 1801-5, Seite 8.

Im Anhang A wird in der ÖNORM 1801-5 ein als informativ gekennzeichneteter Vorschlag zur Gliederung eines Projekthandbuches gemacht. Hier werden neben dem *Nachtragsmanagement (Nachforderungen aus Vertragsänderungen bzw. Nachforderungen aus Vertragsabweichungen*³⁶) auch das *Controlling* mit Punkten wie *Erfassung Ist-Daten, Soll-Ist-Vergleich, Analyse der Abweichungen, Bewertung der Konsequenzen und Korrekturmaßnahmen* aufgelistet.³⁷

Die ÖNORM 1801-5 verweist unter anderem auf die Deutsches Institut für Normung (DIN) 69904³⁸. Dort wird in ebenfalls sehr abstrakter Form im Punkt Projektcontrolling weiter ausgeführt:

Dieses Element umfasst die Prozesse und Regeln, die innerhalb des Projektmanagements zur Sicherung des Erreichens der Projektziele beitragen durch

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

In diesen Prozessen

- werden die Bewertungskriterien und Bewertungsmaßstäbe festgelegt. Diese Bewertungskriterien sind für alle Phasen des Projektes aufgestellt und so gewählt, dass die damit ermittelten Größen objektiviert werden,
- wird ein ständiger Soll-Ist-Vergleich der definierten Kriterien gesichert, aus denen Handlungsvorschläge abgeleitet werden.³⁹

In weiterer Folge wird wie auch in der ÖNORM 1801-5 zwischen betriebswirtschaftlichem und technischem Controlling unterschieden. Der Literaturhinweis der DIN 69904 verweist auf das PMBOK, womit sich der Kreis wieder schließt.⁴⁰

8.5. ZUSAMMENFASSUNG PROJEKTCONTROLLING

Aus den Anforderungen der bearbeiteten Literatur werden einige Punkte des Projektcontrollings herausgenommen, die im Rahmen dieser Arbeit von Relevanz sein werden:

- Aktualität ist wichtiger als Genauigkeit (Abgrenzung zur Projektrevision, wo die Genauigkeit Priorität hat)
- Termin- und Kosten-Controlling
- Entwicklung eines Kennzahlen-Systems
- Soll-Ist-Vergleich (Performance measurement und Variance analysis)
- Interpretation der Resultate und Steuerungsmaßnahmen
- Voraussagen
- Änderungen während der Laufzeit (Approved change requests) und deren Auswirkungen

³⁶ ÖNORM 1801-5, Seite 11.

³⁷ ÖNORM 1801-5, Seite 12.

³⁸ Die DIN 69904 wurde von der DIN 69901:2009 abgelöst. Siehe DIN 69901-1 Seite 1.

³⁹ DIN 69904, Seite 8f.

⁴⁰ DIN 69904, Seite 12.

Darüber hinausgehende Funktionen des Projektcontrollings (z.B. Finanzcontrolling) werden im Rahmen dieser Arbeit nicht weiter bearbeitet.

Als Methode für das Baustellen-Controlling wird die Earned-value-Analyse, die in vielen Büchern der Projektmanagement bzw. –controlling-Literatur dargestellt wird, ausgewählt. Die Motivation für diese Entscheidung:

- Es ist eine quantitative Methode: Fortschritt und Abweichung werden in konkreten Zahlen dargestellt
- Es besteht die Möglichkeit, eine Prognose des weiteren Verlaufs aufgrund des bisherigen ermittelten Fortschritts und der Performance zu erstellen.
- Es handelt sich um eine Methode, die sich über einen längeren Zeitraum in unterschiedlichen Branchen bewährt hat.⁴¹

Im nächsten Abschnitt wird das Konzept der Earned-value-Analyse im Detail beschrieben und die darin enthaltenen Berechnungen werden dargestellt. Nach der Bearbeitung der Literatur aus dem Bereich Baubetrieb wird in weiterer Folge die Anwendung von EVA/EVM für Bauvorhaben diskutiert.

8.6. EARNED-VALUE-ANALYSE (EVA)/EARNED-VALUE-MANAGEMENT (EVM)

EVA/EVM ist eine Methode zum systematischen und integrierten Projektcontrolling: Systematisch, da eine definierte Methode zur Berechnungen und Interpretation der Daten vorliegt und integriert, weil die Aspekte der Zeitplanung und Kosten zusammengeführt werden:

Performance Measurement Analysis

Performance measurement techniques help to assess the magnitude of any variances that will invariably occur. The earned value technique (EVT) compare the cumulative value of the budgeted cost of work performed (earned) at the original allocated budget amount to both the budgeted cost of work scheduled (planned) and to the actual cost of work performed (actual). This technique is especially useful for cost control, resource management, and production.⁴²

Die folgende Darstellung der Begriffe aus der EVA/EVM stützt sich auf das PMBOK⁴³. Die mitunter vorhandenen Abweichungen bei den Definitionen und Formeln in der anderen verwendeten Literatur werden bewusst ignoriert.

Begriff aus dem PMBOK	Formel	Beschreibung
BAC = budget at completion	In der Projektdefinition enthalten BAC = total cumulative PV at completion	Geplantes Budget für das Projekt
PV = planned value	Abgeleitet aus dem Projektplan zum Beobachtungszeitpunkt	Geplante Leistung aufgrund des Projektplans

⁴¹ Die Earned-value-Analyse wird unter anderem bei der National Aeronautics and Space Administration (NASA) als Projektmanagement Tool eingesetzt: <http://evm.nasa.gov>. Fleming behandelt in seinem Artikel „Earned Value Management. Mitigating the Risks Associated with Construction Projects“ die Anwendung bei Bauprojekten.

⁴² PMI: A guide to the project management body of knowledge, Seite 172.

⁴³ PMI: A guide to the project management body of knowledge, Seite 172ff.

Begriff aus dem PMBOK	Formel	Beschreibung
EV = earned value	$EV = \text{aktueller Fertigungsgrad \%} * BAC$	Jener Betrag, der für die Erfüllung des aktuellen Leistungsfortschrittes geplant war (= Sollkosten der Ist-Leistung)
AC = actual cost	Summe der Aufwendungen für das Projekt zum Beobachtungszeitpunkt	
CV = cost variance	$CV = EV - AC$	Abweichung auf der Kostenseite (Kostenvarianz)
SV = schedule variance	$SV = EV - PV$	Monetär bewertete Abweichung des Zeitplans
CPI = cost performance indicator	$CPI = EV/AC$	Wenn $CPI > 1$ bedeutet eine Einsparung gegenüber dem Plan, $CPI < 1$ dagegen eine Erhöhung der Kosten
$CPI^C = \text{Cumulative CPI}$	$CPI^C = EV^C/AC^C$	Gesamter earned value durch actual cost über den ganzen bisherigen Projektverlauf
SPI = schedule performance index	$SPI = EV/PV$	$SPI > 1$ = Vor dem Zeitplan, $SPI < 1$ hinter dem Zeitplan zurück
ETC = estimate to complete (based on atypical variances)	$ETC = (BAC - EV^C)$	Diese Formel wird verwendet, wenn Störungen des Projektablaufes als untypisch und nicht wiederkehrend eingeschätzt werden. Hier wird unterstellt, dass der $CPI = 1$ ist, also im Plan liegt. Es wird der noch offene Aufwand vom Beobachtungszeitpunkt bis zum Projektende berechnet.
ETC (based on typical variances)	$ETC = (BAC - EV^C)/CPI^C$	In diesem Fall werden die Abweichungen als typisch und in der Zukunft des Projektes wahrscheinlich beurteilt. Um dieser Berechnung mehr Information als der obigen Methode zu entnehmen, muss $CPI < > 1$ sein, also vom Plan abweichen.
EAC = Estimate at completion (using new estimate)	$EAC = AC^C + ETC$	Wenn die ursprüngliche Planung durch den Leistungsfortschritt grundsätzlich ungültig gemacht wurde, kann mit dieser Formel eine neue Prognose vorgenommen

Begriff aus dem PMBOK	Formel	Beschreibung
		werden. Das Ergebnis beschreibt den Aufwand, der aufgrund der bisherigen Performance am Ende des Projektes zu erwarten ist.
EAC (using remaining budget)	$EAC = AC^C + BAC - EV^C$	Wird ebenfalls bei untypischen Störungen im bisherigen Verlauf verwendet
EAC (using CPI^C)	$EAC = AC^C + ((BAC - EV^C)/CPI^C)$	Diese Berechnungsmethode führt zu den gleichen Ergebnissen wie EAC using new estimates und wurde der Vollständigkeit halber aus dem PMBOK übernommen

Tabelle 9: Kennzahlen der Earned-value-Analyse

Die Earned-value-Analyse definiert die Berechnung der folgenden Kennzahlen:

- Kostenabweichung
- Zeitabweichung
- Performance Index in Bezug auf die Arbeitsleistung
- Performance Index in Bezug auf die Durchlaufzeit
- Prognose über den verbleibenden Aufwand bei:
 - gleich bleibender Performance
 - atypischen Ausreißern
- Prognose über den gesamten Aufwand des Projektes bei:
 - gleich bleibender Performance
 - atypischen Ausreißern
 - ursprünglich geplanter Performance

Mit diesen Kennzahlen ist es möglich, den Zustand eines Projektes zu bestimmen:

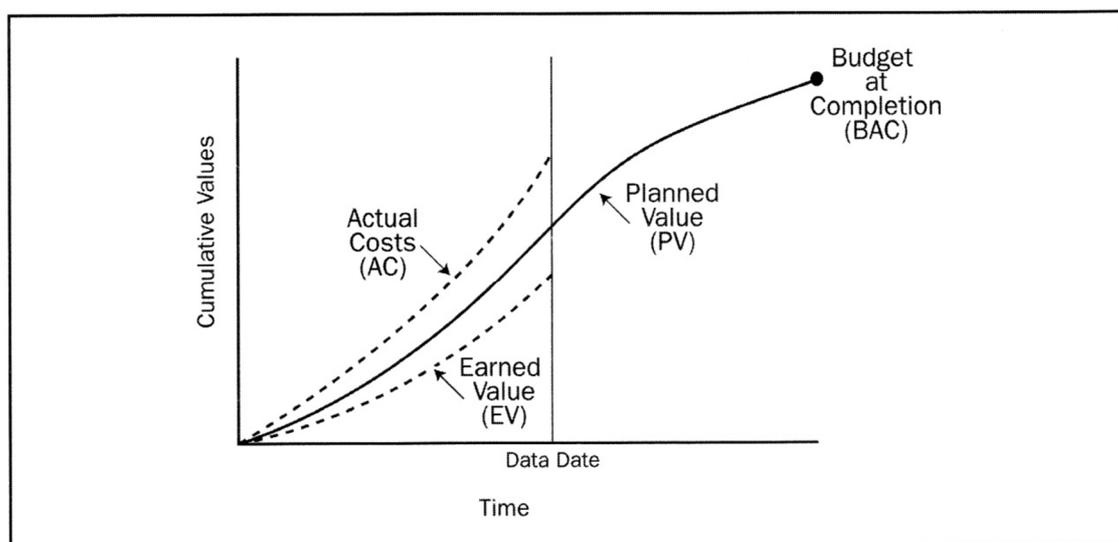


Abbildung 8: Beispiel für einen Performance Bericht⁴⁴

⁴⁴ PMI: A guide to the project management body of knowledge, Seite 174.

Die folgende Tabelle zeigt die Relationen zwischen den Eingabewerten (AC, PV, Fertigstellungsgrad) und den Auswirkungen auf CV, SV und die beiden Indikatoren CPI und SPI. Die Voraussagen ETC und EAC bewegen sich analog dazu mit.

Projektstatus	Ressourcenaufwand (CPI)			Zeitaufwand (SPI)			Kombination CPI + SPI		
	hinter Plan	in Plan	vor Plan	hinter Plan	in Plan	vor Plan	hinter Plan	in Plan	vor Plan
BAC	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
Fertigstellungsgrad	10%	10%	10%	10%	10%	10%	5%	10%	20%
EV	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	50,00	100,00	200,00
AC	200,00	100,00	50,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
PV	100,00	100,00	100,00	200,00	100,00	50,00	100,00	100,00	100,00
CV	-100,00	0,00	50,00	0,00	0,00	0,00	-50,00	0,00	100,00
SV	0,00	0,00	0,00	-100,00	0,00	50,00	-50,00	0,00	100,00
CPI	0,50	1,00	2,00	1,00	1,00	1,00	0,50	1,00	2,00
SPI	1,00	1,00	1,00	0,50	1,00	2,00	0,50	1,00	2,00
ETC	1800,00	900,00	450,00	900,00	900,00	900,00	1900,00	900,00	400,00
EAC	2000,00	1000,00	500,00	1000,00	1000,00	1000,00	2000,00	1000,00	500,00

Legende	Änderung	direkte Auswirkung	Index Auswirkung	Stabiler Parameter
---------	----------	--------------------	------------------	--------------------

Tabelle 10: Wechselwirkung der einzelnen Werte und Parameter zueinander

Darüber hinaus kann auch eine Prognose für den wahrscheinlichen weiteren Verlauf erstellt werden. In Bezug auf die Prognosen weist PMBOK auf Einschränkungen hin:

*While the earned value technique of determining EAC and ETC is quick and automatic, it is not as valuable or accurate as a manual forecasting of the remaining work to be done by the project team.*⁴⁵

Patzak/Rattay beurteilen die Prognosen aus der Earned-value-Analyse unter Bezugnahme auf die Werte EAC linear (= using CPI) und additiv (= using remaining budget) wie folgt:

Eine lineare Fortschreibung des „heutigen“ Zustandes kommt einem Negieren sämtlicher Steuerungsmöglichkeiten gleich und ist daher bloß als „Rute im Fenster“ zu verstehen.

*Auch bei additiver Prognose würde der Projektleiter versuchen, korrektive Maßnahmen als Kompensation der eingewirtschafteten Abweichungen auszuwählen und anzuordnen, um den geplanten Projektendtermin doch einzuhalten.*⁴⁶

Da es sich bei dem betrachteten System – einer Baufirma mit den Baustellen – um ein soziotechnisches System handelt, hat bereits das Vorhandensein einer Prognose Auswirkungen auf das Handeln der Akteure:

Gute Prognose müssen wissenschaftlich sauber argumentiert werden, sodass sie nachvollziehbar sind und man aus ihrem Scheitern lernen kann. Ob die vorhergesagten Entwicklungen tatsächlich eintreffen, ist sekundär. Denn die

⁴⁵ PMI: A guide to the project management body of knowledge, Seite 175.

⁴⁶ Patzak/Rattay: Projektmanagement, Seite 436.

*Funktion der meisten Prognosen ist, Hilfsmittel zur reflexiven Gestaltung von Zukunft zu sein.*⁴⁷

Die Auswirkung der Prognose wird in kleinem Ausmaß auch Gegenstand des Berichtes über die Einführung des Baustellen-Controlling sein. (Siehe Abschnitt 14.3 *Auswirkungen auf die Organisation*)

Praktisch gesehen sind die Unterschiede bei ETC und EAC wenig relevant. Die folgende Tabelle zeigt die Varianten bei der Berechnungen von EAC und ETC für ein Projekt, das hinter, im bzw. vor Plan liegt.

	BAC	CPI	AC (cumulative)	EV (cumulative)	EAC using CPI	EAC using remaining budget	EAC using new estimate	ETC based on typical variances
Hinter Plan	1000	0,89	900	800	1125	1100	1125	225
Im Plan	1000	1	900	900	1000	1000	1000	100
Vor Plan	1000	1,14	700	800	875	900	875	175

Tabelle 11: Berechnungsvarianten EAC und ETC

Es ist auch zu berücksichtigen, dass EAC und ETC lediglich auf die Kosten konzentriert sind und keine unmittelbare Aussage über den Zeitverlauf geben.

8.6.1. EXKURS: FORTSCHRITTSSCHÄTZUNGEN

Ein wesentliches Element der EVA/EVM Methode ist das Feststellen des Fortschrittes. Das stößt in der Literatur⁴⁸ als auch in der beobachteten Praxis auf erhebliche Schwierigkeiten.

Folgende Rahmenbedingungen wurden für diese Arbeit festgelegt:

- Das gesamte Bauvorhaben wird als **ein** Arbeitspaket behandelt
- Das Volumen des Auftrages kann sich im Lauf der Baustelle verändern: Vergaben an Subunternehmer oder zusätzliche Aufträge
- Die Aussage des Fortschrittes bezieht sich auf den gesamten geplanten Arbeitsumfang der Baustelle zum Zeitpunkt der Schätzung

Patzak/Rattay gehen in ihrem Buch auf die Möglichkeiten zur Feststellung des Fortschrittsgrades ein:

- Mengen-Proportionalität
- 0/50/100%-Methode
- Meilensteine im Arbeitspaket (Statusschritt-Methode)
- Schätzung der Restleistung:

Schätzung der Restleistung:

Eine weitere Möglichkeit, den aktuellen Status festzustellen, ist das Schätzen der Leistung in Prozent. Häufig ist es einfacher, die noch zu erledigende Arbeit zu bewerten, als die bereits abgeschlossene. Dabei ist jedoch wiederum zu beachten,

⁴⁷ Torgersen, Helge: Wozu Prognosen?, Seite 5.

⁴⁸ Zum Beispiel Patzak/Rattay: Projektmanagement, Seite 416f und Gareis: Projektmanagement im Maschinen- und Anlagebau, Seite 150.

*ob sich der ursprünglich angenommene Gesamtbezug (100%) in der Zwischenzeit verändert hat. Diese Änderung ist als Leistungsänderung explizit auszuweisen. Beispiel: Vor einer häufig angewendeten Technik der Abschätzung des Leistungsfortschritts sei jedoch **gewarnt**. Es ist dies die reine **Zeitproportionalität**: 60% der Durchlaufzeit eines Arbeitspaketes sind verstrichen, daher wird angenommen, dass 60% der Gesamtleistung vorliegen. Diese Methode beinhaltet ein großes Risiko, weil das Ablaufen der Zeit in keinem direkten Zusammenhang mit der Leistung steht.⁴⁹*

Welche Probleme kann es beim Schätzen des Fortschrittes geben:

- Das Verstreichen der Zeit könnte proportional zur Erbringung der Leistung verstanden werden: Das wird wohl nur in sehr seltenen Fällen eintreten, da jedes Projekt in der Regel in den verschiedenen Phasen unterschiedliche Geschwindigkeiten aufweisen wird.
- Der Fortschritt wird geschönt, um Erwartungshaltungen des Auftraggebers und/oder der eigenen Organisation zu erfüllen.
- Der Gesamtumfang des Projekts wird falsch angenommen. Damit ist die Bezugsgröße für die Fortschrittsschätzung nicht korrekt.
- Das Projekt verharrt im Zustand „fast fertig“. Es sind noch Arbeiten offen, die entweder nicht ausgeführt werden können oder deren Fertigstellung laufend mehr Zeit und Ressourcen in Anspruch nimmt.

Es gibt eine Vielzahl von Schätzungsmethoden im Projektmanagement, die in unterschiedlicher Weise Vor- bzw. Nachteile enthalten.⁵⁰ In dieser Arbeit werden Verfahren zum Schätzen nicht weiter verfolgt. Relevant ist jedoch, dass es bei Schätzungen zu wesentlichen Abweichungen kommen kann.

Damit ist auch ein zentrales Problem der Earned-value-Analyse festgehalten: Alle Berechnungen der EVA gehen von einem Fertigstellungsgrad aus, dessen Herleitung mit Unsicherheit behaftet ist. Daher müssen auch die Ergebnisse der EVA sorgfältig unter dem Aspekt der Unsicherheit der zugrunde liegenden Schätzung interpretiert werden.

8.7. BAUBETRIEB

Nach der Aufarbeitung des Projektmanagement und –controllings folgt nun die zweite große Quelle - der Baubetrieb. Wie beim vorhergehenden Abschnitt ist hier die radikale Reduktion auf die Mannstunden zu berücksichtigen: Alle darüber hinausgehenden Aspekte (z.B.: Materialkosten etc.) werden bewusst aus der Diskussion ausgenommen. Vorerst eine Definition des Begriffes Baubetrieb:

Baubetrieb (Abk. BB): Umfassender Begriff im Rahmen der Erstellung von Bauleistungen:

1. Planmäßige Zusammenführung der Produktionsfaktoren (menschliche Arbeitsleistung, Betriebsmittel, Werkstoffe) durch dispositive Tätigkeit (Führung, Planung, Organisation, Überwachung) zur Errichtung von Bauwerken und zugeordneten Dienstleistungen. Der BB umfasst die Baudurchführung in ihrer Gesamtheit von der planerischen Vorstellung bis zur Realisierung des Bauwerkes.

⁴⁹ Patzak/Rattay: Projektmanagement, Seite 417.

⁵⁰ Zum Beispiel Drei-Punkt-Schätzung. Vgl. Gareis. Projektmanagement im Maschinen- und Anlagenbau, Seite 150.

2. *Örtliche, technische und organisatorisch selbständige Einheit. Als BB werden sowohl Baustellen als auch Bauunternehmen bezeichnet. [...]*⁵¹

Von dieser Definition ausgehend ergibt sich ein weites fachliches Feld für den Baubetrieb, der in der Literatur⁵² abgedeckt wird: Er beschreibt viele Bereiche wie etwa Bauverfahren (im Erdbau, Beton- und Stahlbau etc.), Planung, Kalkulation und auch die Ablaufkontrolle und –steuerung, also das Controlling.⁵³ Der Schwerpunkt in diesem Abschnitt für die Betrachtung der Literatur über den Baubetrieb liegt beim Baustellen-Controlling.

Bauer verwendet die Definition des Baustellencontrollings von Gehri/Raffetseder/Lessmann in leicht veränderter Form. Hier die ursprüngliche Formulierung:

Gesucht wird eine Baustellenanalyse, die
- so schnell wie möglich zur Verfügung steht,
- Trendinformationen für den Bauführer (Bauleiter) liefert, damit er seine Baustelle steuern kann d.h. er muß agieren können und nicht nur Monate später reagieren
- einfach zu handhaben ist
- flexibel ist – jeder will es auf seine Art machen -
- eine Kontrolle mit genaueren (finanzbuchhalterischen) Systemen gestattet, damit die Trendaussagen nicht grundsätzlich Falsches liefern.
*So schnell wie möglich bedeutet, daß die Baustellenanalyse spätestens in der zweiten Woche nach dem Berichtszeitraum im Trend vorliegt.*⁵⁴

Seit dem Erscheinen des Arbeitsberichtes von Gehri/Raffetseder/Lessmann im Jahr 1987 hat sich die Leistungsfähigkeit der Computer als auch der Einsatz von IT im Baubetrieb wesentlich geändert. Viele Daten stehen heute in Computersystemen zur Verfügung und müssen nicht mehr von Hand erfasst werden. Das grundlegende Verfahren der drei Autoren ist jedoch nach wie vor einsetzbar.

Zusätzliche Anforderungen an das Baustellen-Controlling sind bei Hager/Pfanner zu finden, die hier als Auswahl ergänzend und abgekürzt eingebracht werden:

- *Gesamtheitliche Projekterfassung und Durchgängigkeit im Projektablauf [...]*
- *Vollständigkeit der Kostenerfassung und Datenverwaltung [...]. In einem effizienten Kostencontrollingsystem haben auch die **Daten aus der Buchhaltung** (Istkosten) zur Verfügung zu stehen, um zu gewährleisten, dass die Kostenprognosen auf Basis des Buchungsstandes erfolgen können. [...]*
- *Bearbeiten und Erstellung von Kostenprognosen [...]*
- *Durchführung von Soll/Ist-Vergleichen und Erstellung von Abweichungsanalysen [...]*
- *Nachhaltigkeit und Transparenz des Systems: Im Sinne der Nachhaltigkeit und der Transparenz wird an ein Kostencontrollingsystem die Forderung zu richten sein, dass im System die Chronologie der Kostenänderungen samt den Begründungen für Änderungen gespeichert werden, um eine Rückverfolgung von Kostenänderungen und deren Ursachen zu gewährleisten.*
- *Übersichtliche Ergebnisdarstellung/Berichtswesen. [...]*⁵⁵

⁵¹ Jodl/Oberndorfer, Handbuch der Bauwirtschaft, Seite 42f. Die Definition des Baubetriebes in Hinblick auf Forschung und Lehre wurde ausgespart, da es im Zusammenhang mit dieser Arbeit nicht behandelt wird.

⁵² Zum Beispiel Leimböck, Bauwirtschaft; Bauer, Baubetrieb.

⁵³ Beispiele aus Bauer, Baubetrieb, Seite IX bis XV.

⁵⁴ Gehri/Raffetseder/Lessmann: PC-Einsatz für Baustellenkontrolle, Seite 6.

Die Bereitstellung der Daten für das Controlling aus der Buchhaltung wird im Regelfall zu spät sein, da zu diesem Zeitpunkt (z.B. Teil- oder Gesamtrechnungslegung) die Möglichkeiten für das Eingreifen kaum mehr vorhanden sind. Die Ist-Daten müssen also zu einem deutlich früheren Zeitpunkt verfügbar gemacht werden, um überhaupt eine Reaktion in der angepassten Planung zu erlauben.

Die Anforderungen an das Baustellen-Controlling System umfassen sowohl prozessseitige als auch IT relevante Aspekte. Die Erfüllung kann also nur in der Kombination aus organisatorischer Ablaufplanung und der entsprechenden Unterstützung des IT Systems erfolgen. Wesentlich ist hier, dass Baustellen-Controlling durch IT Systeme ermöglicht und unterstützt werden kann, aber dass die Mitarbeiter bzw. die Geschäftsführung dafür entscheidend sind.

Gehri/Raffetseder/Lessmann merken zur Akzeptanz der Anwender an:

Da dieses Modell einen gewissen (allerdings kleinen) Aufwand an Betreuung verlangt, ist ein Einsatz nur wirksam, wenn Bauführer und oder Geschäftsleitung dies für sinnvoll erachten und entsprechende Anordnungen treffen.⁵⁶

Nach der oben dargestellten Einleitung beschreibt Bauer die Methode der Arbeitskalkulation, die zur Verfolgung der laufenden Kosten eingesetzt werden soll. Die Arbeitskalkulation unterscheidet sich von der Auftragskalkulation in mehreren Punkten. Dabei sind im Zusammenhang mit dieser Arbeit Änderungen gegenüber dem ursprünglichen Plan und Vergabe an Subunternehmer bzw. eigene Ausführung von Subvergaben von Bedeutung.⁵⁷ Die Arbeitskalkulation wird während der Laufzeit der Baustelle fortgeschrieben, um eine durchgehende Beobachtung des Projektes zu ermöglichen. Dabei unterscheidet Bauer zwischen vier Arten von Daten:

Um ihre Aufgabe erfüllen zu können, muss die AK [= Arbeitskalkulation. Anmerkung NK] aktuell und vollständig gehalten werden. Sie sollte deshalb zweigliedrig fortgeschrieben werden.

Der Kernaspekt dieser zweigliedrigen Fortschreibung ist die Trennung von Plan-, Soll-, Ist- und Wird- Daten.

Plandaten sind die aus Auftragskalkulation überführten (vertraglich vereinbarten) Werte, die nach ihren Kostenbestandteilen gegliedert werden. Dabei können Änderungen in der Kostenstruktur stattfinden.

Soll-Daten betreffen eine Fortschreibung der Plan-Daten während des Projektfortschritts, z.B. nachtragsrelevante Sachverhalte (genehmigte Nachträge u.ä.).

Die Ist-Daten spiegeln die zu einem bestimmten Zeitpunkt (Monatsende) ermittelten, realistischen und bereits erzielten Werte eines Bauprojekts wider.

Die Wird-Daten ergeben sich beim permanenten Blick auf das Projektende. Alle Kosten- und erlöswirksamen Abweichungen zwischen Bau-Soll und dem Bau-Ist werden unabhängig von ihrer Nachtragsrelevanz einbezogen.⁵⁸

Die von Bauer als Plan-Daten bezeichnete Kalkulation wird im Rahmen dieser Arbeit als bereits gegeben angenommen und wird nicht mehr explizit dargestellt. Die Soll-Daten entsprechen der operativen Planung: Die Einteilung der Ressourcen entsprechend den

⁵⁵ Daller: Kostenplanung und –controlling im Tiefbau. In: Oberndorfer: Organisation & Kostencontrolling von Bauprojekten. Seite 354ff.

⁵⁶ Gehri/Raffetseder/Lessmann: PC-Einsatz für Baustellenkontrolle, Seite 41.

⁵⁷ Bauer: Baubetrieb, Seite 736.

⁵⁸ Bauer: Baubetrieb, Seite 740.

Anforderungen der jeweiligen Baustellen. Gemeinsam mit der Prognosesicht werden diese Daten im System Indigo erfasst und auch zur Auswertung exportiert (siehe auch Abschnitt 11 *Die Messung von Plan- und Ist-Leistung*).

Die Ermittlung dieser Wird-Daten stellt die eigentliche Steuerungsaufgabe im Projekt-Controlling dar, da nur die permanente Sicht auf das Bau- bzw. Berichtsjahresende zielgerichtete Steuerungsaktivitäten ermöglicht.⁵⁹

Die Wird-Daten setzen sich aus den bereits erbrachten Leistungen und allen absehbaren und geplanten Arbeiten zusammen. Die Validierung der Wird-Daten erfolgt über den Soll-Ist-Abgleich, bei dem wiederum die Möglichkeit zur Steuerung angeboten wird.

Der Soll-Ist-Abgleich spielt auch bei Gehri/Raffetseder/Lessmann, auf die sich Bauer in seinem Abschnitt über Baustellen-Controlling bezieht, eine wesentliche Rolle. Die Autoren bestimmen die notwendigen Schritte zur Status-Feststellung wie folgt:

Um eine Beurteilung der Baustelle in

- *technischer (TERMINKONTROLLE) und*
- *wirtschaftlicher (KOSTENKONTROLLE)*

Hinsicht zu erreichen, ist eine „körperliche Aufnahme“ notwendig, um den Stand der Bauarbeiten zum Zeitpunkt t^x festzustellen. Der Bauführer (Bauleiter) muß also mit dem Ablaufplan in der Hand über die Baustelle gehen und den Prozentsatz des Fertigstellungsgrades der Ablaufaktivitäten bzw. der Basispositionen festlegen.[...]

Die Beurteilung des Fertigstellungsgrades obliegt dem Bauführer (Bauleiter) bzw. dem Kontrollorgan. Er muß den Prozentsatz der Fertigstellung für jede Basisposition bestimmen.⁶⁰

Sechs Werte umfasst der Soll-Ist-Abgleich bei Gehri/Raffetseder/Lessmann: Stunden, Bruttomittelohn, Lohnkosten, Stoffkosten, Gerätekosten und Baustellengemeinkosten.⁶¹ Das Augenmerk im Rahmen dieser Arbeit liegt auf den Stunden, die anderen Faktoren werden ausgeklammert.

Die Trennung zwischen Termin- und Kostenkontrolle wird auch bei Ahrens/Bastian/Muchowski beibehalten. Hier wird jedoch nur bei der Terminkontrolle und –steuerung der Fertigstellungsgrad erfasst, bei der Kostenkontrolle werden lediglich Aufzeichnungen über finanzielle Transaktionen verwendet. Nach den Ausführungen zur Terminkontrolle wird eine Verknüpfung von Termin- und Kostenplanung mit gewissen Vorbehalten beschrieben:

Aus der Überlagerung der Termin- mit der Kostenplanung ergibt sich die Mittelabflussplanung bzw. die Finanzierungsplanung und damit die Information, zu welchem Zeitpunkt und in welcher Höhe ein bestimmter Finanzbedarf auftritt. Mittelabfluss- und Finanzierungspläne stellen somit keine selbständigen Planungsinstrumente dar; sie leiten sich vielmehr automatisch aus der rechnerischen Synthese von Termin- und Kostenplanung eines Projektes ab. Ihre Aussageschärfe hinsichtlich Detaillierung und Streuung erklärt sich ausschließlich aus den Ausgangsgrößen Termine und Kosten. Ein zusätzliches

⁵⁹ Bauer: Baubetrieb, Seite 741.

⁶⁰ Gehri/Raffetseder/Lessmann: PC-Einsatz für Baustellenkontrolle, Seite 29.

⁶¹ Gehri/Raffetseder/Lessmann: PC-Einsatz für Baustellenkontrolle, Seite 32.

*Steuerungspotential für das Projektgeschehen kann deshalb durch sie nicht erschlossen werden.*⁶²

Wenngleich der unmittelbare Projektfortschritt durch Aspekte der Finanzierung weniger beschleunigt werden kann, so ist dies doch ein Faktor, um das Projekt in dieser Hinsicht reibungslos durchführen zu können. Es wird zwar keine zusätzliche bzw. beeinflussbare Information durch die Kostenplanung angeboten, jedoch erhält die Baufirma die Möglichkeit auf diese Entwicklung (z.B.: Teilrechnungen stellen, Liquidität sicherstellen) zu reagieren.

Mit der Arbeitskalkulation ist ein Abgleich der Soll- vs. Ist- und Wird Stunden möglich. Neben der reinen Dokumentation sollen diese Informationen Entscheidungen über eventuell notwendige Steuerungsmaßnahmen anbieten. Leimböck stellt eine Liste an möglichen Ursachen für Abweichungen vor, die unter anderem folgende Aspekte beleuchtet:

- *Arbeitsabläufe: Gruppenstärke, Geräte- und Fahrzeugeinsatz, Abstimmung von Arbeitsketten [...]*
- *Vertragsunterlagen: Vertragslücken, Mengenänderungen, Leistungen entfallen, Zusatzleistungen, Erschwernisse [...]*
- *Mitarbeiterbereich: Qualifikation, Betriebsklima, Informationsfluss, Zusammenarbeit, Identifikation, Einsatzbereitschaft*
- *Aufbau-/Ablauforganisation: Aufgaben, Zuständigkeiten [...]*⁶³

Daneben gibt es auch noch verzögernde Faktoren, die laut Leimböck kaum beeinflusst werden können, wie etwa:

- *Witterungseinflüsse.*
- *Unvorhersehbare Schwierigkeiten bei der Bauausführung.*
- *Qualität des eingesetzten Personals einschließlich der Führungskräfte.*
- *Insolvenzen von Nachunternehmern während der Bauausführung.*
- *Arbeitsverzögerungen durch höhere Gewalt, wie z.B. Streik.*⁶⁴

Wie wird mit dem Ergebnis einer Abweichungsanalyse umgegangen? Die Reaktionen haben einen unterschiedlichen zeitlichen Rahmen: Kurzfristig muss auf die Abweichung des Fortschritts mit zusätzlichen Arbeitskräften reagiert werden, wenn der Fertigstellungstermin eingehalten werden soll. Mittel- und langfristig ist auch die gesamte Ablaufplanung der Baustelle zu hinterfragen, ob die Annahmen (z.B. Mengen, Komplexität und Umfang der Arbeiten) noch korrekt sind. Organisatorische Maßnahmen wie etwa das Austauschen von Schlüsselkräften oder Verbesserungen bei der Arbeitsvorbereitung können mithelfen, die Baustelle auf Plan zurückzubringen.⁶⁵

Die bisherigen Schritte – Arbeitskalkulation und Soll-Ist-Abgleich bzw. Abweichungsanalyse – haben sich mit der Vergangenheit beschäftigt. Ausgehend von den Steuerungsmaßnahmen

⁶² Ahrens/Bastian/Muchowski: Handbuch Projektsteuerung – Baumanagement, Seite 330.

⁶³ Leimböck: Bauwirtschaft, Seite 402.

⁶⁴ Leimböck: Bauwirtschaft, Seite 401.

⁶⁵ Siehe auch Walter, Ralf: Die Entwicklung der baubetrieblichen Kosten- und Leistungsrechnung von der Aufschreibungsfunktion im Mittelalter zum modernen Controllinginstrument, Dissertation Universität Dortmund; Fakultät Bauwesen 1992, Seite 212f. zitiert nach Leimböck: Bauwirtschaft, Seite 403.

Der Einflussfaktor Mitarbeiter und Management, der nach Leimböck nicht veränderbar ist, wird von Walter als durchaus bearbeitbar gesehen. Leimböck verwendet das oben angeführte Zitat zwei Seiten nach seiner eigenen Aussage über die verzögernden Faktoren.

ist der Blick bereits in die Zukunft gerichtet, wie jedoch können Voraussagen über den weiteren Verlauf einer Baustelle getroffen werden?

Kostenkontrollberichte stellen den Status der Baukostenkontrolle zu einem beliebigen Stichtag dar. Den Auftraggeber interessieren im Laufe eines Projektes in regelmäßigen Abständen zum einen der aktuelle Stand der Kosten sowie ein Vergleich der aktuellen Kosten zu den Budgets und Plankosten. Weiters interessiert ihn auch die Prognose als Hochrechnung der zu erwartenden Kosten am Ende des Projektes.

Die Berechnung einer Prognose je Vergabepaket kann nach dem in Abb. 26 [Hier Abbildung 9: Berechnung der Prognose für Baukosten Anmerkung NK] dargestellten Schema erfolgen. Hieraus können auch die wesentlichen Inhalte eines Kostenkontrollberichtes abgeleitet werden, damit die Berechnung der Prognose nachvollziehbar ist.⁶⁶

Hierbei ist zu berücksichtigen, dass der Begriff Kosten aus zwei Richtungen gesehen wird:

- Aus der Sicht des Bauherrn: Als Kosten (Preis = Herstellkosten der Zuschlagträger + Gesamtzuschlag) für die Errichtung des Bauwerkes⁶⁷
- Aus der Sicht der Baufirma: Als Teil der Arbeitskalkulation (Monetär bewerteter Verzehr von Gütern und Diensten zum Zweck der betrieblichen Leistungserbringung)⁶⁸

Die Kosten des Bauherrn sind also nicht identisch mit den Kosten der Baufirma. Daher hat jede Seite auch einen eigenen Zugang zu den Kostenkontrollberichten.

⁶⁶ Mathoi: Kostenplanung und Kostenverfolgung im Hochbau in Oberndorfer: Organisation und Kosten-Controlling von Bauprojekten. Seite 312.

⁶⁷ Jodl/Oberndorfer: Handwörterbuch der Bauwirtschaft. Seite 132 (Kosten), Seite 188 (Preis).

⁶⁸ Jodl/Oberndorfer: Handwörterbuch der Bauwirtschaft. Seite 132.

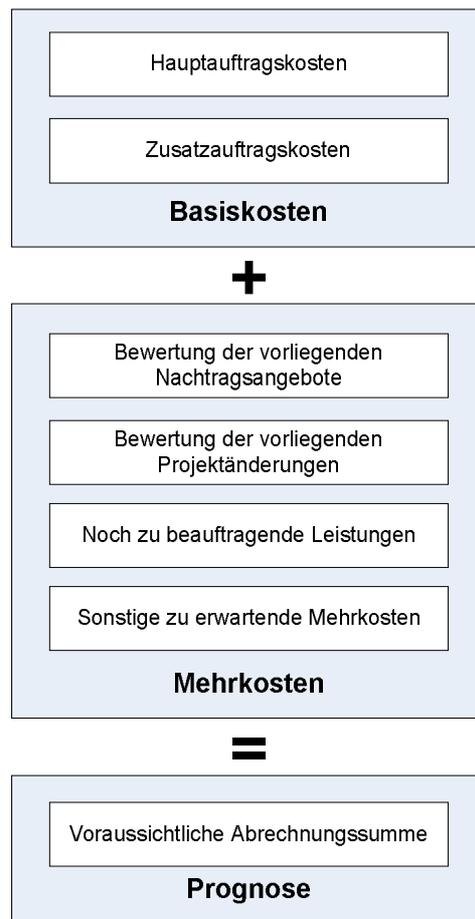


Abbildung 9: Berechnung der Prognose für Baukosten⁶⁹

Diese Art der Prognose enthält zwar wichtige Informationen für den Bauherrn als auch für die Baufirma, lässt jedoch interne Steuerungsmaßnahmen z.B. in Bezug auf die Arbeitsorganisation (wie bei Leimböck beschrieben, siehe Darstellung auf Seite 43) außer Acht.

8.8. ÖNORM B 2110

Die ÖNORM B 2110 „Allgemeine Vertragsbestimmungen für Bauleistungen – Werkvertragsnorm“ in der Ausgabe 2009-01-01 ist hier vor allem für das Vorgehen bei Veränderungen von Bedeutung. Es werden hier Begriffe und Abläufe definiert, die für die Abwicklung einer Baustelle benötigt werden.

Ausgangspunkt für die Betrachtung ist wiederum die bereits begonnene Baustelle, die grundsätzlichen Leistungen sind im Bauvertrag festgehalten. Es geht im Folgenden um Leistungsänderungen:

5.24 Leistungsänderungen

5.24.1 Berechtigung des AG zur Anordnung von Leistungsänderungen bzw. zusätzlichen Leistungen

Der AG ist berechtigt, Art und Umfang der vereinbarten Leistungen oder die Umstände der Leistungserbringung zu ändern oder zusätzliche Leistungen zu verlangen, die im Vertrag nicht vorgesehen, aber zur Ausführung der Leistung

⁶⁹ Dargestellt nach Mathoi: Kostenplanung und Kostenverfolgung im Hochbau in Oberndorfer: Organisation und Kosten-Controlling von Bauprojekten. Seite 312.

notwendig sind, sofern solche Änderungen oder zusätzliche Leistungen dem AN zumutbar sind.

5.24.2 Mitteilungspflicht

Hält einer der Vertragspartner Änderungen vereinbarter Leistungen bzw. der Umstände der Leistungserbringung oder zusätzliche Leistungen für erforderlich, hat er dies dem anderen Vertragspartner ehestens nachweisbar bekannt zu geben.[...]

5.24.4 Ausführung von geänderten oder zusätzlichen Leistungen

Mit der Ausführung der Leistungen gemäß 5.24.2 durch den AN darf, ausgenommen bei Gefahr im Verzug, erst nach schriftlicher Zustimmung des AG zur Leistungserbringung (z.B. durch schriftliche Festhaltungen gemäß 5.22) begonnen werden. Der AG hat seine Entscheidung rechtzeitig bekannt zu geben. Trifft der AG keine Entscheidung, haftet er für die Folgen seiner Unterlassung.⁷⁰

Diese Definitionen stehen weitgehend in Einklang mit den Ausführungen der verwendeten Literatur im Abschnitt 8.7 *Baubetrieb*. Die Abstimmung mit dem Auftraggeber bzw. die Pflichten und Rechte des Auftragnehmers sind hier von Interesse. Wenn die Verpflichtungen bei Leistungsänderungen z.B. die Mitteilungspflicht nicht ausreichend wahrgenommen werden, können die zusätzlichen Kosten bei der Baufirma verbleiben. Kropik unterstreicht die Bedeutung der Dokumentation im Skriptum zum Seminar „Nachtragsmanagement“:

*Die **Ursachenermittlung** setzt eine konsequente Dokumentation voraus, da nur dann die Ursachen glaubhaft dargelegt werden können. Diese Dokumentation enthält zum einen die SOLL-Vorgaben und zum anderen den IST-Zustand. [...] Der **Ist-Zustand** ist mit einem konsequenten Berichtswesen zu dokumentieren. Diese Dokumentation ist laufend zu erstellen und natürlich nicht im nachhinein. Diese Dokumentation muß in sich schlüssig sein.*

Schlüssigkeit bedeutet, daß die erbrachten Leistungen lt. Bauabrechnung mit der in den Bautagesberichten aufgezeichneten Leistung und der aufgezeichneten Anzahl der Arbeiter plausibel erscheinen muß. Die aufgezeichnete Anzahl der Arbeiter muß weiters mit den in der Lohnverrechnung aufliegenden Unterlagen übereinstimmen.⁷¹

Neben den oben beschriebenen Änderungen gibt es auch noch die Möglichkeit, dass der Auftragnehmer Leistungen ohne Auftrag erbringt:

7.5 Außerhalb des Leistungsumfangs erbrachte Leistungen

7.5.1 Leistungen, die nicht im Leistungsumfang enthalten sind und durch eine Störung der Leistungserbringung erforderlich werden, dürfen nach Erkennbarkeit, ausgenommen bei Gefahr im Verzug, ohne schriftliche Zustimmung des AG nicht aus- oder fortgeführt werden. Davon ausgenommen gilt, dass der AN nach Erkennen einer Störung der Leistungserbringung jedenfalls die mit dem AG einvernehmlich vor Ort als technisch erforderlich bestimmte Leistung zu erbringen hat. Der AG hat seine Entscheidung rechtzeitig bekannt zu geben. Trifft der AG keine Entscheidung, haftet er für die Folgen seiner Unterlassung. Der AN hat bei Wegfall der Störung der Leistungserbringung die Ausführung der Leistung ohne besondere Aufforderung unverzüglich wieder aufzunehmen.

⁷⁰ ÖNORM 2110, Seite 14.

⁷¹ Kropik: Nachtragsmanagement, Seite 6f. Weitere Aspekte der Leistungsänderungen werden detailliert bei Kropik/Krammer: Mehrkostenforderungen beim Bauvertrag beschrieben.

7.5.2 Alle Leistungen, die der AN ohne Auftrag oder unter eigenmächtiger Abweichung vom Vertrag ausgeführt hat, werden nur dann vergütet, wenn der AG sie nachträglich anerkennt. Ist dies nicht der Fall, sind diese Leistungen vom AN auf Verlangen des AG innerhalb einer angemessenen Frist zu beseitigen, widrigenfalls dies auf Kosten des AN geschehen kann.

7.5.3 Waren Leistungen zur Erreichung des Leistungszieles oder aus Gründen der Schadensminderung notwendig und konnte die Zustimmung des AG wegen Gefahr im Verzug nicht rechtzeitig eingeholt werden, ist dem AG hiervon ehestens Mitteilung zu machen. Der AG hat solche Leistungen anzuerkennen und zu vergüten.⁷²

Auch hier spielt die Mitteilungspflicht wieder eine wesentliche Rolle, um dem Auftragnehmer die Verrechnung der Leistungen zu ermöglichen.

Als Regiestunden werden in dieser Arbeit jene Arbeitsstunden verstanden, die **nicht in der Arbeitskalkulation** der jeweiligen Leistungsbaustelle enthalten waren.⁷³ Die Regiestunden sind jedoch im vom Bauherrn **akzeptierten Anbot** (Anbot für eine Leistungsbaustelle = optionale Regiestunden + kalkulierte Stunden) enthalten. Da die Basis der Fortschrittmessung die kalkulierten Stunden für die Leistungsbaustelle sind, werden Regiestunden unabhängig davon – wie kleine Zusatzaufträge – behandelt. Die Vorgaben der ÖNORM in Bezug auf Regiestunden heben wieder die Dokumentationspflicht hervor:

6.4 Regieleistungen [...]

6.4.2 Vor Inangriffnahme der Regieleistungen sind

1) Art und Umfang der Regieleistungen sowie

2) Anzahl und Beschäftigungsgruppen der für die Durchführung der Leistungen erforderlichen Arbeitskräfte und

3) Umstände, die zu Aufzahlungen für Überstunden, Nacht-, Sonn- und Feiertagsstunden, Schichtarbeit und Erschwernisse sowie Aufwendungen für Ersatzruhezeiten führen können, einvernehmlich festzulegen.

6.4.3 Der AN hat über alle Regieleistungen täglich Aufzeichnungen zu führen und diese innerhalb einer zu vereinbarenden Frist – bei Fehlen einer solchen binnen 7 Tagen – dem AG zur Bestätigung und Anerkennung der Art und des Ausmaßes zu übergeben.⁷⁴

Die Anforderungen an die Dokumentation Leistungen werden durch den Bautagesbericht bzw. Regiebericht erfüllt.

⁷² ÖNORM 2110, Seite 28.

⁷³ Der Begriff Arbeitskalkulation wird in der Definition von Bauer verwendet. Siehe auch Seite 38 und Bauer: Baubetrieb, Seite 740.

⁷⁴ ÖNORM 2110, Seite 16.

Mit dem Rahmen der ÖNORM B 2110 und den Formularen soll sichergestellt werden, dass die Information von der Baustelle zum Bauleiter und auch zum Baustellen-Controlling fließt.

8.9. KYBERNETISCHE ORGANISATION, PLANUNG UND FÜHRUNG - KOPF

Heinz Grote nimmt mit seinem Buch „Kosten senken mit KOPF: Kybernetische Organisation, Planung und Führung“ eine gewisse Ausnahmestellung in der hier eingesetzten Literatur ein. Er setzt sich von den konventionellen Methoden der Planung im Baubetrieb ab und postulierte eine kybernetische orientierte Selbststeuerung. Einleitend setzt Grote den Rahmen:

Wir leben und arbeiten in komplexen Beziehungsnetzen mit einer zunehmenden Veränderungsdynamik. Aber die Methoden und Verfahren, mit denen wir unsere Arbeitsprozesse planen und lenken, stammen aus einfachen, statischen Strukturen.⁷⁵

Nach einer Einführung in Kybernetik und der Darstellung einiger Fallbeispiele kommt Grote auf die zentralen Aspekte zu sprechen:

- *Kybernetische Organisation heißt, selbstorganisierte Arbeitsprozesse etablieren.*
- *Kybernetische Planung heißt, unscharfe Modelle der äußerst komplexen Kosten- und Arbeitsprozesse erstellen, die die „erforderliche Varietät“ zum zielsicheren Ausgleich aller Störungseinflüsse enthalten.*
- *Kybernetisches Führen – der wichtigste Teil – bedeutet, mit Hilfe der Selbstorganisation, mit Hilfe des variablen Modells und durch Einbeziehung der zweiten Zeitdimension – also mit Regelungsentscheidungen bevor die Störungsfolgen real werden – die Entscheidungs-, Planungs- und Ausführungsprozesse kosten- und termingenau zu lenken.⁷⁶*

Bei der Beschreibung des KOPF Systems kommt Grote im Abschnitt „Das Feststellen des Leistungsstandes und der Vergleich von Leistungs- und Anwesenheitsstunden“ zu einem engmaschigen Regelkreislauf zum Vergleich von Soll- und Istwerten. Dabei setzt er drei Schritte ein⁷⁷:

1. Bestimmung der Soll-Leistung zum Stichzeitpunkt: Wie viel Prozent der Leistung pro Arbeitspaket soll laut Plan erbracht worden sein? Wie viele Arbeitsstunden sind dafür vorgesehen?
2. Wie weit ist die Leistung tatsächlich fortgeschritten und wie viele Stunden hätten laut Plan dafür eingesetzt werden dürfen?
3. Ermitteln der Arbeitsproduktivität: Vergleich der geplanten Stunden für die vorgesehene Leistung mit den tatsächlich aufgewendeten Stunden: Soll-Stunden/Ist-Stunden = Produktivität. Ableitung der korrigierende Maßnahmen

Die Korrektur-Maßnahmen können sowohl im Bereich der Ressourcen liegen (mehr Mitarbeiter auf die Baustelle) als auch die zugrunde liegende Verzögerungsursache bekämpfen (z.B.: Material muss zeitgerecht auf der Baustelle vorhanden sein, um ein verzögerungsfreies Weiterarbeiten sicherzustellen).

⁷⁵ Grote: Kosten senken mit KOPF, Seite 9.

⁷⁶ Grote: Kosten senken mit KOPF, Seite 111.

⁷⁷ Grote: Kosten senken mit KOPF, Seite 136ff.

Die Darstellung des Soll-Ist-Vergleiches erfolgt bei Grote auf mehrere Arten, grafische als auch tabellarische Formen. Die grundsätzliche Information bleibt gleich: Wie stehen Plan vs. Ist zueinander?

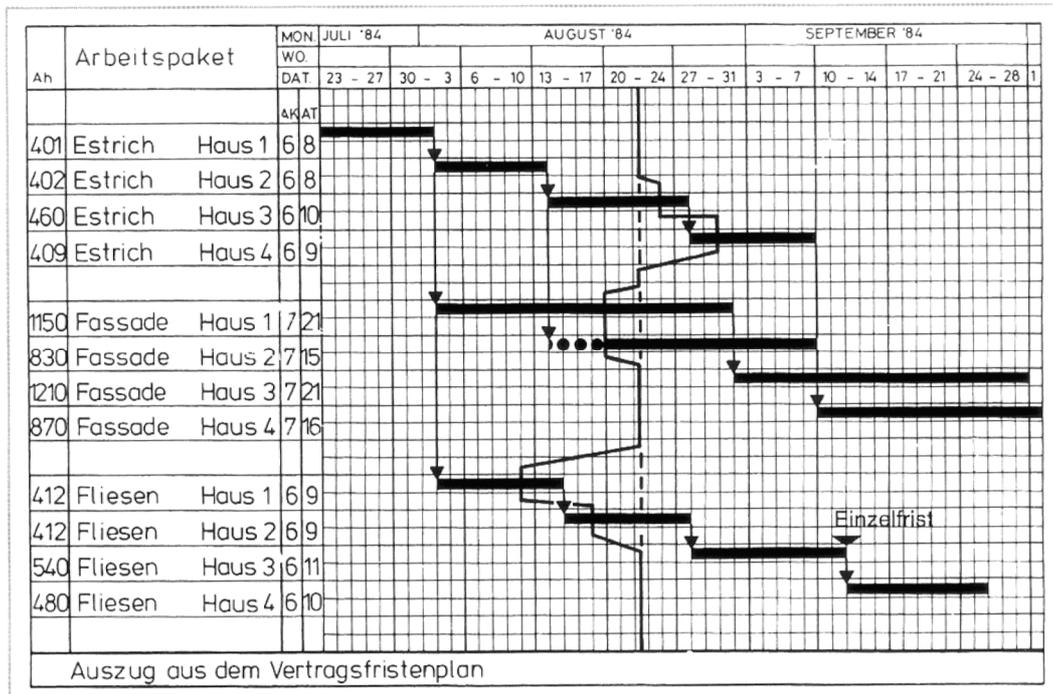


Abbildung 12: Festgestellter Leistungsstand⁷⁸

KYBERNETISCHE PRODUKTIONSPLANUNG			geleistete Wochenstunden *														* Ausfüllen nach Auftrags- erzielung	
ZUSAMMENSTELLUNG DER STUNDEN NACH																		
ARBEITSPAKETEN FÜR DEN STUNDENVERGLEICH																		
Nr. LFD	Arbeitspaket	Vorgabe Stunden KOPF	Vorgabe Stunden AN *	2	3	6	7	8	9	10	13	14	15	16	17	20	21	22
	Los 1: Haus 1	412		40	40	40	40	40	40	40	20	20	20	20	20			
	Los 1: Haus 2	412		80	120	160	200	240	280	300	320	340	360	380				
	Los 2: Haus 3	598																
	Los 2: Haus 4	422																
	Los 3: Haus 5	422																
	Los 3: Haus 6	435																
	Std-Summe Hs. 1-6	2702																



IFAB
Baumanagement GmbH
Baumannschwedestr. 9
3450 Holzminden
Telefon 0 55 31 14 0 49/49 48/49 49
Telex 9 85 350

Auftragnehmerstempel:

KOPF-SYSTEM
Urheberrechtlich geschützt

12.03.1984 WO

Abbildung 13: Aufgewendete Stunden im Vergleich zu den vorgegebenen Arbeitsstunden⁷⁹

⁷⁸ Grote: Kosten senken mit KOPF, Seite 137.

⁷⁹ Grote: Kosten senken mit KOPF, Seite 141.

Die damit verfügbare Information entspricht weitgehend dem EVA/EVM Konzept, das im Abschnitt 8.6 *Earned-value-Analyse (EVA)/Earned-value-Management* vorgestellt wurde

Wenngleich die Verwendung der Kybernetik als Konzept zur Planung eines komplexen Systems – und das ist eine Baustelle – sinnvoll erscheint, sind die Argumentation und auch die Herleitungen Grottes nicht immer klar. Beispielsweise führt er eine zweite Zeitdimension zur vorausschauenden Planung ein und beruft sich auf Arthur Koestlers Referenz auf Adrian Dobbs (Psitron).⁸⁰ Dobbs und die Psitrons sind jedoch nur mehr in der Esoterik-Abteilung zu finden.⁸¹

Es gibt eine Menge von erfolgreichen Fallbeispielen im Buch, die sich mit der Überlegenheit des KOPF Systems befassen. Die konkreten, erfolgsrelevanten Methoden sind nicht einfach zu entnehmen. Einige können jedoch hervorgehoben werden:

- Selbststeuerung – Verantwortung an die Mitarbeiter (hier vor allem Poliere, Bauleiter) delegieren
- Stundenkalkulation und Anzahl der Mitarbeiter auf der Baustelle
- Enger Regelkreis zum Abgleich Soll-Ist
- Planung vom Ziel her (Inversionsprinzip)

Die Herleitung Grottes zur 2. Zeitdimension bewegt sich im Graubereich der Esoterik. Warum er sich bei einem derartig spekulativen Bereich auf 30 Jahre alte Literatur beruft, ist jedoch unklar (Koestler: 1972 erschienen, Grote 2002). Für die planerische Anwendung erscheint es nicht unmittelbar wesentlich, da Planen per se die Entwicklung von zukünftigen und wahrscheinlichen bzw. möglichen Szenarien ist.

8.10. ZUSAMMENFASSUNG BAUBETRIEB

Die Literatur zum Thema Baubetrieb hat sich mit dem Bereich Baustellen-Controlling in vielfacher Hinsicht auseinander gesetzt. Nach der Diskussion einer ausgewählter Teilbereiche der Literatur eine kurze Zusammenfassung der für uns relevanten Aspekte:

- Die Definition des Controllings zeigt keine großen Unterschiede zu jener aus dem Projektmanagement.
- Änderungen sind Teil einer normalen Baustelle. Das umfasst sowohl alle Arten von Änderungen, zum Beispiel in Bezug auf den Umfang als auch Vergaben an Subunternehmen. Die Veränderungen während der Laufzeit der Baustelle werden auch in der ÖNORM 2110 ausführlich behandelt
- Akzeptanz und Nutzen für die Anwender ist eine wesentliche Voraussetzung für den Erfolg eines Baustellen-Controllings
- Vorgehen beim Schätzen des Leistungsfortschrittes
- Die Arbeitskalkulation ist das Hilfsmittel zum Soll-Ist-Abgleich
- Aus der Abweichungsanalyse werden sowohl auf die konkrete Baustelle bezogene (taktische) Maßnahmen als auch generelle Erkenntnisse für folgende Bauvorhaben (strategisch) abgeleitet

Von Grottes KOPF System sind zwei Aspekte von Bedeutung für diese Arbeit:

- Planung vom Ziel her (Inversionsprinzip)
- Anzahl der Mitarbeiter

⁸⁰ Grote: Kosten senken mit KOPF, Seite 38.

⁸¹ Recherche über Bibliotheken und Internet Suchmaschinen zuletzt am 2. August 2008.

Der heikle Punkt der Fortschrittsschätzung wird mit verschiedenen Methoden gefasst: Das Herangehen anhand der konkreten Leistungen (z.B. m³ Aushub) sind ebenso möglich wie die Schätzung des Bauleiters bei einer Begehung der Baustelle.

Das Verfahren der Earned-value-Analyse bzw. Earned-value Management wird in der verwendeten Literatur zum Baubetrieb und Baustellen-Controlling nicht erwähnt.

8.11. ANWENDUNG AUF BAUSTELLEN-CONTROLLING: HERLEITUNG DER ANGEPASTEN EVA/EVM

Nach der kompakten Darstellung des Projektcontrollings, der Earned-value-Analyse und der kurzen Bearbeitung der Literatur zum Thema Baubetrieb wird jetzt die Anwendung auf das Baustellen-Controlling vorgenommen. Dazu sind einige Fragen zu beantworten:

- Welche Teile werden verwendet, welche verändert?
- Welche Auswirkungen haben die am Bau spezifischen Faktoren wie Schlechtwetter, zusätzliche Aufträge oder Vergabe von Leistungen an Subunternehmer?

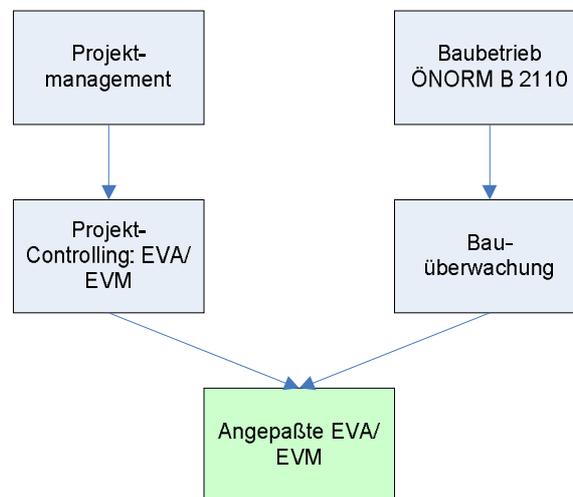


Abbildung 14: Ableitung der angepassten EVA/EVM

Das Baustellen-Controlling im Kontext dieser Arbeit konzentriert sich auf folgende Punkte:

- Anzahl der geleisteten Stunden als zentraler Aspekt
- Überwachung der Zeitpläne und Fertigstellungstermine
- Planung der Mitarbeiter für den weiteren Verlauf der Baustellen

Die Methoden zur Erreichung dieser Ziele sind:

- Erfassen der Ist-Daten
- Planung der Ressourcen
- Soll-Ist-Vergleich (Performance measurement und Variance analysis)
- Interpretation der Resultate und Steuerungsmaßnahmen
- Prognosen über den weiteren Verlauf einer Baustelle

Als Vereinfachung wird der gesamte Verlauf, werden alle Bauphasen einer Baustelle als ein Arbeitspaket (WBS) behandelt. Damit wird der Aufwand für die Datenerfassung und Planung deutlich reduziert. Es ist im Zug dieser Arbeit nachzuweisen, ob diese Vereinfachung zu praxistauglichen Ergebnissen führt.

Folgende Bereiche werden bewusst ausgenommen:

- Qualität

- Materialverbrauch
- Jede Art von finanziellen = monetären Kennzahlen: Es werden ausschließlich die Arbeitsstunden als „Währungseinheit“ hergezogen. Arbeiten mit Subunternehmern werden ebenfalls in Arbeitsstunden bewertet.
- Risikobewertung (des Bauvorhabens oder der Wetterbedingungen und anderer Störfaktoren)
- Im Prinzip alle Faktoren, die nicht unmittelbar mit der Leistung in Arbeitsstunden zusammenhängen

Hinzugenommen werden noch:

- Veränderungen des Auftrags (und damit der Stunden) während der Laufzeit
- Anpassung der Zeitplanung aufgrund von exogenen (Auftraggeber, Wetter) oder endogenen Faktoren (Verfügbarkeit der Mitarbeiter) werden in die Planung einbezogen ohne inhaltlich weiter hinterfragt zu werden
- Berücksichtigung von mehreren Planungsvarianten zum Vergleichen der jeweiligen Effizienz

Wenn jetzt die Parameter der EVA/EVM auf eine Baustelle umgelegt werden, ergibt sich folgendes Bild in Bezug auf Datenherkunft und –qualität:

Parameter	Datenquelle	Qualität	Beschreibung
BAC (budget at completion)	kalkulierte Stunden	Hoch bis mittel	Kalkulierte Stunden + zusätzliche Aufträge – Vergabe an Subunternehmen (oder Eigenleistungen des Bauherrn).
Fertigstellungsgrad	Angabe des Bauleiters	Mittel bis niedrig	Probleme bei der Schätzung des gesamten Baufortschrittes, Veränderungen des Volumens werden eingerechnet.
EV (earned value)	Berechnung	Abhängig von der Qualität der Input-Faktoren	
AC (actual cost)	Poliertagesberichte bzw. Lohnverrechnung	Hoch	
PV (planned value)	Arbeitseinteilung oder analytische Verteilung oder historisches Muster	Mittel bis niedrig	
CV (cost variance)	Berechnung	Abhängig von der Qualität der Input-Faktoren	
SV (schedule variance)	Berechnung		
CPI (cost performance indicator)	Berechnung		

Parameter	Datenquelle	Qualität	Beschreibung
SPI (schedule performance index)	Berechnung	Abhängig von der Qualität der Input-Faktoren	
ETC (estimate to complete)	Berechnung		
EAC (estimate at complete)	Berechnung		Lineare Weiterschreibung der bisherigen Performance

Tabelle 12: Datenquelle und –qualität für die EVA/EVM Parameter

Die Einschätzung der Datenqualität erfolgt aufgrund der Methode der Datenbeschaffung: Bei einer Schätzung ist die Unsicherheit höher als bei einer kalkulierten Stundenanzahl, die auch verbindlich in ein Anbot bzw. den Bauvertrag einfließt. Die berechneten Parameter sind direkt von der Qualität des Inputs abhängig.

Die Beschaffung der für das Controlling notwendigen Daten ist bereits zu Beginn des Projekts festgelegt. Die Erfassung der Soll-Stunden (Kalkulation) als auch der Ist-Stunden (Lohnverrechnung) ist klar geregelt. Die Dokumentation des Baufortschrittes und eventueller Änderungen mit Baustellen- und Regieberichte wird auch in der ÖNORM B 2110 beschrieben (Siehe Abschnitt 8.8 ÖNORM B 2110).

Die bisherige Behandlung der Projektmanagement und –controlling Methoden und der Literatur aus dem Bereich Baubetrieb haben gezeigt, dass die Earned-value-Analyse durchaus im Baustellen-Controlling eingesetzt werden kann. Die Einschränkungen und Faktoren des Baubetriebs müssen jedoch sorgfältig berücksichtigt werden.

Zum Abschluss dieses Abschnitts werden in den nächsten beiden Abschnitten zwei spezielle Aspekte der Anwendung von EVA/EVM am Bau behandelt:

- Veränderungen während der Laufzeit eines Projektes
- Behandlung von Arbeitsstunden als „Währungseinheit“ und deren Beurteilung während der Laufzeit und nach dem Abschluss der Baustelle

8.11.1. VERÄNDERUNGEN WÄHREND DER LAUFZEIT EINER BAUSTELLE

Wenn während der Abwicklung einer Baustelle das Volumen durch Zusatzaufträge bzw. Vergaben an Subunternehmer verändert wird, betrifft das nicht nur die zukünftige Planung, es werden auch die berechneten Werte (EV, CV, SV, CPI, SPI) neu bestimmt. Diese Basis – die kalkulierten Stunden – wird für alle diese Berechnungen herangezogen.

Eine Baustelle kann sich in dieser Hinsicht während der Bauzeit auf vier Arten verändern. Die Veränderungen können einzeln als auch in verschiedenen Kombinationen auftreten:

Veränderung	Mögliche Zeitpunkte	Auswirkung
Starttermin wird verschoben	Nur vor dem Start	Eventuell Vorhaltekosten, Verschiebung des Enddatums oder Durchlaufzeit verkürzen
Fertigstellungstermin wird verschoben	Vor dem Start oder während der Laufzeit	Durchlaufzeit, Anpassung der Kapazitäten
Volumen wird erhöht: Zusatzaufträge	Vor dem Start oder während der Laufzeit	Ressourcenplanung, Fertigstellungsgrad hat neuen Bezugspunkt

Veränderung	Mögliche Zeitpunkte	Auswirkung
Volumen wird verringert: Vergabe an Subunternehmer oder Reduktion des Leistungsumfanges	Vor dem Start oder während der Laufzeit	Ressourcenplanung, Fertigstellungsgrad hat neuen Bezugspunkt

Tabelle 13: Veränderungen während der Laufzeit

Die Veränderungen in Bezug auf das Start- bzw. Fertigstellungsdatum sind relativ einfach zu handhaben: Das Stunden-Volumen muss in einer kürzeren bzw. kann in einer längeren Zeit erbracht werden, die Ressourcenplanung wird entsprechend angepasst. Die Berechnungen der EVA/EVM Parameter bleiben unverändert.

Anders ist die Situation hingegen bei der Veränderung des Volumens: Hier wird ein zentraler Bezugspunkt der Berechnungen angepasst, das BAC. Das hat folgende Auswirkungen:

- Ressourcenplanung muss revidiert werden - normales Vorgehen wie bei Terminänderungen
- Die bereits ermittelten Fertigstellungsgrade und damit alle davon abhängigen EVA/EVM Parameter haben einen veralteten Bezugspunkt, das bisherige Stunden-Volumen.

Das Volumen der kalkulierten Stunden kann aus vielen Gründen verändert werden. Es können als intern kalkulierte Leistungen an Subunternehmer vergeben werden oder solche Vergaben wieder ins Haus genommen werden, Zusatzaufträge des Bauherrn können dazukommen oder auch das kalkulierte Arbeitsvolumen (z.B.: m³ Aushub beträgt nur 30% der ursprünglich angenommenen Menge) unterscheidet sich im Lauf der Arbeiten vom tatsächlichen Volumen. Diese Änderungen sind als Regelfall anzunehmen und nicht als Ausnahme. Das Stunden-Volumen soll als „Moving target“ verstanden werden. Es bleibt noch festzustellen, welche Anforderungen an die Genauigkeit der korrekten Erfassung des aktuellen Stunden-Volumens bestehen.

Der angegebene Fertigstellungsgrad des Bauleiters ist also eine **punktueller** Feststellung mit einem Bezugspunkt, der zum Zeitpunkt der Schätzung Gültigkeit hatte. Der Fertigstellungsgrad bezieht sich immer auf das zum aktuellen Zeitpunkt beauftragte Stunden- und Auftragsvolumen. Wenn der Fertigstellungsgrad 50% bei einem Gesamtvolumen von 1000 Stunden beträgt, so sinkt er, wenn das Volumen durch Zusatzaufträge erhöht wird. Aus diesem Grund wird EV als zentraler Wert für die Fortschrittsmessung herangezogen. Für die Berechnung des EV Wertes wird der Fertigstellungsgrad mit dem aktuelle Volumen multipliziert. So wird der Wert der Leistung in Arbeitsstunden dargestellt, der auch bei weiteren Veränderungen des Volumens gültig bleibt.

Alle davon abhängigen EVA/EVM Parameter (EV, CPI, etc.) beziehen sich auf das gesamte Volumen bzw. den aktuellen Fertigstellungsgrad.

8.11.2. EXKURS: STUNDEN ALS KOSTEN UND LEISTUNG

Da diese Arbeit ausschließlich die Stunden als Parameter für die Ressourcenplanung und den Ressourcenverbrauch betrachtet, ist zu klären, wie die Abgrenzung zwischen Kosten und Leistung erfolgt.

Stunden werden als Ressource in die Kennzahlen AC (= actual cost) und PV (= planned value) eingesetzt:

- AC = Summe der aufgewendeten Stunden laut Poliertagesbericht bzw. Lohnverrechnung
- PV = Summe der geplanten Stunden zur Leistungserbringung

Der zur Berechnung des EV (= Earned value) notwendige Leistungsfortschritt wird vom Bauleiter geschätzt. Damit bleibt der Wert PV noch offen. PV soll den Fortschritt der Leistungserbringung über die gesamte Laufzeit beschreiben.

Dazu gibt es folgende Möglichkeiten:

Variante	Beschreibung
Die Wochenplanung ist die Ressourcenplanung mit kurzem Planungshorizont – 1 bis 2 Wochen.	Die Wochenplanung beschreibt lediglich den Ressourceneinsatz, aber nicht den damit zu erzielenden Leistungszuwachs.
Durchgehende Planung der Baustelle	Die benötigten Mitarbeiter werden von Beginn bis Ende der Baustelle auf Wochenbasis einmal geplant und natürlich im Lauf angepasst.
Lineare Leistungsentwicklung: Hierbei wird die verstreichende Durchlaufzeit auf die zu erbringende Gesamtleistung bezogen.	Diese Variante hat nur eingeschränkten Informationswert, da lediglich der prozentuelle Fortschritt der Durchlaufzeit berechnet wird.
Synthetisches Muster verwenden: Es ist möglich, der Planung einen beliebigen Verlauf zu hinterlegen z.B.: eine S-Kurve	Die Modellierung eines individuellen oder generischen Musters für den Leistungsverlauf ist möglich.
Historische Daten von abgeschlossenen Baustellen heranziehen	Die unmittelbare Anwendung eines Verlaufs einer abgeschlossenen Baustelle ist bei ähnlichen Bauvorhaben sinnvoll.
Analytische Verteilungen aus abgeschlossenen Baustellen extrahieren	Die historischen Daten werden einem Hypothesentest unterworfen und die daraus ermittelte analytische Verteilung wird als Planungsgrundlage verwendet
Die noch zu erbringenden Stunden aus der Arbeitskalkulation werden als PV behandelt.	Die Anzahl der offenen Stunden wird in der Arbeitskalkulation laufend fortgeschrieben. Mit Veränderungen des Auftragsvolumens (oder auch Vergabe an Subunternehmer) wird auch die Anzahl der Stunden angepasst.

Tabelle 14: Herleitung des Parameters PV

Im Lauf dieser Arbeit werden die unterschiedlichen PV Varianten parallel angewendet. Damit ist auch eine Beurteilung der jeweiligen Variante möglich.

Es ist grundsätzlich zu berücksichtigen, dass Arbeitsstunden je nach Status (vor/während der Bauzeit oder nach Abschluss) der Baustelle unterschiedlich interpretiert werden.

Behandlung von Arbeitsstunden vor und während der Bauzeit:

- Die kalkulierten Stunden liegen vor
- Die aufgewendeten Stunden werden als Kosten behandelt – die erbrachte Leistung wird vom Bauleiter geschätzt
- Es gibt Unsicherheit in Bezug auf:

- Tatsächliche Anzahl der gesamten Stunden, die für die Fertigstellung des Bauwerkes notwendig sind
- Zeitdauer bis zur Fertigstellung
- Eine Stunde wird nominal als „Währungseinheit“ betrachtet, ihr prozentuelle Beitrag zur Leistung kann noch nicht berechnet werden, da der Gesamtumfang an Stunden noch variabel ist.

Behandlung von Arbeitsstunden nach Abschluss der Baustelle:

- Die gesamte Anzahl aller aufgewendeten Stunden liegt vor = 100% der Leistung
- Die Leistung wurde vollständig erbracht – der letzte Arbeitstag auf der Baustelle ist auch das Enddatum
- Der Beitrag jeder Arbeitsstunde zur Gesamtleistung kann prozentuell bestimmt werden: $1h/\text{Gesamtstunden} = \text{prozentueller Anteil einer Arbeitsstunde}$
- Es wird unterstellt, dass jede Stunde die gleiche Produktivität aufweist, also der Leistungsbeitrag analog zur Anzahl der aufgewendeten Stunden verläuft
- Zusätzlich wird angenommen, dass Bauteile mit gleichem Aufwand als gleicher Beitrag zur Leistungserbringung behandelt werden (Ein Keller mit Aufwand 300 Stunden trägt gleich viel zur Gesamtleistung bei wie ein 1. Stock mit 300 Stunden)

Mit Akzeptanz der Annahme, dass bei abgeschlossenen Baustellen jede Stunde gleichmäßig zur Leistungserbringung beigetragen hat, eröffnet sich eine Fülle von nutzbaren historischen Daten, die für die Planung von ähnlichen Baustellen herangezogen werden können.

Was spricht möglicherweise gegen diese Annahme:

- Der Leistungsbeitrag pro Raum-Zeit-Stunde hängt von der Performance und Qualifikation des einzelnen Mitarbeiters ab:
 - Korrekt, kann aber aus den vorhandenen Daten (es gibt keine Angabe zur Qualifikation bzw. Performance der einzelnen Mitarbeiter) nicht erschlossen werden
 - Wenn diese Daten zur Verfügung stünden, welchen zusätzlichen Informationswert würden sie bereitstellen? (In Hinblick auf die Ziele Baustellen-Controlling und Ressourcenplanung: Eventueller Nutzen für eine spezialisierte Ressourcenplanung, bei der die Qualifikation der Mitarbeiter einbezogen wird. Das ist jedoch nicht Gegenstand dieser Arbeit)
- Bauteile mit gleichem Aufwand werden in Bezug auf ihren Leistungsbeitrag unterschiedlich behandelt:
 - Diese Gewichtung geht aus den vorhandenen Daten ebenfalls nicht hervor
 - Es ist keine Motivation für ein solches Vorgehen in Bezug auf den Leistungsfortschritt zu sehen: Die unterschiedliche Bepreisung und Verrechnung ist hier ausgenommen, da sie keine Auswirkung auf den Baufortschritt selbst hat.

Aus den oben angeführten Argumenten wird für die weitere Interpretation von Arbeitsstunden zusammengefasst:

- Arbeitsstunden werden vor und zur Laufzeit einer Baustelle als Kosten betrachtet – ihr prozentueller Beitrag zur Gesamtleistung ist noch nicht berechenbar.
- Nach Abschluss einer Baustelle werden die Arbeitsstunden gleichartig behandelt – der prozentuelle Leistungsbeitrag ist pro erbrachter Stunde gleich

9. MUSTER AUS DEFINITIONEN UND ABGESCHLOSSENEN BAUSTELLEN ERSTELLEN

Die Verwendung von Mustern ist das konkrete Vorgehen, um den Verlauf von abgeschlossenen Baustellen für die Planung nutzbar zu machen. Es wird sozusagen ein „Abguss“ der abgeschlossenen Baustelle erstellt, auf 1% Schritten linearisiert und der Durchschnitt von Mustern in der gleichen Gruppe (z.B. Hochbau Neubau) gebildet. In diesem Abschnitt werden die Schritte im Detail beschrieben und die einzelnen Aspekte diskutiert.

Definition Muster: Unter einem Muster wird in diesem Kontext eine abstrahierte, kumulative Zeit-Leistungskurve verstanden. Das Muster beschreibt die Anzahl der geleisteten Stunden pro Zeitpunkt, aber nicht die Anzahl der Mitarbeiter. Der Bedarf an Mitarbeitern wird bei der Anwendung des Musters an einer laufenden Baustelle aus der Division Stundenbedarf/Soll-Arbeitszeit ermittelt. Das Muster stellt sozusagen den Umriss einer abgeschlossenen Baustelle dar, die auf neue Baustellen angewendet werden kann.

Die Grundannahme für die Verwendung von Mustern in dieser Arbeit lautet, dass ähnliche Baustellen auch ähnliche Verläufe aufweisen. Der Verlauf einer abgeschlossenen Baustelle (oder einer Gruppe von Baustellen), der als Muster für eine zurzeit laufende Baustelle eingesetzt wird, soll einen ähnlichen Fortschritt auf der Zeit-Leistungs-Kurve zeigen. Die Planung der Ressourcen für die offene Baustelle folgt der Zeit-Leistungs-Kurve des Musters als Vorlage. Dieser Abschnitt bereitet die Grundlagen für Mustererstellung vor, in den folgenden wird die Anwendung der Hypothese weiter untersucht.

Bei Durchschnittsmustern wird unterstellt, dass sie den Fortschritt der zugrunde liegenden Muster repräsentieren, so dass der charakteristische Verlauf erhalten bleibt.

9.1. VERWENDUNG HISTORISCHER DATEN FÜR DIE PLANUNG NEUER BZW. LAUFENDER BAUSTELLEN

Die Frage nach der Verwendbarkeit von Daten aus abgeschlossenen Baustellen wird auch bei Bauer⁸² diskutiert. Hierbei spricht er einige zentrale Punkte an, die auch für diese Arbeit von Relevanz sind. Nachdem die Unterschiede zwischen den Bauwerken und den Einflüssen externer Störkräfte betont wurden, kommt er zu den Anforderungen an das Datenmaterial:

Die Untersuchung von Bauproduktionsprozessen mittels statistischer Methoden ist, wie aufgezeigt, mit Schwierigkeiten verbunden. Die Grundvoraussetzungen für statistische Aussagen

- die Vergleichbarkeit der Daten und eine
- genügend große Anzahl dieser Daten

*sind zunächst nicht gegeben.*⁸³

Im Weiteren schlägt Bauer vor, mit einheitlich aufbereiteten Daten Standard Verteilungen anzuwenden. Hierbei soll nur der Leitprozess untersucht werden, der am kritischen Pfad liegt und den Ablauf der Baustelle bestimmt.⁸⁴ Zusammenfassend schreibt er:

Statistische Betrachtungen sind zur Absicherung von Mittelwert und Varianz maßgebender Produktionsdaten notwendig, sind aber immer nur als Hilfsmittel zu

⁸² Bauer: Baubetrieb, Seite 634ff.

⁸³ Bauer: Baubetrieb, Seite 636

⁸⁴ Bauer: Baubetrieb, Seite 637ff

verstehen. Genauere Aussagen sind erst durch die Kombination von statistischen Daten und der ingenieurmäßigen Beurteilung aller Randbedingungen möglich (Risikobewertung).⁸⁵

Mit dieser Einschätzung stehen Bauer und diese Arbeit im Einklang, dass Baustellen-Controlling ein Hilfsmittel ist, das auf jeden Fall der Expertise des Bauleiters bedarf, um sinnvoll eingesetzt werden zu können.

Die Anforderungen an die Qualität der Daten wurde bereits im Abschnitt 6.4.2 *Datenqualität* diskutiert. Die Daten sind vorhanden, die Vergleichbarkeit zu einander ist aufgrund der unterschiedlichen Baustellen eingeschränkt und muss auf der Ebene des gleichen Baustellen-Typs (z.B. Neubau Hochbau, Umbau Innen, etc.) vorgenommen werden.

Zusätzlich ist noch zu berücksichtigen, dass die Daten aus der Vergangenheit zum Beispiel aufgrund von technologischen Änderungen nicht mehr für die aktuellen Baustellen relevant sein können. Daher sind die Quelldaten für die Erstellung von Mustern auch in dieser Hinsicht auf ihre Anwendbarkeit auf laufende Baustellen zu überprüfen.

9.2. ATTRIBUTE VON MUSTERN

Muster werden aus abgeschlossenen Baustellen erstellt. Daher übernehmen sie Eigenschaften der Baustelle und bringen auch eigene ein, mit denen sie vergleichbar gemacht werden.

- Datenquelle: Lohnverrechnung oder Poliertagesberichte
- Stationarität: Es werden nur jene Tage berücksichtigt, an denen auf der Baustelle gearbeitet wurde. Nicht-Stationäre Muster enthalten auch jene Arbeitstage (laut Arbeitszeitkalender) an denen auf der konkreten Baustelle nicht gearbeitet wurde.
- Typ der mustergebenden Baustelle:
 - Hochbau Neubau
 - Hochbau Umbau Aussen+Innen
 - Hochbau Umbau nur Innen
 - Hochbau Kleinbaustellen
 - Tiefbau
 - Hilfsstellen
- Volumen: Wie viele Stunden wurden auf der Baustelle geleistet?
- Durchlaufzeit: Wie viele Tage liegen zwischen Start und Ende der Baustelle?
- Abstand zum linearen Muster: Wie unterschiedlich ist das aktuelle Muster im Vergleich zum linearen Verlauf?
- Abstand zum allgemeinen Durchschnitt (gleiche Datenquelle und Stationarität)
- Abstand zum Durchschnitt der eigenen Gruppe (gleicher Baustellen-Typ, gleiche Datenquelle und Stationarität)
- Welche Baustelle wurde als Vorlage verwendet: Baustellen-Name oder „AVG“ für Durchschnitte und „MAN“ für manuell erstellte Muster
- Linearisiert oder Rohdaten: Wurde der Verlauf der Baustelle auf 100 Zeitschritte linearisiert oder wurde die kumulierte Zeit-Leistungs-Kurve ohne jede Veränderung verwendet?

Diese Attribute ermöglichen es, die Muster zu beschreiben und bei einer neuen Baustelle ein geeignetes Muster auszuwählen.

⁸⁵ Bauer: Baubetrieb, Seite 640

Bei Mustern, die manuell erstellt werden oder aus einer Definition abgeleitet werden (z.B. linearer Fortschritt) können einige Attribute (z.B. Abstand zum Durchschnitts-Muster) nicht ausgefüllt werden.

9.2.1. DER BEGRIFF STATIONARITÄT

Der hier verwendete Begriff der Stationarität bezieht sich auf dessen Verwendung in der Simulation. Dort werden bei Liebl folgende Merkmale zur Unterscheidung herangezogen:

Stationäre Simulationen

[...] Notwendige - aber nicht hinreichende – formale Voraussetzungen für den steady state sind etwa konstante Ankunftsraten oder die Freiheit von Strukturbrüchen und Übergangsprozessen (wie z.B. in Produktionsprozessen, die rund um die Uhr in Gang gehalten werden).[...]

Nichtstationäre Simulationen

In der Mehrzahl der Fälle stößt man auf Realsysteme, die einem langfristigen Gleichgewicht nicht genügen, d.h. im Sinne unserer obigen Definition keine stationären stochastischen Prozesse verkörpern. [...]

Zeitlich variierende Inputverteilungen

Zu nichtstationären Systemen gehören Konfigurationen, die sich zeitlich variierenden Verteilungen der Umweltparameter gegenübersehen, wie z.B. tageszeitabhängige Ankunfts- oder Serviceraten.⁸⁶

Die Anwendung auf eine Baustelle führt uns zu einem nicht-stationären System:

- Die Baustelle hat einen kumulativen Trendverlauf in Richtung des geplanten Stunden-Volumens
- Die „Ankunftsrate“ der geleisteten Stunden ist vor allem geplant, aber nicht konstant
- Die Störeinflüsse (z.B. Schlechtwetter, Unfall) sind stochastisch
- Die Baustelle weist Strukturbrüche aus: Beispielsweise ist der Übergang vom Aushub über die Errichtung des Kellers bis hin zum Erdgeschoß und so weiter eine Abfolge von unterschiedlichen und auch verschiedenartigen Tätigkeiten
- Die Baustelle hat einen zeitlich begrenzten Horizont

Auch mit dem Wissen, dass eine Baustelle ein nicht-stationärer Prozess ist, werden sowohl stationäre (künstlich zusammengezogene Steady state Datenreihe) als auch nicht-stationäre (unter Einbeziehung der zufälligen und produktionsbedingten Strukturbrüche) Muster erstellt. Der Grund dafür ist die Hypothese, dass nicht-stationäre Muster sehr stark voneinander abweichen und daher als Vorlage für laufende Baustellen weniger geeignet sind. Im Abschnitt 11.6 Vergleich 1. und 2. Testlauf werden die Unterschiede zwischen stationären und nicht-stationären Mustern bei der Anwendung dargestellt.

9.3. ARTEN VON MUSTERN

Im Rahmen dieser Art werden fünf Arten von Mustern eingesetzt. Dabei handelt es sich um eine bewusste Beschränkung auf wenige Muster. Es sind jedoch weitere Arten von Mustern möglich, die den Verlauf von Baustellen beschreiben.

9.3.1. STATIONÄRE, LINEARISIERTE MUSTER

Der Verlauf des Leistungsfortschrittes wird aus den historischen Daten der bereits abgeschlossenen Baustellen extrahiert. Dabei werden lediglich jene Tage einbezogen, an

⁸⁶ Liebl: Simulation, Seite 145f. Hervorhebungen nach dem Original.

denen Stunden geleistet wurden. Arbeitstage, an denen aus welchen Gründen auch immer (nur Schlechtwetter, produktionsbedingte Unterbrechung, Betriebsurlaub) überhaupt nicht auf der jeweiligen Baustelle gearbeitet wurde, sind **nicht** sichtbar.

9.3.2. NICHT-STATIONÄRE, LINEARISIERTE MUSTER

Der Unterschied zu den stationären, linearisierten Mustern besteht in der Berücksichtigung der Nicht-Leistungszeiten bei der Baustelle: Alle Tage, die im Kalender als Arbeitstage gekennzeichnet sind, aber an denen für die jeweilige Baustelle keine Leistung erbracht wurde, werden trotzdem in den Verlauf einbezogen. Damit sind zwar Feiertage, Freitage ohne Arbeit in kurzen Wochen, Wochenenden und der Betriebsurlaub ausgenommen, aber alle produktionsbedingten Pausen sind sichtbar.

Daraus ergibt sich eine Anzahl von Seiteneffekten:

- Die Anzahl der Datenpunkte wird erhöht
- Zufallseinflüsse wie zum Beispiel Schlechtwetter werden mit produktionsbedingten Pausen vermischt und sind nicht mehr unterscheidbar
- Die Durchlaufzeit wird länger

9.3.3. MUSTER AUS ROHDATEN

Vor allem zum Zweck der Validierung der automatischen Planungsmethode kann auch ein Muster aus Rohdaten erzeugt werden. Hierbei werden die Daten der mustergebenden Baustelle pro Tag summiert. Es wird keine Linearisierung vorgenommen. Diese Art von Mustern kann sowohl bei der stationären als auch nicht-stationären Darstellung einer Baustelle erzeugt werden.

Bei den erstellten Mustern handelt es sich um die kumulierte Zeit-Leistungs-Kurve der jeweiligen Baustellen.

Auswirkungen: Diese Muster können sowohl deutlich weniger als auch deutlich mehr Datenpunkte als 100 enthalten. Die Abstände zwischen den Datenpunkten sind unterschiedlich groß.

Daher können diese Muster nicht bzw. nur sehr eingeschränkt miteinander verglichen werden, da sie unterschiedliche Längen aufweisen.

9.3.4. DURCHSCHNITTMUSTER

Aus den Mustern werden Durchschnitte erstellt. Hierbei werden ein Durchschnitt pro Baustellen-Typ und ein allgemeiner Durchschnitt berechnet, wobei immer die gleiche Datenquelle und Stationarität beibehalten wird.

Durchschnittsmuster enthalten den Mittelwert aller Baustellen der jeweiligen Gruppierung pro Zeiteinheit und auch den Durchschnitt des Stundenvolumens und der Durchlaufzeit.

9.3.5. MANUELL ERSTELLTE MUSTER

Es ist natürlich möglich, jeden beliebigen Verlauf als Zeit-Leistungskurve zu definieren und als Muster zu verwenden. Dazu wird der kumulative Leistungsfortschritt pro 1% Zeiteinheit in eine Tabelle eingetragen. (Die Aufteilung der Zeitlinie in 1% Schritten ist zur Vergleichbarkeit der Muster notwendig.)

Ein Beispiel dafür ist das lineare Muster: Das einfachste Muster ist der lineare Baufortschritt. Bei der linearen Planung handelt es sich um ein Muster, bei dem der Fortschritt auf der Zeit- und Leistungsachse analog verläuft.

Es wurde nicht aus einer abgeschlossenen Baustelle erzeugt, sondern als Standardwert eingetragen. Es kann als einfachstes Planungsmuster für eine erste Annäherung verwendet werden, wenn keine anderen brauchbaren Muster vorliegen.

Darüber hinaus ist der Abstand der erstellten Muster zum linearen Verlauf ein Attribut, um die Muster untereinander zu vergleichen. Dieses Verfahren wird im Abschnitt *9.5 Vergleichen und Auswählen der Muster* beschrieben.

9.4. MUSTER AUS ABGESCHLOSSENEN BAUSTELLEN ERZEUGEN

Wenn eine Baustelle in den Status „Abgeschlossen“ gesetzt wurde, können Daten über den Baufortschritt extrahiert werden.

Zuerst wird die Art des Musters bestimmt:

- Datenquelle: Lohnverrechnung oder Poliertagesberichte
- Stationarität: Werden Unterbrechungen berücksichtigt oder nicht
- Normale Baustelle oder Hilfsstelle
- Interpolation, um 100 Datenpunkte zu erhalten oder Verwendung der Rohdaten?

Ausschließlich die Leistungsstunden (Unterscheidung durch die Lohnarten) werden pro Tag summiert. Eine Baustelle kann über eine beliebige Anzahl von Arbeitstagen laufen. Lücken (nur Schlechtwetter, reguläre Arbeitstage, an denen nicht an dieser Baustelle gearbeitet wurde) werden nur bei nicht-stationären Mustern berücksichtigt.

Diese Daten werden herangezogen, um eine linearisierte, empirische Verteilung in 1 Prozent Schritten zu erstellen. Die Linearisierung mit einer fixen Schrittweite hat das Ziel, den Baufortschritt der unterschiedlichen Baustellen vergleichbar zu machen.

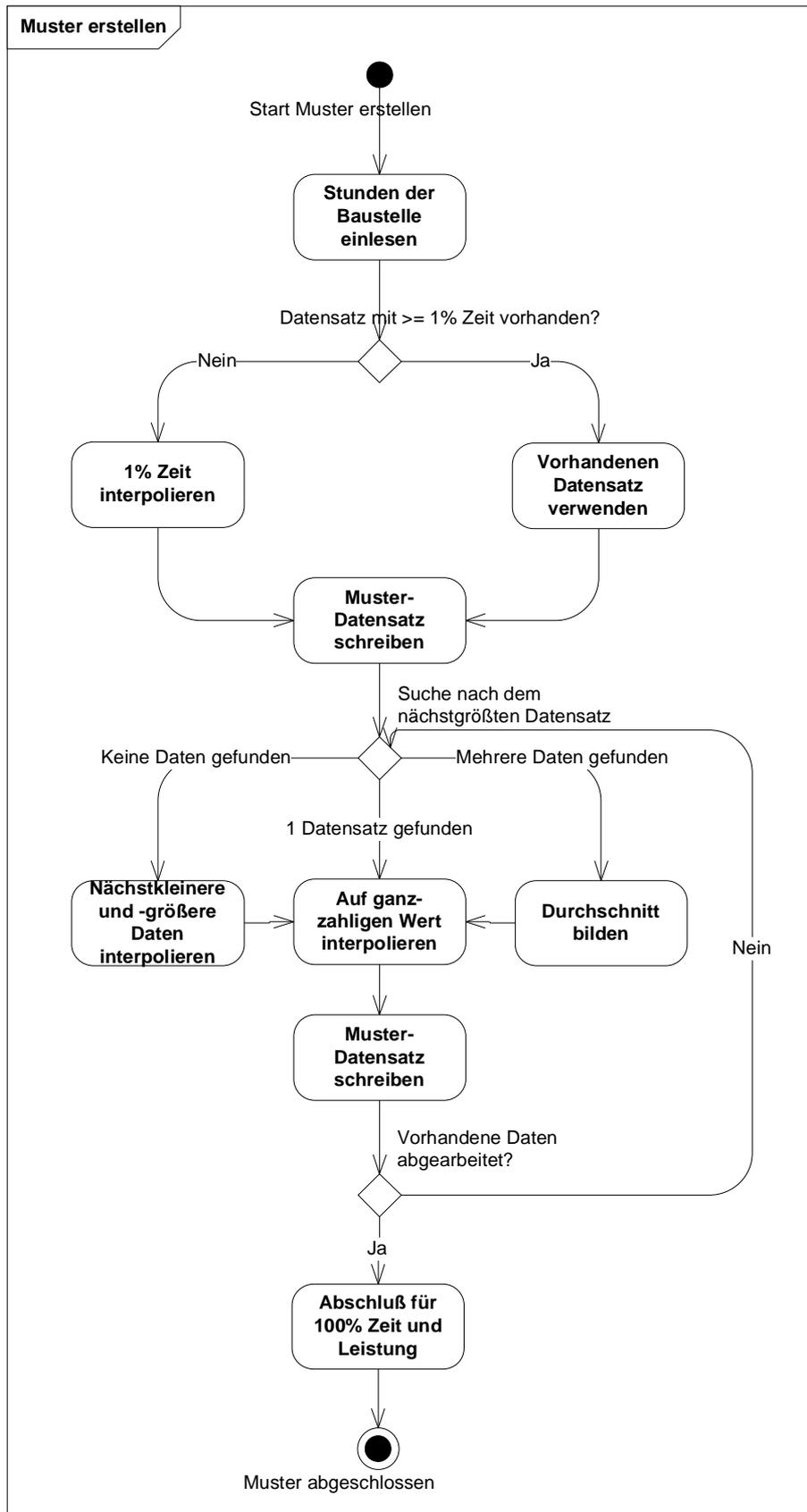


Abbildung 15: Ablauf für die Erstellung eines Musters

Dabei sind folgende Schritte vorgesehen:

- Bestimmung des ersten Datenpunktes: Wenn kein Datensatz vorhanden ist, der kleiner/gleich 1% Zeitfortschritt aufweist, wird der kleinste vorhandene Datenpunkt

gewählt. Die dazugehörige Anzahl der Stunden wird durch den Zeitfortschritt dividiert. Damit wurde die Stundenanzahl für den Zeitpunkt 1% Fortschritt ermittelt.

- Suche nach dem nächsten Messpunkt, der im Zeitverlauf um einen Prozentschritt größer und zugleich kleiner als der übernächste Prozentschritt sein muss.
- Es ist ein Datenpunkt für diese Suchbedingung vorhanden: Der Leistungsfortschritt wird 1:1 übertragen
- Es sind mehrere Datenpunkte vorhanden: Durchschnitt für alle gefundenen Datenpunkte für kumulierte Leistung einerseits und kumulierte Zeit andererseits bilden.
- Es ist kein Datenpunkt vorhanden:
 - Der letzte, größte Werte und der nächste, kleinste Wert im Zeitfortschritt werden gesucht.
 - Eine lineare Interpolation wird durchgeführt

Auswirkungen der Linearisierung:

- Sind zu wenige Datenpunkte als 1 Prozent Schritte vorhanden: leichtes Unterzeichnen des Verlaufs (weniger als 100 Datensätze für den gesamten Verlauf der Baustelle)
- Sind mehr Datenpunkte vorhanden: Leichte Überzeichnung, Anfangswerte, die unter 1% liegen, werden ignoriert.
- Eckpunkt fehlt: Anfangsdaten müssen extrapoliert werden

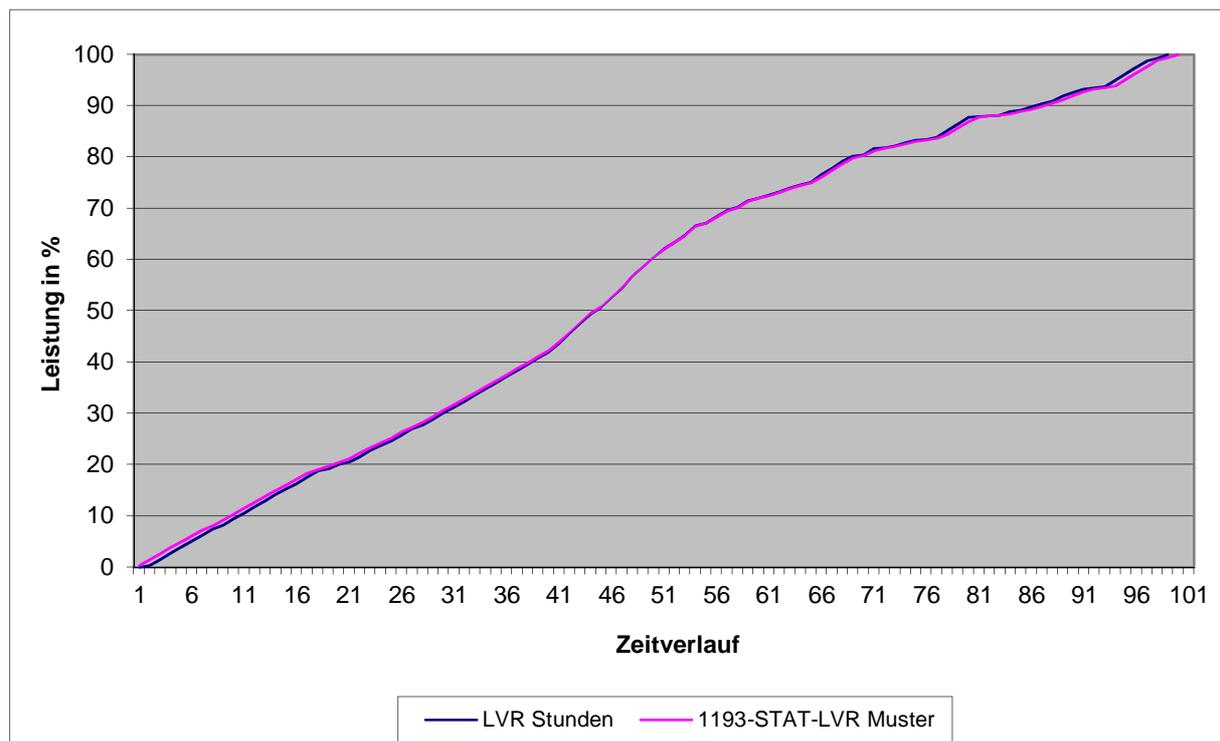


Abbildung 16: Baustelle 1193 (98 Tage) stationäres Muster

Vergleich eines Muster mit den konkreten Daten aus der Lohnverrechnung: Da die Vorlage über 98 Datenpunkte verfügt, sind Muster und zugrunde liegende Baustelle fast deckungsgleich.

9.4.1. NICHT-STATIONÄRE MUSTER

Das Vorgehen bei nicht-stationären Mustern entspricht jenem bei stationären Mustern, lediglich die Datenbasis wird unterschiedlich erstellt. Es werden alle Arbeitstage laut Arbeitszeitkalender vom Start bis zum Ende der Baustelle aufgelistet (die Durchlaufzeit der

Baustelle liegt vor). Auch jene Arbeitstage, an denen keine Leistungen auf dieser Baustelle erbracht wurden, bleiben in der Datenbasis enthalten.

Ausgenommen werden alle Tage mit der Sollarbeitszeit = 0:

- Freitage in kurzen Wochen
- Wochenenden
- Feiertage
- Betriebsurlaub

Wenn an einem der oben angeführten Tage trotzdem auf der Baustelle gearbeitet wurde, sind die Daten natürlich enthalten.

Im Gegensatz zum stationären Muster enthält das nicht-stationäre Lücken, an denen keine Leistungen auf der Baustelle erbracht wurden. Diese Lücken werden als Teil des Baufortschrittes in das Muster verarbeitet. Im Diagramm sind die Pausen als horizontaler Abschnitt zu sehen, in denen kein Leistungsfortschritt gezeigt wird.

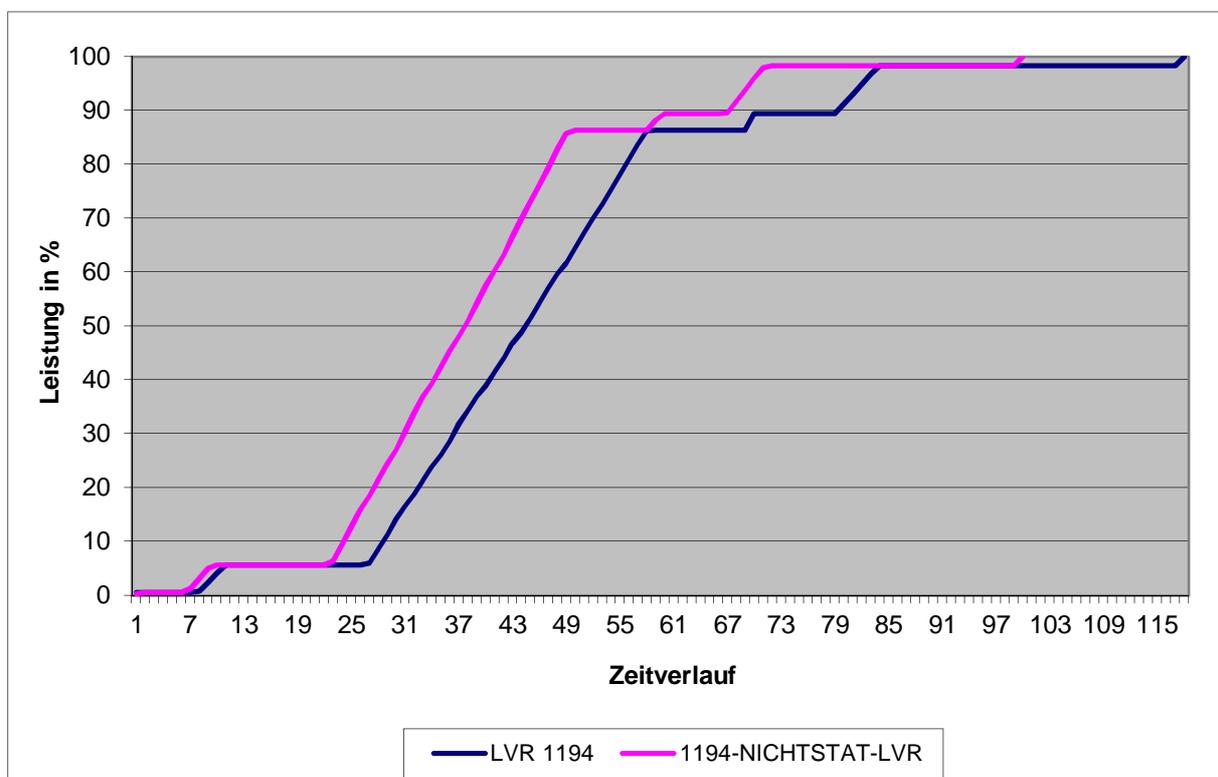


Abbildung 17: Baustelle 1194 (118 Tage) nicht stationäres Muster (100 Datenpunkte)

Wenngleich die Laufzeit des Musters (100 Zeiteinheiten) und die der muster-gebenden Baustelle (118 Tage = Zeiteinheiten) unterschiedlich ist, so ist doch der charakteristische Verlauf der Baustelle im Muster wieder zu erkennen.

Durch die Streckung des Musters (Einfügen von Pausen, um die gleiche Anzahl von Tagen zu erreichen) wird die Ähnlichkeit noch besser sichtbar.

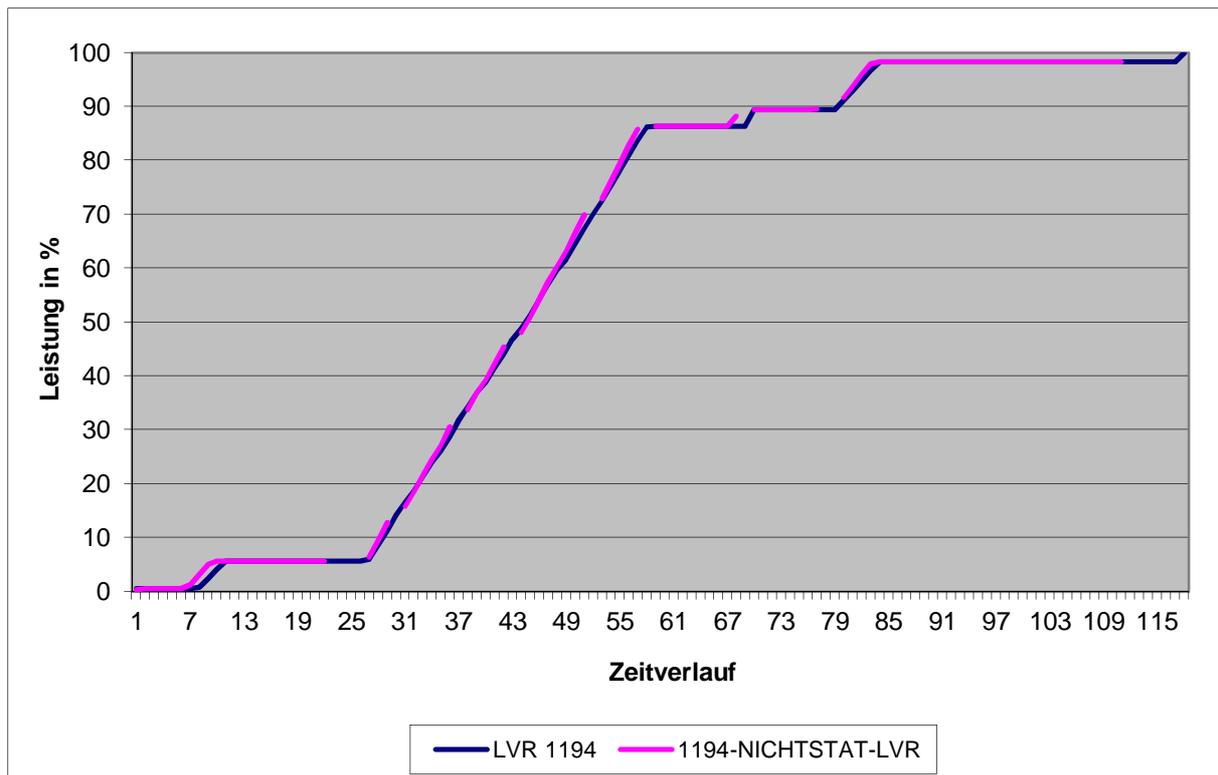


Abbildung 18: Baustelle 1194 (118 Tage) nicht stationäres Muster – nach manueller Anpassung

Die Gründe für eine Unterbrechung des Baufortschrittes können vielfältiger Natur sein: Schlechtwetter, produktionsbedingte Unterbrechungen, Betriebsurlaub. Die Unterscheidung des jeweiligen Grundes für die Unterbrechung ist aus dem vorliegenden Datenmaterial aus der Lohnverrechnung bzw. den Poliertagesberichten nicht möglich.

Durch die Befragung des Bauleiters oder das Heranziehen von zusätzlichen Datenquellen (z.B. Bautagesbericht) ist es jedoch denkbar, den Grund für die Unterbrechungen festzustellen. So könnten produktionsbedingte (z.B. Austrocknungszeit) und zufällige Ursachen (z.B. Schlechtwetter) unterschieden werden.

9.4.2. VERGLEICH STATIONÄRE UND NICHT-STATIONÄRE MUSTER

Im nächsten Diagramm werden der stationäre und nicht-stationäre Verlauf parallel dargestellt. Da die Laufzeit unterschiedlich ist (214 Tage beim stationären Verlauf, 427 beim nicht-stationären), wurden Datenpunkte entfernt, um eine gleiche Durchlaufzeit darzustellen. Die dazugehörigen Muster wurden gestreckt.

Sichtbar wird aus dem Diagramm, dass sich der Verlauf von stationären und nicht-stationären Mustern deutlich unterscheidet. Die linearisierten Muster decken sich mit dem Verlauf der ursprünglichen Daten.

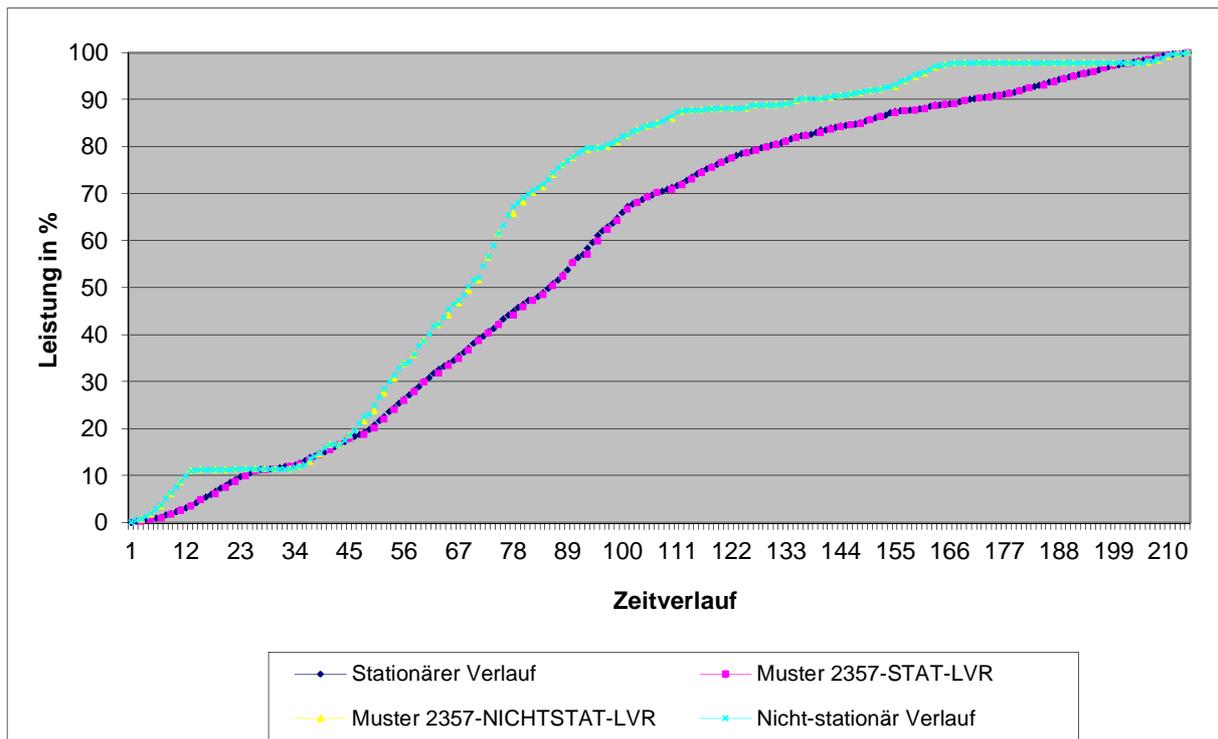


Abbildung 19: Baustelle 2357: stationärer und nicht-stationärer Verlauf und dazugehörige Muster

9.4.3. MUSTER AUS HILFSSTELLEN

Bei Hilfsstellen werden die Muster prinzipiell pro Kalenderjahr erstellt, um vergleichbare Durchlaufzeiten zu schaffen. Die Hilfsstellen haben im Unterschied zu den Baustellen keinen definierten Zeithorizont. Sie laufen solange die Baufirma existiert oder Umstände eintreten, die eine Änderung bei den Hilfsstellen erfordern.

Zurzeit werden folgende Hilfsstellen geführt:

- Ausbildung
- Bauhof
- Bezahlte Freizeit und Feiertag
- Gewährleistung
- Krankenstand und Unfall
- Schlechtwetter
- Urlaub

Für jede Hilfsstelle wird ein Durchschnittsmuster über mehrere Jahre hinweg erstellt, das dann für die Planung im laufenden Jahr verwendet werden kann.

9.4.4. MUSTER FÜR KLEINBAUSTELLEN

Es gibt einige Kostenstellen, die zur Sammlung von Kleinbaustellen in Regie verwendet werden. Hier kann – ähnlich wie bei den Hilfsstellen – ein Durchschnitts-Muster über mehrere Jahre erstellt werden.

Mit einem solchen Muster kann auch das benötigte Stundenvolumen (Wert der letzten Jahre oder geschätzte Menge) auf den Planungszeitraum aufgetragen werden.

Eine detaillierte Analyse dieser Art von Baustellen und Muster wird im Rahmen dieser Arbeit nicht durchgeführt.

9.5. VERGLEICHEN UND AUSWÄHLEN DER MUSTER

Nach der Vorstellung der verschiedenen Muster-Arten steht nun die Frage nach einem **geeigneten** Muster im Vordergrund: Wenngleich mehrere Muster - also Planungen - parallel dargestellt werden können, es kann doch nur nach einer einzigen gehandelt werden.

Die Muster verfügen über Merkmale, die bei der Auswahl für eine neue Baustelle verwendet werden. Diese Merkmale wurden im Abschnitt *9.2 Attribute von Mustern* beschrieben.

Bei der Auswahl eines geeigneten Musters kann wie folgt vorgegangen werden:

1. Typ der neuen Baustelle
2. geplantes Volumen
3. geplante Durchlaufzeit (Enddatum minus Startdatum)

Im Regelfall wird ein Durchschnittsmuster der jeweiligen Gruppe gewählt werden. Sollte eine neue Baustelle vorliegen, die „fast genauso wie“ eine bereits abgeschlossene Baustelle verlaufen soll, so liegt es nahe, diese abgeschlossene Baustelle als Muster zu verwenden.

Der Abstand eines Musters zum linearen Verlauf, dem allgemeinen Durchschnitt und dem Durchschnitt der eigenen Gruppe gibt nur grob die „Eigenartigkeit“ bzw. die spezielle Art des Verlaufes an. Je größer die Abstände zum linearen Verlauf und den Durchschnittsmustern sind, desto weniger „durchschnittlich“ ist das Muster. Im nächsten Unterabschnitt wird die Methode zur Berechnung des Abstandes dokumentiert.

Ob die Abstände zu anderen Mustern brauchbare Attribute zur Auswahl eines geeigneten Musters darstellen, wird erst bei der praktischen Anwendung sichtbar werden.

9.5.1. METHODE ZUM VERGLEICHEN DER EINZELNEN MUSTER

Hierbei wird ein Referenzmuster definiert (z.B. linearer Fortschritt, Durchschnittsmuster einer Baustellengruppe) und ein zu testendes Muster festgelegt.

Die Leistungsfortschritte pro Zeiteinheit (in 1%-Schritten) werden dann als kumulierte Stunden behandelt. Die Abweichung zwischen den Leistungsfortschritten wird wie der Unterschied zwischen Plan- und Ist-Daten betrachtet.

Zeit	Linear	2354	Absolute Abweichung
1	1,00	0,10	0,90
2	2,00	0,19	1,81
3	3,00	0,29	2,71
4	4,00	0,40	3,60
5	5,00	0,52	4,48
[...]	[...]	[...]	[...]
95	95,00	92,58	2,42
96	96,00	94,04	1,96
97	97,00	95,51	1,49
98	98,00	97,00	1,00
99	99,00	98,50	0,50
100	100,00	100,00	0,00
	Referenz- muster	Vergleichs- muster	Delta
Stunden	5050,00		449,69
	100,00%		8,90%

Tabelle 15: Vergleich Referenzmuster und spezielles Muster

Die Summe der Abweichungen wird als Prozentwert der Summe der „Stunden“ des Referenzmusters dargestellt.

Aufbauend auf der Bestimmung des „Grundrauschens“ werden die Muster mit den Referenzmustern verglichen. Wenn ein Muster sich deutlicher von der Referenz unterscheidet als das „Grundrauschen“, kann es sinnvoll für die Planung eingesetzt werden.

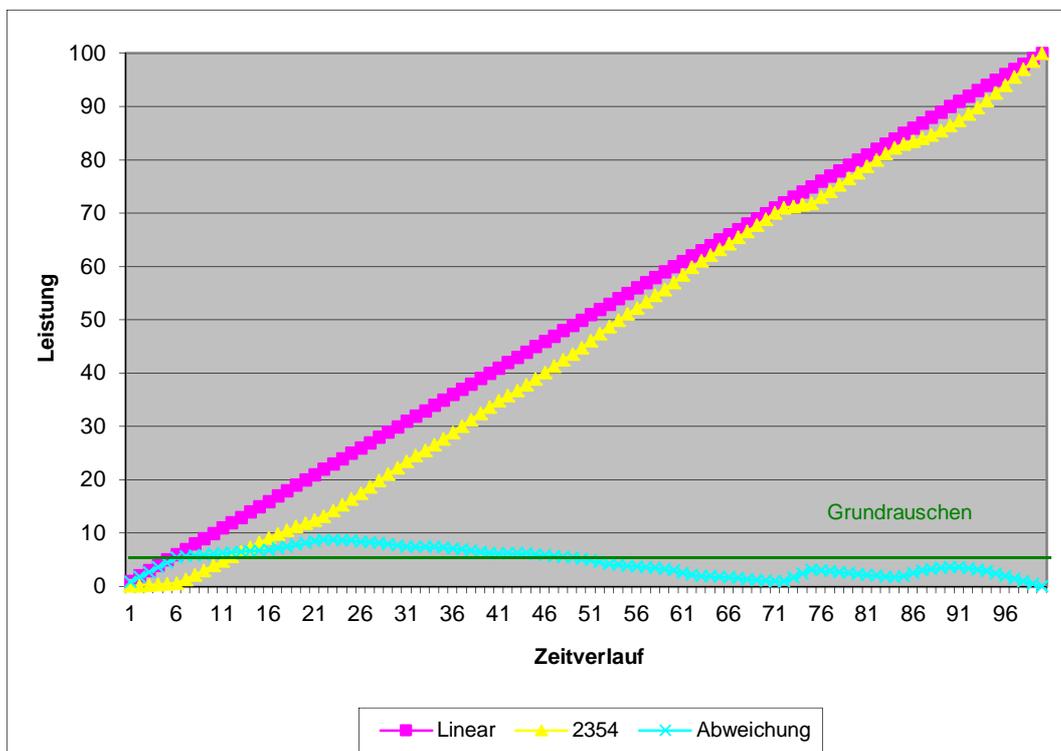


Abbildung 20: Unterschiede Referenzmuster und spezielles Muster

Im oben dargestellten Fall ist der Unterschied zwischen dem speziellen Muster und dem linearen Referenzmuster größer als das „Grundrauschen“ (hier mit 5% angenommen). In der ersten Hälfte der Zeit-Leistungskurve liegt die Abweichung über dem „Grundrauschen“. Wie in der *Tabelle 15: Vergleich Referenzmuster und spezielles Muster* zu sehen, liegt die Abweichung zwischen den beiden Mustern bei 8,9%.

Diese Methode wird später auch beim Vergleichen von Planungen zu den Ist-Daten verwendet werden. (Detaillierte Beschreibung im Abschnitt *10.7 Berechnung eines zentralen Wertes für die Abweichung Plan- und Ist-Daten*).

9.6. STATISTISCHE BESCHREIBUNG DER MUSTER

Im folgenden Abschnitt werden die stationären und nicht-stationären Muster in statistischer Hinsicht beschrieben. Ziel des Abschnitts ist es, die wesentlichen Eigenschaften der Daten darzustellen. Zusätzlich wird die Frage behandelt, ob Ausreißer der Attribute von Baustellen (Durchlaufzeit, Auftragsvolumen, Abstand zum Durchschnittsmuster) die Art der Muster wesentlich beeinflussen.

Die Daten für diese Arbeit kommen aus dem Zeitraum 2001-2008. Die Datenquelle ist die Lohnverrechnung, Stunden von Leasingarbeitern sind daher nicht enthalten. Die Interpretation der Daten wird anhand des Baustellen-Typs Hochbau Neubau dokumentiert. Bei den anderen Typen werden die Erkenntnisse unmittelbar in die Verwendung einfließen.

Die Baustellen wurden bereits abgeschlossen, die Hilfsstellen und Kleinbaustellen sind fortlaufende Kostenstellen.

Damit liegt folgende Datenmenge vor:

- Hochbau Neubau: 107 Baustellen
- Hochbau Umbau Aussen+Innen: 103 Baustellen
- Hochbau Umbau nur Innen: 69 Baustellen
- Tiefbau: 5 Baustellen
- Hilfsstellen: 7 Baustellen
- Kleinbaustellen: 12 Baustellen

Für den ersten Vergleich der Muster werden zwei Attribute herangezogen, das Volumen in Stunden und die Durchlaufzeit in Tagen. Bei stationären Mustern werden nur jene Tage gezählt, an denen Leistungen erbracht wurden (Tage mit ausschließlichem Schlechtwetter werden nicht berücksichtigt).

Bei nicht-stationären Mustern werden alle Arbeitstage laut Arbeitszeitkalender einbezogen, die im Zeitraum vom ersten und bis zum letzten Tag auf der Baustelle liegen. Da der Schwerpunkt der Untersuchung bei den Leistungsbaustellen liegt, die in einer größeren Anzahl vorliegen, werden nur Hochbau Neubau, Umbau Aussen+Innen und Umbau nur Innen berücksichtigt.

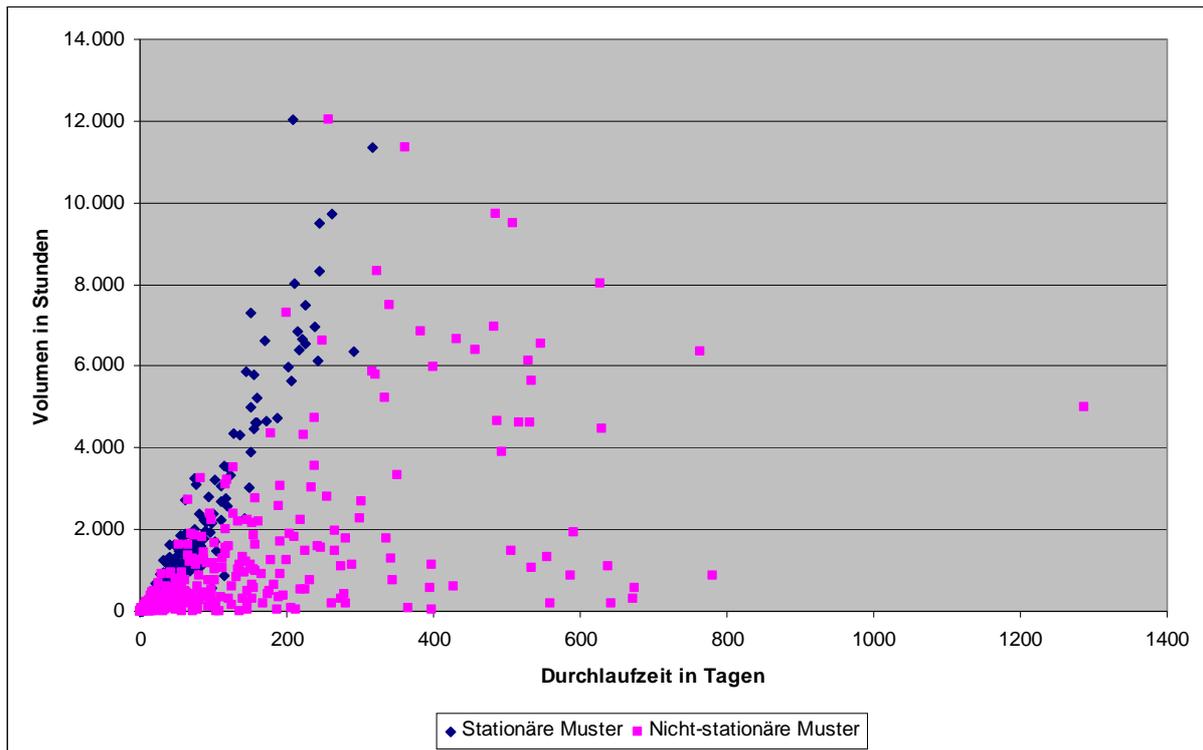


Abbildung 21: Durchlaufzeit von Leistungsbaustellen bei stationäre und nicht-stationäre Mustern

Wie dem Diagramm zu entnehmen ist, gibt es einerseits Ausreißer bei der Durchlaufzeit bei nicht-stationären Mustern, als auch eine Ballung bei Mustern mit sehr kurzer Durchlaufzeit und gleichzeitig niedrigem Volumen.

Jede Leistungsbaustellen befindet sich zweimal auf dem Diagramm: *Abbildung 21: Durchlaufzeit von Leistungsbaustellen bei stationäre und nicht-stationäre Mustern*. Einmal als stationäres, einmal als nicht-stationäres Muster. Da das Volumen gleich ist, erfolgt lediglich eine Verschiebung auf der x-Achse, die Position auf der y-Achse bleibt unverändert. Der Abstand der Durchlaufzeit zwischen stationären und nicht-stationären Mustern ist die Anzahl der Arbeitstage, an denen keine Leistungen auf der Baustelle erbracht wurden.

Die Unterschiede der Durchlaufzeiten der gleichen Baustelle bei der Betrachtung als stationäres bzw. als nicht-stationäres Muster sind mitunter beträchtlich. Der Abstand der Durchlaufzeiten ist der zentrale Unterschied zwischen stationären und nicht-stationären Mustern: Eine Baustelle, die hier keinen Unterschied aufweist, zeigt auch den gleichen Verlauf bei stationär und nicht-stationär.

Wenn man die Streuung der Muster bei stationären und nicht-stationären Mustern betrachtet, wird die Beobachtung aus dem obigen Diagramm mit Zahlen untermauert. Die Spreizung der Durchlaufzeiten ist bei den nicht-stationären Mustern deutlich größer.

	Durchlaufzeit stationäre Muster	Durchlaufzeit nicht-stationäre Muster	Differenz bei Durchlaufzeit	Volumen
Mittelwert	54,33	162,22	107,89	1.393,71
Minimum	1,00	1,00	0,00	1,00
Median	32,00	97,00	65,00	532,50
Maximum	317,00	1.288,00	971,00	12.047,50
Standardabweichung	60,75	179,69	118,93	2.054,13

Tabelle 16: Statistische Kennzahlen der Lage und Streuung

Durchlaufzeit und Volumen weisen eine statistische Korrelation auf: Stationäre Mustern zeigen $v = 0,95$, nicht-stationäre $v = 0,55$. Die Interpretation des Cramerschen Zusammenhangsmaßes besagt, dass ein starker statistischer Zusammenhang zwischen den beiden Werten besteht. Es dürfte keine große Überraschung sein, dass große Baustellen mehr Zeit in Anspruch nehmen. Die Abnahme von v bei nicht-stationären Mustern ist auf den Long tail zurückzuführen: Es werden häufig bei Baustellen längere Zeit nach der Hauptphase der Leistungen vereinzelt Stunden auf die Kostenstelle gebucht. Das können sowohl Abschlussarbeiten als auch zusätzliche Kleinaufträge sein. Diese Stunden führen zu einer wesentlichen Verlängerung der Durchlaufzeit, wengleich der Hauptteil der Arbeiten in einem begrenzten Zeitabschnitt erbracht wurde.

Die konkreten Inhalte der beiden Parameter Durchlaufzeit und Volumen werden bei der Mustererstellung in Prozentwerte umgewandelt und sind im Muster nicht mehr sichtbar. Die Frage ist also, ob die Verteilung der beiden Parameter Auswirkungen auf den Verlauf des Musters zeigt. Die Methode, um dieser Frage nachzugehen, ist die Darstellung eines Musters im drei-dimensionalen Raum:

- x-Achse: Durchlaufzeit
- y-Achse: Volumen
- z-Achse: Abstand vom Durchschnittsmuster

Der Abstand wird als Unterschied zwischen dem Durchschnittsmuster und einem Muster einer Baustelle als Prozentwert berechnet. Das Verfahren wurde im Abschnitt 9.5.1 *Methode zum Vergleichen der einzelnen Muster* dargestellt.

$$\left\| \begin{array}{l} \text{Durchlaufzeit} \quad - \text{Mittelwert Zeit} \\ \text{Volumen} \quad - \text{Mittelwert Volumen} \\ \text{Abstand zum Durchschnittsmuster}\% - 0\% \end{array} \right\| = \sqrt{(\text{Durchlaufzeit} - \text{Mittelwert Zeit})^2 + (\text{Volumen} - \text{Mittelwert})^2 + (\text{Abstand zum Durchschnittsmuster}\% - 0\%)^2}$$

Formel 1: Abstand zwischen einem konkreten Muster und dem Mittelwert

Pro Muster wird jetzt dieser Abstand zum Durchschnitt (mit den drei Parametern) berechnet. Als nächster Schritt werden mögliche Korrelationen zwischen den Parametern betrachtet:

Korrelation	stationäre Muster	Nicht-stationäre Muster
Muster-Abweichung - Durchlaufzeit	0,62	0,40
Muster-Abweichung - Volumen	0,73	0,74

Tabelle 17: Korrelationen zwischen Musterabweichung, Durchlaufzeit und Volumen

Eine starke, gleichsinnige statistische Korrelation zeigt sich zwischen der Muster-Abweichung den beiden anderen Parametern:

- Wenn die Durchlaufzeit steigt, steigt der Abstand zum Durchschnittsmuster
- Wenn das Volumen steigt, steigt der Abstand zum Durchschnittsmuster

Je größer eine Baustelle in Bezug auf Volumen und Durchlaufzeit ist, desto stärker weicht der Verlauf vom Durchschnittsmuster ab. Kleine Baustellen mit wenigen Datenpunkten sind den Effekten der Linearisierung viel stärker unterworfen als Baustellen mit vielen Datenpunkten.

Im nächsten Schritt werden die Musterverläufe betrachtet:

- Wie wirken sich Durchlaufzeit und Volumen auf die kumulierte Zeit-Leistungskurve aus?
- Ist ein Muster mit einer großen Abweichung vom Durchschnitt auch so zu erkennen?

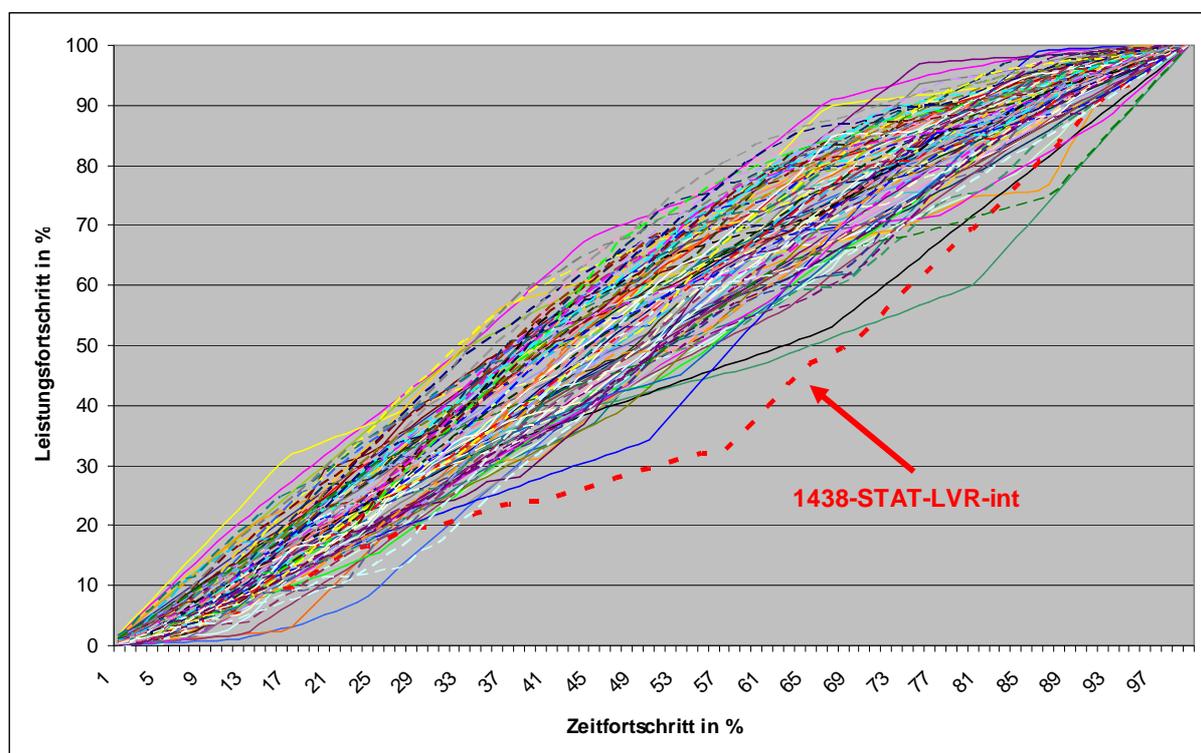


Abbildung 22: Stationäre Muster Hochbau Neubau

Die kumulativen Zeit-Leistungskurven der stationären Muster liegen relativ nahe beisammen. Einige stärker profilierte Muster sind zu erkennen, die überwiegende Menge der Muster geht in Richtung Linearität.

Das Muster 1438-STAT-LVR-int, das im Diagramm oben herausgehoben wurde, weist schon bei der optischen Inspektion ein deutliches Profil auf.

	Durchlaufzeit	Volumen	Abstand zum Durchschnittsmuster	Kombinierter Abstand
1438-STAT-LVR-int	42,00	591,50	26,68%	29,00
Mittelwert stationäre Muster	54,33	1.393,71	8,87%	34,36

Tabelle 18: Eigenschaften eines auffälligen stationären Musters

Der Abstand zum Durchschnittsmuster ist zwar deutlich ausgeprägt, aber es gibt noch weitere Muster, die hier Werte im Bereich zwischen 13% und 21% ausweisen. Der Abstand zum Durchschnittsmuster ist also ein Attribut eines „auffälligen“ Musters, aber noch kein hinreichender Grund für das optische Hervorstechen aus dem Diagramm.

Bei der Darstellung der nicht-stationären Muster zeigen sich deutlichere Unterschiede als bei den stationären Mustern: Hier sind natürlich auch die Pausen zwischen den Tagen der Leistungserbringung zu sehen:

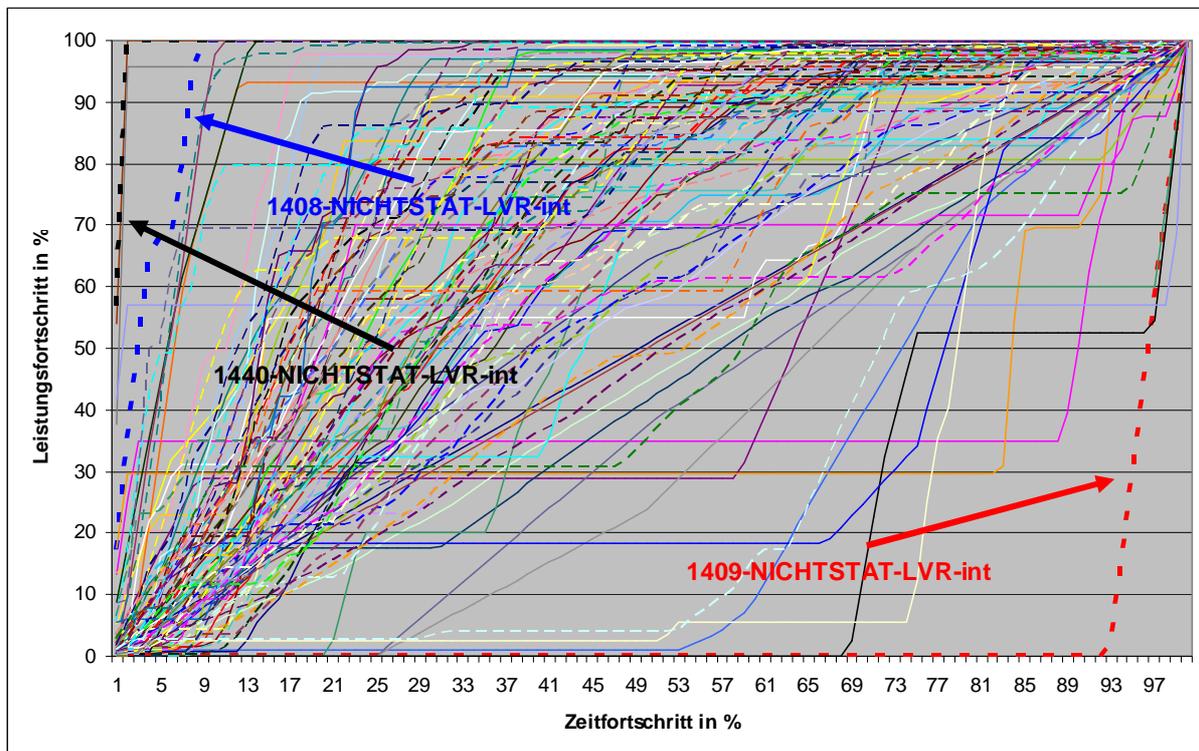


Abbildung 23: Nicht-stationäre Muster Hochbau Neubau

Das Feld bei den nicht-stationären Mustern ist deutlich weiter gestreut als bei den stationären, was durch die deutlich größere Standardabweichung (mehr als dreimal im Vergleich zu den stationären Mustern) dokumentiert wird.

Die auffälligen Muster (in der *Abbildung 23: Nicht-stationäre Muster Hochbau Neubau* oben hervorgehoben und beschriftet) zeigen folgende Eigenschaften:

	Durchlaufzeit	Volumen	Abstand zum Durchschnittsmuster	Kombinierter Abstand
1408-NICHTSTAT-LVR-int	48	25	44,06%	39,11
1409-NICHTSTAT-LVR-int	14	8	93,93%	40,34
1440-NICHTSTAT-LVR-int	57	1,50	48,21%	39,35
Mittelwert nicht-stationäre Muster	162,22	1.393,71	23,80%	36,00

Tabelle 19: Eigenschaften von auffälligen nicht-stationären Mustern

Auch hier gibt es weitere Muster, die bei Parameter Abstand zum Durchschnittsmuster hohe Werte aufweisen.

Jene Muster, die bei einer optischen Inspektion auffällig sind, weisen Merkmale auf, die sich wesentlich vom Durchschnitt abheben. Diese Unterschiede sind aber kein vollständiges Kriterium für die Qualifikation als „auffälliges Muster“.

Das folgende Diagramm zeigt den Verlauf des Musters 2338, das den größten Abstand zum Durchschnittsmuster aufweist:

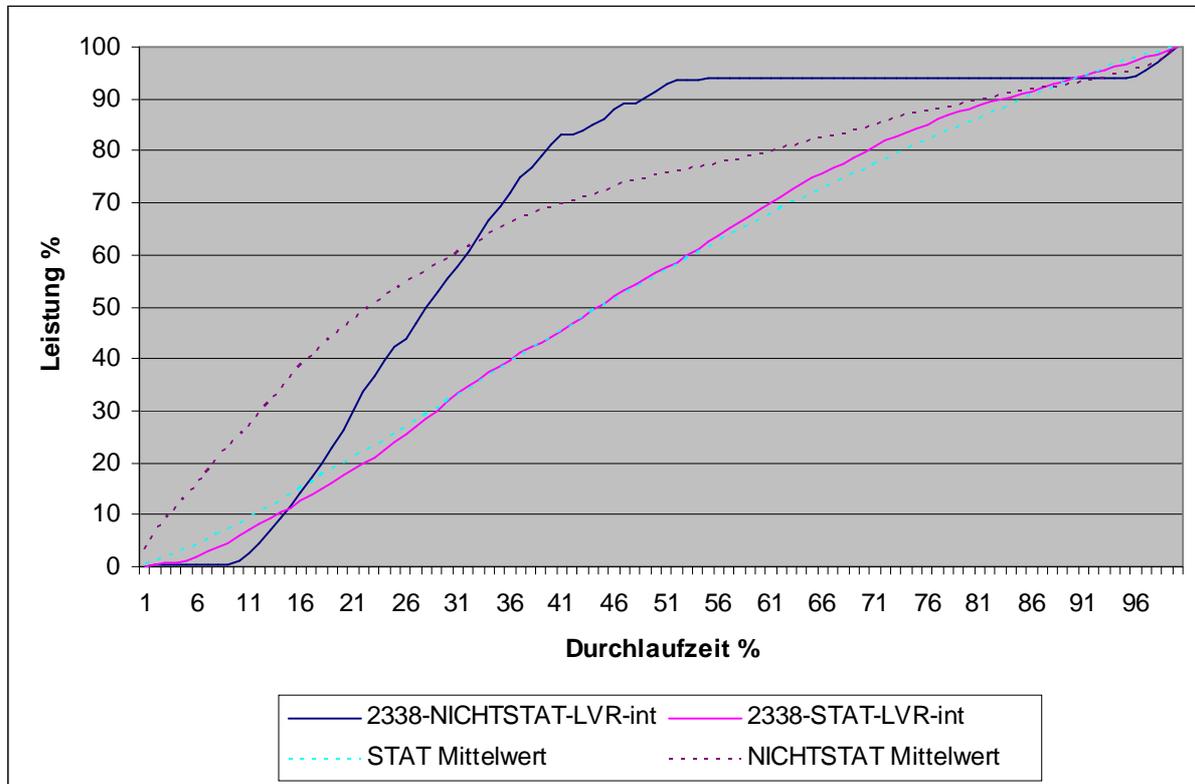


Abbildung 24: 2338, das Muster mit maximaler Abweichung vom Mittelwert

Das Muster zeigt durchaus einen eigentümlich Verlauf, der jedoch unauffälliger ist als jener der Extrembeispiele in den Diagrammen. (Siehe *Abbildung 22: Stationäre Muster Hochbau Neubau* und *Abbildung 23: Nicht-stationäre Muster Hochbau Neubau*)

Das Volumen des Musters 2338 liegt 21% über dem nächstgrößten Muster, zeigt aber vom Verlauf bei der optischen Inspektion keine Auffälligkeiten.

	Durchlaufzeit	Volumen	Abstand zum Durchschnittsmuster	Kombinierter Abstand
2338-STAT-LVR-int	244,00	9.516,05	2,96%	91,19
Mittelwert stationäre Muster	54,33	1.393,71	8,87%	34,36
2338-NICHTSTAT-LVR-int	508,00	9.516,05	15,55%	92,11
Mittelwert nicht-stationär Muster	162,22	1.393,71	23,80%	36,00

Tabelle 20: Eigenschaften des Musters 2338

Aus den bisherigen Beobachtungen können einige Folgerungen abgeleitet werden:

- Stationäre Muster haben eine geringer Streuung bei den drei Attributen (Volumen, Durchlaufzeit, Abstand zum Durchschnittsmuster) als nicht-stationäre Muster

- Die Eigenschaften von stark abweichenden Mustern weichen zwar vom Mittelwert ab, bilden aber noch keine ausreichende Qualifikation für die Auffälligkeit.
- Jene Muster, die nur über sehr wenige Datensätze verfügen, also eine kurze Durchlaufzeit und ein geringes Volumen ausweisen, nähern sich dem linearen Verlauf stark an.

Das vorliegende Datenmaterial erlaubt nicht die Folgerung eines direkten Zusammenhangs zwischen den drei Attributen der Muster und ihrer Verwendbarkeit. Auch die Kombination der drei Attribute lässt keinen Schluss auf Ausreißer zu, die eliminiert werden sollten.

10. PLANUNGEN UND PROGNOSEN

In diesem Abschnitt werden die unterschiedlichen Planungsmethoden beschrieben und miteinander verglichen. Diese Planungen werden für jede einzelne Baustelle durchgeführt. Die Zusammenfassung aller taktischen Planungen in den mittelfristigen, unternehmensweiten Rahmen erfolgt im Abschnitt *12 Integrierte, unternehmensweite Planung*.

Als Planungsmethoden werden automatische Planungen unter Verwendung von Mustern (manuell erstellte und historische Muster) und manuelle Planungen eingesetzt. Die Prognose aus der Earned-value-Analyse wird als weiterer Orientierungspunkt für das Baustellen-Controlling hinzugenommen. Hier wird die voraussichtliche Menge an Stunden auf Basis der bisherigen Performanz der Baustelle berechnet, die als Anhaltspunkt für die weitere Planung verwendet werden können.

Das Ziel dieses Abschnittes ist es, Methoden zum Vergleich von Planungen und der Auswahl der am besten geeigneten Planung zu definieren. Darüber hinaus wird die Durchführung des Planungsvorganges dokumentiert.

10.1. ZIELSETZUNGEN DER TAKTISCHEN PLANUNG FÜR EINE EINZELNE BAUSTELLE

Bei der isolierten Betrachtung und Planung einer einzelnen Baustelle sind folgende Aspekte von Bedeutung:

- Wie weit ist die Baustelle zum Betrachtungszeitpunkt fortgeschritten: In Bezug auf die Zeit- als auch die Leistungsdimension
- Wie weit ist die Leistung erbracht worden bzw. zu welchem Grad ist Baustelle fertig gestellt (aus Sicht des Bauleiters)?
- Wie viele Stunden wurden dafür aufgewendet?
- Gibt es Zusatzaufträge, die noch nicht in die Planung einbezogen wurden?
- Wurden interne Arbeiten an Subunternehmer vergeben oder ursprünglich als Subunternehmer geplante Aufträge wieder selbst ausgeführt?
- Wie viele Stunden über welchen Zeitraum sind noch geplant, um die Baustelle abzuschließen?
- Mit wie vielen Stunden kann aufgrund der bisherigen Performance der Baustelle gerechnet werden?

Um diese Fragen beantworten zu können, werden Daten aus verschiedenen Quellen kombiniert, automatische und/oder⁸⁷ manuelle Planungen durchgeführt und mit der Earned-value-Analyse untersucht.

Das Ergebnis der Planung muss mit dem zuständigen Bauleiter überprüft werden, um die Darstellung zu validieren. Dabei können auch Zusatzaufträge bzw. Vergaben an Subunternehmer in das Stunden-Volumen einberechnet werden. Diese Tätigkeit wird im Rahmen des Baustellen-Controllings durchgeführt. Auch hier ist wieder zu berücksichtigen, dass der Fokus ausschließlich auf die Arbeitsstunden gesetzt wird, alle anderen finanziellen Aspekte (z.B. Materialkosten) wurden ausgeschlossen.

⁸⁷ Die Software Indigo unterstützt die parallele Planung in mehreren Varianten. Im Echtbetrieb muss natürlich **eine** Planung ausgewählt werden. Nicht zuletzt aus dem einfachen Grund, dass jeder Mitarbeiter wissen muss, auf welche Baustelle er fahren soll.

10.1.1. LIEFEREINHEITEN

Bei der Planung wird mit zwei Einheiten gearbeitet:

- Mitarbeiter
- Stunden

Die „Liefereinheit“ für Stunden ist der Mitarbeiter. Aus den erforderlichen Stunden pro Woche wird die Anzahl der dazu notwendigen Mitarbeiter abgeleitet. In der Realität kann dann zwar die Planung in Bezug auf die Mitarbeiter vollständig umgesetzt werden, aber trotzdem eine wesentliche Abweichung bei den Soll- vs. Ist-Stunden aufscheinen. Die Gründe dafür sind vielfältig und liegen auch in der Art der Leistungserbringung:

- Schlechtwetter
- Arbeitsunfall
- Überstunden

Diese Einflussfaktoren verursachen Abweichungen zwischen Sollarbeitszeit/geplanten Stunden und tatsächlich geleisteten Stunden.

Die Definition des Mitarbeiters als „Liefereinheit“ für Stunden führt zum Nebeneffekt, dass je nach Muster an einem Tag bzw. in einer Woche mehr oder auch weniger Zeit vorgesehen ist als die Sollarbeitszeit eines Bauarbeiters vorsieht. In diesem Fall wird die Anzahl der Bauarbeiter gerundet.

Grundsätzlich wird der Mitarbeiter in ganzen Einheiten geplant, wobei auch noch die Granularität der Planung zu berücksichtigen ist. Wird auch Wochenbasis geplant, kann es zu stärkeren Rundungsdifferenzen kommen als bei Planung auf Tagesbasis.

10.1.2. GRANULARITÄT DER PLANUNG – RUNDUNGSEFFEKTE UND GRUNDRAUSCHEN

Die Software Indigo stellt drei Arten der Planungsgenauigkeit zur Verfügung:

- Rohplanung: Keine Rundung, es gibt auch Fraktionen von Mitarbeitern
- Tagesplanung: Rundung der Mitarbeiter pro Arbeitstag
- Wochenplanung: Rundung der Mitarbeiter über alle Arbeitstage einer Woche

Die Rohplanung ist als Werkzeug zur Validierung der Muster zu sehen. In der Praxis wird normalerweise ein Mitarbeiter auf eine Baustelle pro Tag geschickt. Der Ausnahmefall, dass ein Mitarbeiter an einem Tag auf mehreren Baustellen eingesetzt wird, bleibt unberücksichtigt.

Die Tagesplanung führt Rundungen durch: Wenn die automatisch geplante Anzahl der Mitarbeiter kein ganzzahliger Wert ist, wird kaufmännisch gerundet. Bei der Berechnung auf Tagesbasis wird die rechnerisch ermittelte Anzahl der Soll-Stunden durch die Sollarbeitszeit des jeweiligen Arbeitstages dividiert und das gerundete Ergebnis als geplante Anzahl der Bauarbeiter eingetragen. Der Einsatz der Tagesplanung wird in der Praxis eingeschränkt sein, da der Planungshorizont sehr eng gefasst ist und so zusätzlichen administrativen Aufwand verursacht.

Die automatische Wochenplanung arbeitet mit dem gleichen Prinzip wie die Tagesplanung, nimmt aber Rundungen bei der Anzahl der Mitarbeiter für eine ganze Woche vor. Die manuelle Planung auf Wochenbasis erlaubt die Eingabe von Fraktionen. Damit soll unterstützt werden, dass Mitarbeiter auch tageweise eingesetzt werden.

Bei den Verfahren Tages- und Wochenplanung kommt es zu Abweichungen von den automatisch berechneten Soll-Stunden. Da Bauarbeiter nur als ganze Personen auf der Baustelle erscheinen, ist diese Abweichung zu akzeptieren.

Bei der ex-post Anwendung eines Musters auf die eigene mustergebende Baustelle werden Rundungseffekte bestimmbar. Es ist mit einer Größenordnung zu rechnen, die als „Grundrauschen“ bei der Planung berücksichtigt werden muss. Das Grundrauschen wird als prozentueller Wert ermittelt, der als grundsätzliche Abweichung einzuberechnen ist.

Die Ermittlung dieses Wertes ist Gegenstand des Abschnittes *10.8 Berechnung des Grundrauschens*.

10.2. DER PLANUNGSZYKLUS

Sobald die Stammdaten der Baustellen vorliegen und Planungsmethoden (manuelle und/oder automatische mit Mustern) definiert wurden, kann die Planung der Ressourcen beginnen. Der Planungszyklus ist ein „Spielzug“ bzw. eine Runde im Rahmen der Planung.

In diesem Abschnitt werden der Vorgang der Planung, die dafür getroffenen Annahmen und deren Auswirkungen beschrieben.

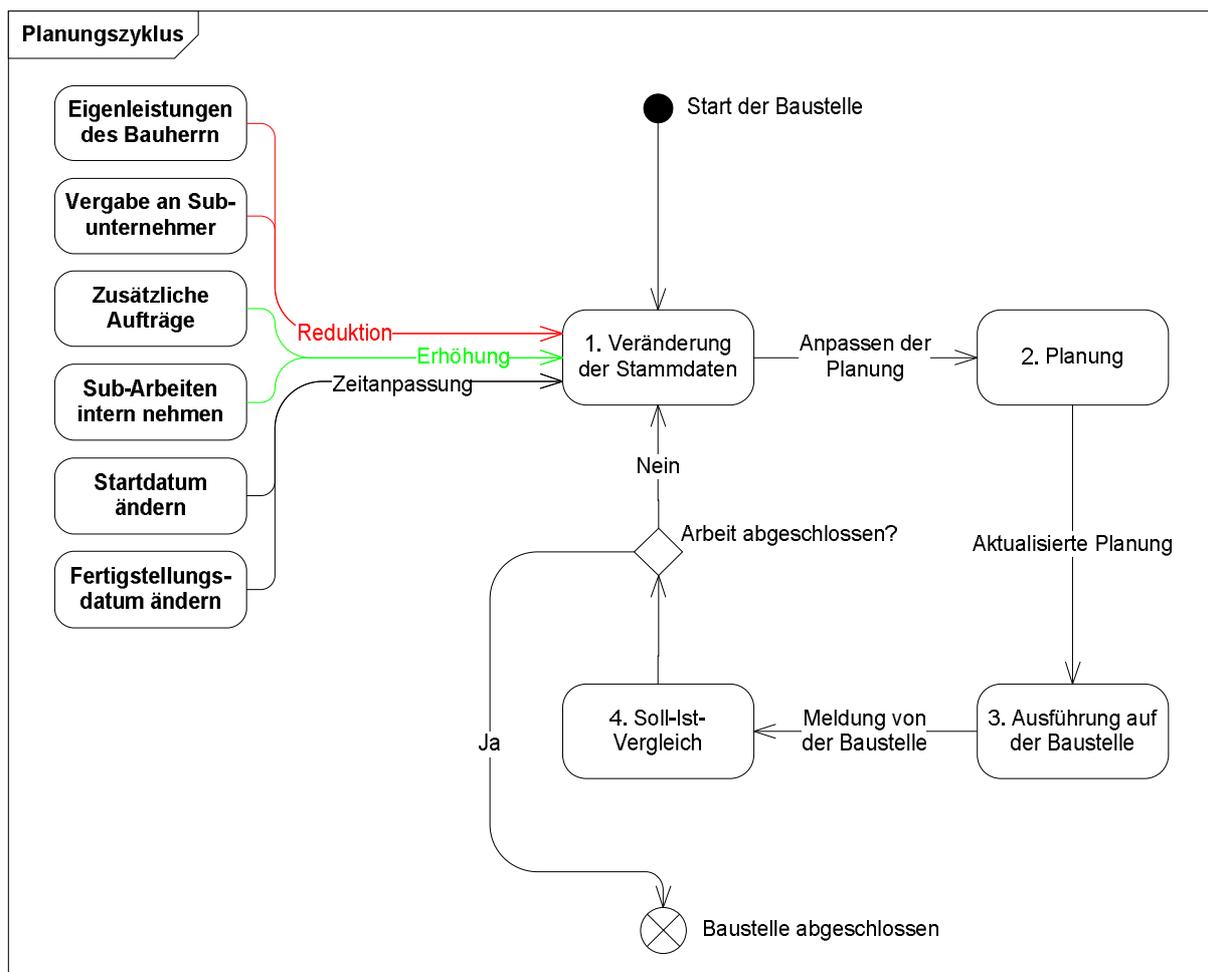


Abbildung 25: Planungszyklus

10.2.1. PHASE 1: VERÄNDERUNG DER STAMMDATEN BZW. PLANUNGSECKPUNKTE

Dies ist zugleich der Start- und Endpunkt einer Baustelle. Die zentralen Daten (Volumen, Startdatum, Enddatum, Status, Planungsmethoden und verwendete Muster) werden eingetragen oder verändert. Zur Nachvollziehbarkeit der Änderungen müssen diese Anpassungen vollständig dokumentiert werden.

Das kalkulierte Volumen kann aus mehreren Gründen angepasst werden:

- Es werden vom Bauherrn Eigenleistung erbracht
- Teile der Arbeit werden an Subunternehmer ausgelagert
- Extern vergebene Arbeiten werden intern ausgeführt
- Der Bauherr bestellt zusätzliche Leistungen, die im ursprünglichen Auftrag nicht enthalten waren
- Das Fortschreiten der Baustelle ist hier auch schon als Veränderung zu sehen, da sich das noch zu erbringende Stundenvolumen im Rahmen der Arbeitskalkulation verändert.

In Hinblick auf den Start- und Endtermin gibt es ähnliche Anpassungen, die Auswirkungen auf die Planung haben:

- Der Starttermin wird verlegt
- Der Endtermin wird verändert: Streckung oder Kürzung der Durchlaufzeit
- Die Baustelle läuft bereits und ein Teil der Durchlaufzeit wurde verbraucht

Aufbauend auf diesen zentralen Veränderungen (Zeit, Leistungen) werden vor Beginn der Planung die Bezugspunkte der Baustelle bestimmt:

- Planung vom Startdatum weg
- Vom letzten Tag der bisherigen Leistungserbringung (Datenquelle entweder Lohnverrechnung oder Poliertagesberichte) aus den nächsten Arbeitstag suchen
- Einen frei gewählten Termin für den Start der Planung setzen, wobei die bereits geleisteten Stunden bis zum Planungstermin berücksichtigt werden

In den beiden letzten Fällen werden die bisher erbrachten Leistungen aus der definierten Datenquelle ausgelesen. Das zu planende Volumen umfasst die kalkulierten Stunden plus/minus zusätzliche Aufträge und/oder Subunternehmer-Vergaben minus der bereits erbrachten Stunden.

Als nächsten Schritt wird festgestellt, wie viele Leistungen bereits erbracht wurden. Dabei sind drei Varianten möglich:

- Es wurden noch keine Leistungen erbracht. Leistungsstatus = 0%
- Es wurde bereits gearbeitet: Leistungsstatus > 0% und < 100%
- Die geleisteten Stunden liegen über dem geplanten Volumen: Leistungsstatus >= 100%

In den beiden ersten Fällen kann eine automatische Planung durchgeführt werden, im dritten jedoch nicht. Hier wird die Planung abgebrochen. Es muss entweder auf die manuelle Planung zurückgegriffen werden oder die Stammdaten der Baustelle (geplantes Volumen) angepasst und eine neue Planung gestartet werden.

Wenn die Planungsmethoden selbst angepasst werden, Muster hinzugefügt bzw. entfernt werden oder die Granularität der Planung verändert wird, wirken diese Anpassungen unmittelbar auf

die automatische Planung. Da die Planungen keinen Bezugspunkt auf alte Planungen aufweisen, entsteht sozusagen jeder Plan neu.⁸⁸

10.2.2. PHASE 2: PLANUNG ERSTELLEN

Mit den oben beschriebenen Daten wird eine Planung pro zugewiesene Planungsmethode erstellt. Eine Planungsmethode ist die Kombination aus einem Muster bzw. manuelle Planung und der Granularität (Roh-, Tages-, Wochenplanung) Dabei wird offene Anzahl der Stunden nach den Vorgaben des Musters über den Planungszeitraum verteilt.

Die Details zu den Planungen werden in den folgenden Abschnitten *10.3 Manuelle Planung* und *10.4 Automatische Planung* beschrieben.

Die Planung der gesamten Laufzeit der Baustelle setzt sich aus mehreren Teilplanungen zusammen. Hier ist lediglich zu beachten, dass die Planungsmethode konsistent bleiben muss.

Die Tabelle und das Diagramm verdeutlichen die Beziehung zwischen den Planungszyklen, der konsolidierten Planung und der tatsächlich erbrachten Leistung. Wesentlich ist hier, dass die folgenden Planungszyklen den Unterschied zwischen der vorhergehenden Planung und der tatsächlich erbrachten Leistung auszugleichen versuchen.

	KW 1	KW 2	KW 3	KW 4	KW 5	KW 6	KW 7	KW 8	KW 9	KW 10	KW 11	KW 12	Summe
Ist-Stunden	4	4	2	2	3	4	2	3	4	4	3	3	38
Planung 1	3	3	4	4	4	4	2	2	3	3	5	1	38
Planung 2	3	3	4	4	4	4	3	3	2	3	3	2	38
Planung 3	3	3	4	4	4	4	3	3	2	2	3	3	38
Konsolidierte Planung	3	3	4	4	4	4	3	3	2	2	3	3	38

"Eingefrorene"
Planung: Wird nicht
mehr verändert

"Heisse" Planung: Soll-Ist-
Vergleich noch offen.

Veraltete Planung:
Wurde durch den
nächsten
Planungszyklus
abgelöst und verbleibt
zur Dokumentation

Tabelle 21: Vergleich der Planungszyklen

⁸⁸ Die Planungen werden zwar historisiert und alle Versionen gespeichert. Für die Durchführung und Bewertung eines Plans ist jedoch immer die letztgültige Planung relevant.

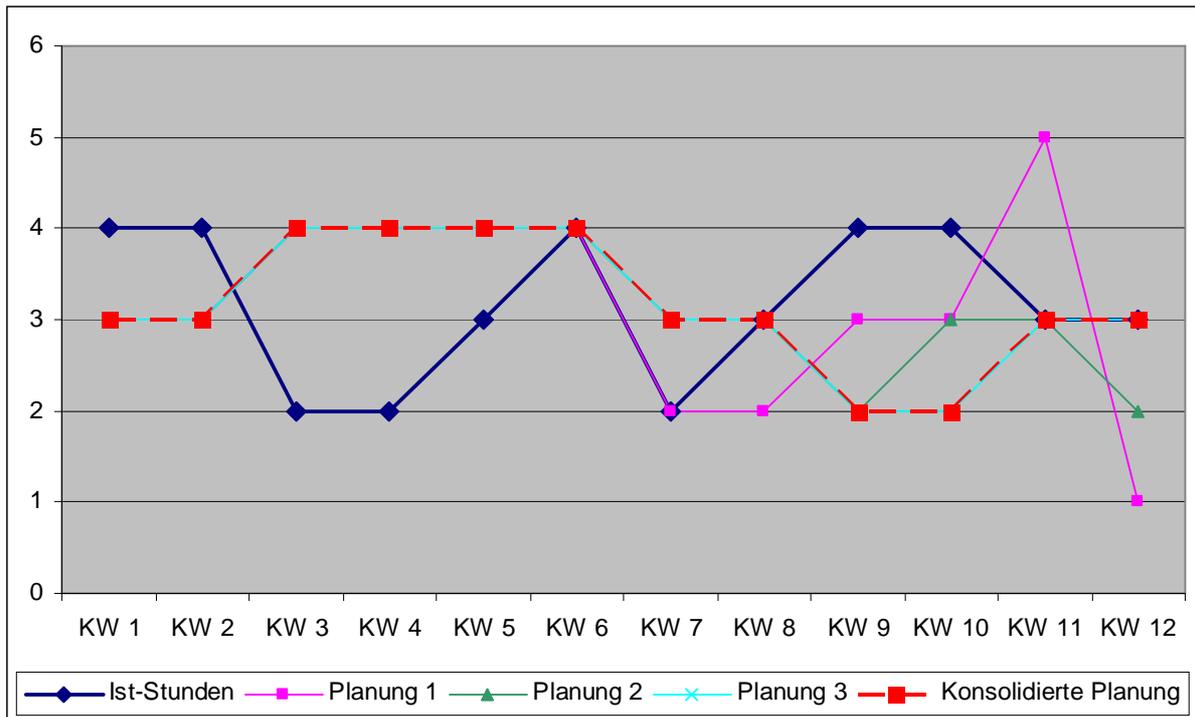


Abbildung 26: Verhältnis der Planungsläufe zur tatsächlichen Leistung

Wie die *Abbildung 26: Verhältnis der Planungsläufe zur tatsächlichen Leistung* zeigt, reagieren die Planungen auf die Abweichung von Plan- und Ist-Daten: Liegen die tatsächlich geleisteten Stunden unter den Planstunden, wird die nächste Planung höher angesetzt (Voraussetzung dafür ist, dass alle anderen Parameter wie Fertigstellungstermin und Volumen gleich bleiben). Die konsolidierte Planung wird aus den einzelnen Planungen zusammengesetzt. Beim Soll-Ist-Abgleich wird die bisher aktuelle Planung „eingefroren“ und nicht mehr verändert. Die neue Planung nimmt die Ist-Daten als Ausgangspunkt, mit der auf die Abweichungen der Vergangenheit reagiert wird.

Für die Beurteilung einer Planungsmethode für eine bestimmte Baustelle über die gesamte Laufzeit wird also die konsolidierte Planung herangezogen. Jene Methode mit der geringsten Abweichung gilt gemäß den oben definierten Kriterien als am besten angepasst.

10.2.3. PHASE 3: PLANUNG AUSFÜHREN

Die auf „abstrakte“ Mitarbeiter und Stunden konzentrierte Planung wird zuerst noch auf die konkreten Mitarbeiter umgelegt: Im Zug der taktischen Wochenplanung werden die Mitarbeiter den Baustellen zugewiesen.

Dann wird die Leistung auf der Baustelle erbracht. Die Stundenaufzeichnungen in den Poliertagesberichten bzw. der Lohnverrechnung liefern diese Daten an die Software Indigo zurück.

10.2.4. PHASE 4: SOLL-IST-VERGLEICH

Die Daten aus dem Poliertagesbericht werden eingetragen bzw. jene der Lohnverrechnung in Indigo importiert und ein Abgleich zwischen der geplanten und der tatsächlichen Leistung durchgeführt. Der zentrale Aspekt ist die Anzahl der geleisteten Stunden, die vom offenen Volumen abgezogen werden.

Damit geht der Planungszyklus in die nächste Runde, bis die Leistungen vollständig erbracht wurden bzw. die Baustelle abgeschlossen wird.

10.3. MANUELLE PLANUNG

Die manuell erstellte Planung erlaubt es, die Erfahrung und das Expertenwissen unmittelbar im Vergleich mit den anderen Methoden einzusetzen.

Die manuelle Planung erfolgt in Kalenderwochen, idealerweise von Beginn der Baustelle bis zum geplanten Abschlussdatum im Voraus. Der Bauleiter gibt die Anzahl der Bauarbeiter bekannt, die pro Kalenderwoche benötigt werden. Das Programm ermittelt anhand des Kalenders die Sollarbeitszeit und berechnet so die geplante Leistung. Die Bauarbeiter können auch in Fraktionen angegeben werden. So kann dargestellt werden, dass ein Mitarbeiter nur für einen Teil der Arbeitswoche auf der Baustelle geplant ist. Bei einer langen Woche (5 Arbeitstage) wird ein Tag als 0,2 Mitarbeiter gerechnet, bei einer kurzen Woche (4 Arbeitstage) als 0,25. Oder ganz allgemein formuliert:

$$\frac{\text{Tage des Mitarbeiters auf dieser Baustelle in dieser Woche}}{\text{Anzahl der Arbeitstage laut Arbeitskalender in dieser Woche}} = \text{Mitarbeiterfraktion}$$

Formel 2: Anteile der Mitarbeiter berechnen

Planung in Wochen ohne Sollarbeitszeit: Im Arbeitszeitkalender gibt es Wochen, die als Betriebsurlaub o.ä. definiert werden. In diesen Zeiten ist zwar keine Arbeit vorgesehen, ein dringendes Bauvorhaben kann jedoch auch in dieser Zeit Arbeiten erfordern. In dieser Situation ist im Kalender keine Sollarbeitszeit hinterlegt. Das System Indigo greift auf einen Standardwert zurück, der konfiguriert werden kann.

Umgang mit kurzen Wochen – freier Freitag: Die Anzahl der Mitarbeiter kann eingetragen werden, die geplante Leistung wird aus der Sollarbeitszeit berechnet. Die Einbeziehung eines „freien“ Freitags in einer kurzen Woche in die geplante Leistung ist bei der manuellen Planung im System Indigo nicht möglich.

10.4. AUTOMATISCHE PLANUNG

Bei der automatischen Planung führt die Software Indigo die Verteilung der offenen Stunden auf den verbleibenden Zeitraum anhand eines Musters durch.

Mit der Unterscheidung der Begriffe Verbrauch vs. Leistung ist bereits eine wesentliche Einschränkung der automatischen Planung angeführt worden: Die Software kann zwar die offenen Stunden verteilen, aber keine unmittelbare Aussage über die Leistungserbringung treffen. Das obliegt nach wie vor dem Projektplan und als lenkende Instanz dem Bauleiter. Eine unterstützende Funktion bildet die Earned-value-Analyse, mit der Verbrauch und Baufortschritt in Relation zueinander gesetzt werden. Details dazu im Abschnitt 10.5 *Prognosen aus der* .

10.4.1. DIE VERWENDUNG VON MUSTERN BEI DER AUTOMATISCHEN PLANUNG

Bei der Verwendung von Mustern zur automatischen Planung wird ein Verlauf für den Einsatz der noch offenen Stunden auf den noch verbleibenden Zeitraum vorgegeben. Das Muster stellt eine kumulierte Zeit-Leistungs-Kurve zur Verfügung, die dann die konkreten Stunden pro Zeiteinheit (in der Regel eine Kalenderwoche) berechnet.

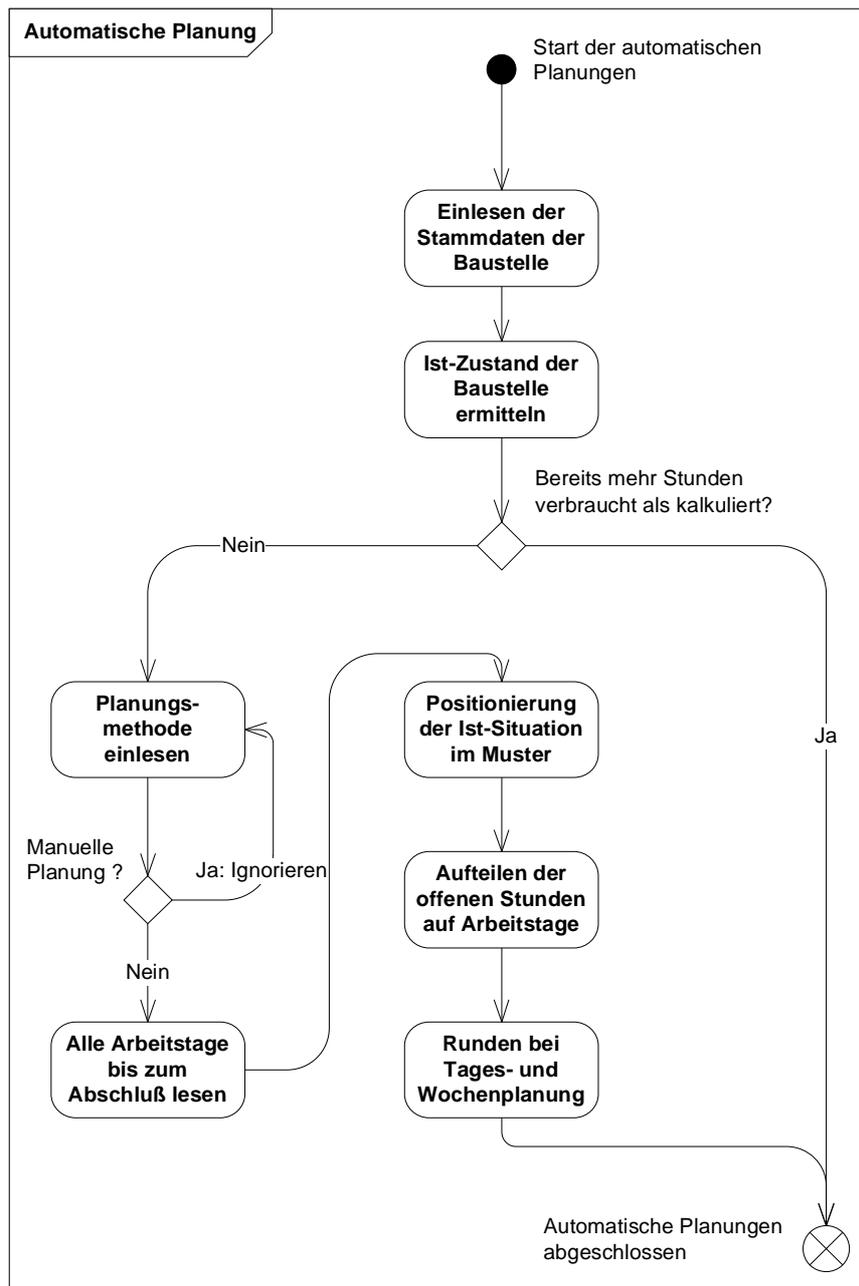


Abbildung 27: Ablauf der automatischen Planungen

Die notwendigen Parameter dafür sind:

- Name der Baustelle
- Startdatum der Planung:
 - Vom Beginn der Baustelle weg
 - Vom aktuellen Status (der nächste Arbeitstag, der den letzten Eintragungen in den Poliertagesberichten bzw. der Lohnverrechnung folgt)
 - Von einem frei wählbarem Datum innerhalb der geplanten Laufzeit der Baustelle
- Datenquelle für die Ermittlung der bereits erbrachten Stunden:
 - Poliertagesberichte
 - Lohnverrechnung

Jetzt wird der Status der Baustelle bestimmt:

- Wie viele Stunden wurden bereits verbraucht?

- Gibt es zusätzliche Aufträge?
- Wurden interne Stunden extern vergeben?

Das Ergebnis dieser Abfragen ist die Anzahl der offenen Stunden der Baustelle bis vor den Planungsstart.

Der Planungsstart ist jenes Datum, an dem die Planung beginnen soll:

- Es kann mit dem geplanten Beginndatum der Baustelle gestartet werden. In diesem Fall wurden aus Sicht der Planung noch keine Stunden verbraucht.
- Die Planung kann mit dem nächsten Tag fortsetzen, der auf den letzten aufgezeichneten Arbeitstag der Baustelle folgt. Die Daten dazu kommen aus den Poliertagesberichten oder der Lohnverrechnung. Die bereits eingesetzten Arbeitsstunden als auch die eventuelle Veränderungen der Arbeitskalkulation (Stunden hinzugefügt oder entfernt) werden einbezogen.
- Ein frei gewähltes Datum innerhalb der Laufzeit der Baustelle. Jene Arbeitsstunden und Veränderungen der Arbeitskalkulation, die bis vor das Datum durchgeführt wurden, müssen berücksichtigt werden. So wird der aktuelle Fortschritt der Baustelle korrekt abgebildet.

Im nächsten Schritt werden alle Planungsmethoden der Baustelle eingelesen. Ist eine manuelle Planung dabei, wird diese übersprungen. Die automatischen, mustergesteuerten Planungen lesen nun die weiteren Parameter ein:

- Name bzw. Identification (ID) des Musters
- Planungsgenauigkeit:
 - Rohplanung
 - Tagesplanung
 - Wochenplanung

Ausgehend von der Anzahl der verbrauchten Stunden, die prozentuell als Teil des Gesamtvolumens berechnet werden, findet die Positionierung im Muster statt. Es wird jene Stelle des Musters gesucht, die mit dem Verbrauch der Stunden übereinstimmt.

Beispiel: Es wurden 35% der kalkulierten Stunden verbraucht, das wird die Position auf 35% der Leistungskurve gewählt. Dann wird die dazugehörige Stelle auf der Zeitachse bestimmt.

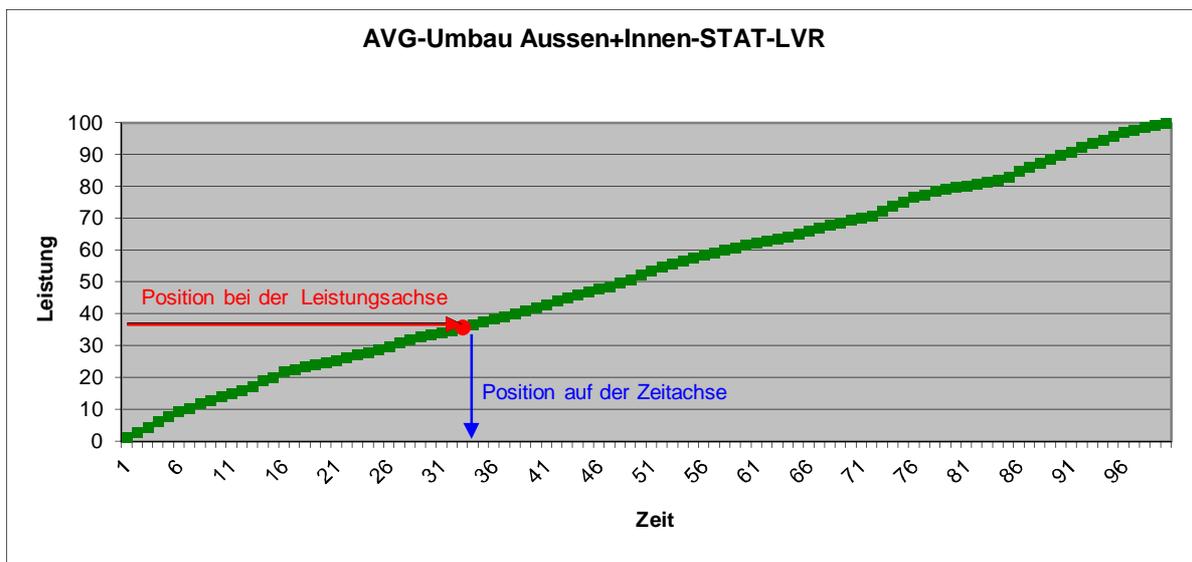


Abbildung 28: Positionierung der aktuellen Baustelle im Verlauf des Muster

Jetzt werden die Arbeitstage vom Planungsdatum ausgehend bis zum geplanten Abschluss der Baustelle aufgelistet. Diese Arbeitstage werden jetzt auf der Zeitachse aufgetragen.

Beispiel: Folgende Daten wurden zugrunde gelegt:

- Gesamtvolumen 1.700 Stunden
- Bisher verbraucht: 700 Stunden
- Position auf dem Leistungsfortschritt: 41%
- 36 Arbeitstage bis zum Abschluss der Baustelle vorhanden
- Noch 1.000 Stunden einsetzbar

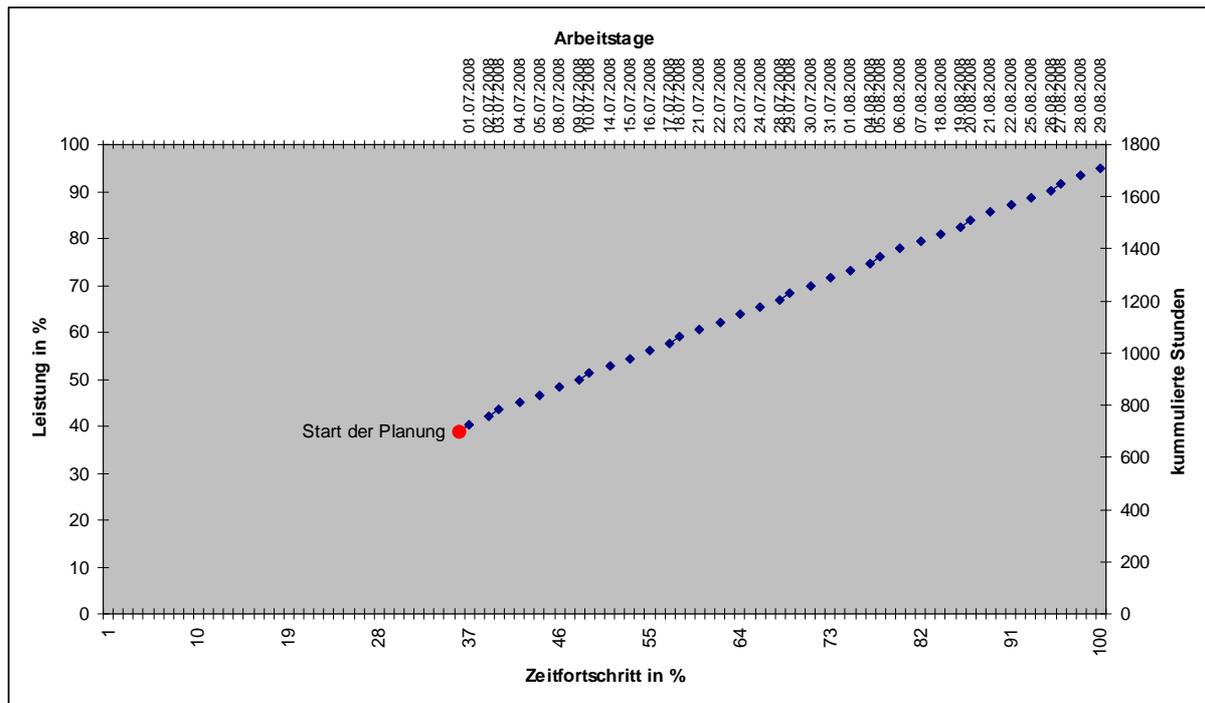


Abbildung 29: Übertragen der konkreten Arbeitstage und kumulierten Stunden auf das Muster

Im nächsten Schritt wird die kumulative Leistungskurve in Stunden zerlegt und durch die Sollarbeitszeit des jeweiligen Arbeitstages dividiert. Damit erhält man die Anzahl der Mitarbeiter, die notwendig sind, um die geplante Anzahl von Stunden zu leisten. Hier gibt es auch Fraktionen von Mitarbeitern, die abschließend unter Berücksichtigung der Planungsgenauigkeit (Roh-, Tages- oder Wochenplanung) gerundet werden.

Nach diesem Ablauf liegt eine neue, automatisch erstellte Planung vor. Die Umsetzung erfordert jetzt noch die Zuordnung der konkreten Mitarbeiter auf die Baustellen.

10.5. PROGNOSEN AUS DER EARNED-VALUE-ANALYSE

Die Prognose aus der Earned-value-Analyse bezieht sich auf die notwendigen Stunden zum Abschluss der Baustelle bei Beibehaltung der bisherigen Performance. Diese Aussage wird zu einem bestimmten Zeitpunkt getroffen.

Die einbezogenen Faktoren sind:

- Gesamtvolumen der Baustelle
- Bisher verbrauchte Stunden
- Bisher erreichte Leistung in Prozent

Wie im Abschnitt 8.6 *Earned-value-Analyse (EVA)/Earned-value-Management* beschrieben, wird mit den oben gelisteten Faktoren der voraussichtliche Gesamtbedarf an Stunden unter Beibehaltung der bisherigen Performance berechnet.

Die Faustregel zur Beurteilung der Baustelle aus Controlling-Sicht ist einfach: Wenn die bisherige Leistung (Fertigstellungsgrad in Prozent) mehr Stunden (ebenfalls in Prozent des Gesamtvolumens) erfordert hat, wird der Gesamtaufwand über dem geplanten Volumen liegen.

Beispiel: 50% der Leistung erbracht, jedoch bereits 70% der geplanten Stunden verbraucht. Eine solche Situation führt bei der Earned-value-Analyse zu einer Prognose des Stundenbedarfes, der über dem Auftragsvolumen der konkreten Baustelle zu liegen kommt.

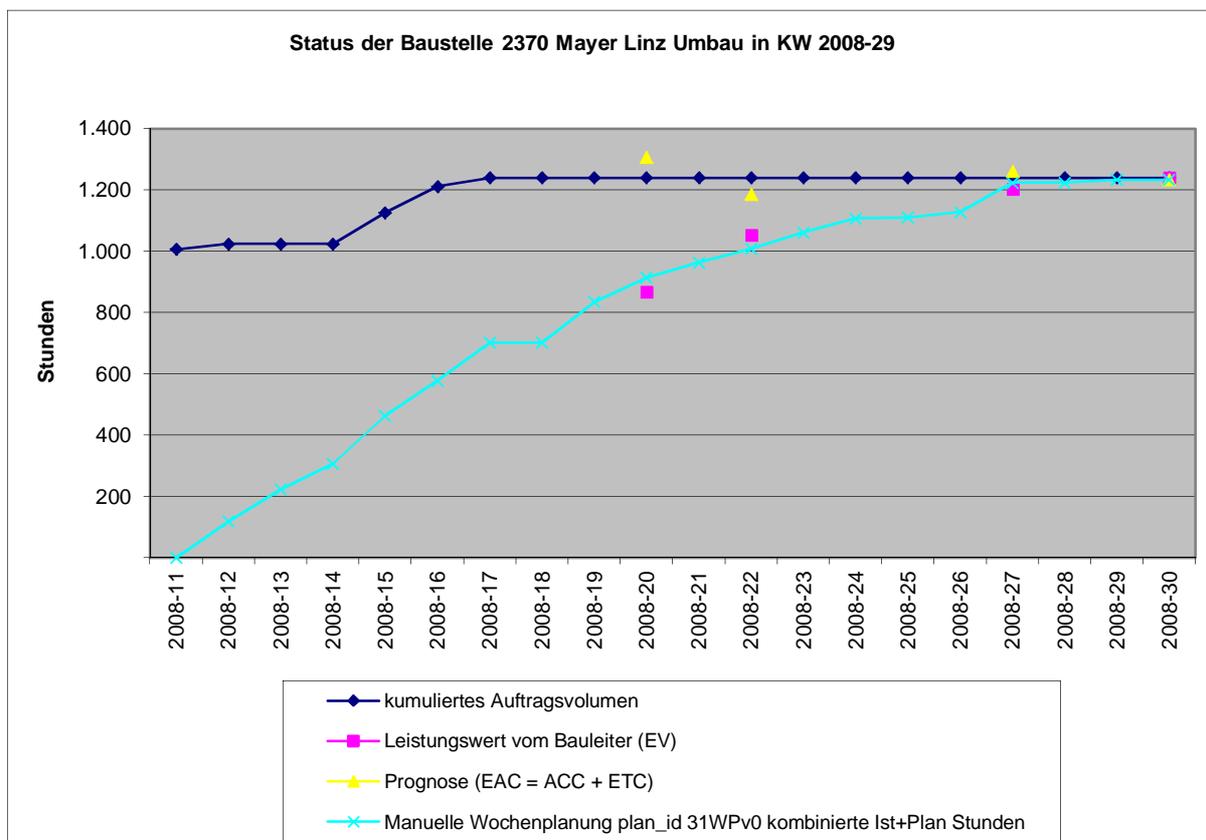


Abbildung 30: Prognose des Gesamtaufwandes mit Earned-value-Analyse

Im Diagramm zeigt die erste Prognose einen Verbrauch über dem geplanten Volumen, da der Leistungswert (= Baufortschritt in %) unter dem Wert der eingesetzten Stunden liegt. Bei den nächsten Schätzungen des Fertigstellungsgrades verbessert sich die Performance der Baustelle.

Das Ziel der Prognose der Earned-value-Analyse ist das Hinweisen auf potentielle Problemstellen, nicht jedoch das Eintreffen der Prognose. Die Information, dass bei gleich bleibender Performance mehr Stunden benötigt werden als geplant wurden, soll den Bauleiter veranlassen, korrigierende Maßnahmen zu setzen.

Weitere Faktoren aus der Earned-value-Analyse, wie die Zeit zum Abschluss der Baustelle, werden in dieser Arbeit nicht untersucht.

10.5.1. SCHÄTZUNG DES BAU-FORTSCHRITTES

Neben dem Volumen und den bereits verbrauchten Stunden ist der Fertigstellungsgrad der zentrale Parameter, der jedoch nicht aus Dokumenten oder Aufzeichnungen hervorgeht.

Dabei werden die Bauleiter angehalten, den Fertigstellungsgrad der Baustelle mit dem aktuellen Umfang zu schätzen. Dieser Prozentwert wird dann mit dem kalkulierten Stunden multipliziert und ergibt so den Leistungswert der Baustelle in Stunden. Liegt der Leistungswert über der Anzahl der eingesetzten Stunden erfolgt der Fortschritt auf der Baustelle rascher als vorgesehen. Im anderen Fall liegt die Performance unter dem Plan.

Die Schätzung des Fortschrittes bei Baustellen stößt in der Praxis jedoch auf Schwierigkeiten, da die Bauleiter nicht gewöhnt sind, Angaben dieser Art zu liefern. Darüber hinaus wird das gesamte Projekt als ein Arbeitspaket behandelt, was die unterschiedlichen Geschwindigkeiten der Bauphasen ignoriert. Bei der praktischen Beurteilung des Systems wird diese Frage neu aufgenommen werden.

10.6. ZUSAMMENFASSUNG DER PLANUNGSMETHODEN

In diesem Abschnitt wurden der Planungszyklus und die konkreten Schritte beim Einsatz der verschiedenen Planungsmethoden beschrieben. Damit soll die Nachvollziehbarkeit sichergestellt und das Ergebnis reproduzierbar werden.

Jede der vorgestellten Methoden hat neben den beschriebenen Leistungen auch kritische Aspekte, die beim praktischen Einsatz überprüft werden müssen, um die geeignetste Methode oder eine Mischung von Methoden auszuwählen.

Planungsmethode	Quelle	Vorteil	Kritischer Aspekt
Manuelle Planung	Bauleiter, Polier	Eingeführtes Verfahren	Sehr kurzer Planungshorizont
Linearer Fortschritt	Definition	Einfach	wenig realistisch
stationäres Muster - Schiebebrot ⁸⁹	abgeschlossene Baustellen	Ähnlichkeit der Baustellen wird genutzt	Produktionsbedingte Pausen werden nicht sichtbar
Nicht-stationäres Muster	abgeschlossene Baustellen	Schlechtwetter, Betriebsurlaub und andere Unterbrechungen werden ins Muster eingebaut	Produktionsbedingte und zufällige Unterbrechungen werden nicht unterschieden
Earned-value-Analyse	Berechnung aus Schätzung des Bauleiters und Daten	Frühwarnsystem für Baustellen-Controlling	Schätzung des Bau-Fortschrittes ist wenig geläufig

Tabelle 22: Zusammenfassung der Planungsmethoden

In weiterer Folge werden diese Planungsmethoden auf technischer Ebene validiert und dann mit abgeschlossenen Baustellen miteinander verglichen werden.

⁸⁹ Ein Schiebebrot ist eine Scheibe Brot, die nur zu einem Teil mit Wurst o.ä. belegt ist. Um den Eindruck eines durchgehend belegten Wurstbrottes hervorzurufen, wird die Wurst bei jedem Bissen ein Stückchen nach vorne geschoben und erst dann verzehrt, wenn Wurst und Brot gleich groß sind. (Der Begriff Schiebewurst wird in diesem Zusammenhang synonym verwendet.)

10.7. BERECHNUNG EINES ZENTRALEN WERTES FÜR DIE ABWEICHUNG PLAN- UND IST-DATEN

Um den Erfolg der Planungen messbar zu machen, wird folgende Methode eingesetzt: Die Ist-Daten (Mann und Stunden) werden als Bezugspunkt für alle Planungen herangezogen. Zuerst wird die absolute Abweichung zwischen Soll- und Ist-Daten berechnet. Hierbei werden

Um den Erfolg einer Planungsmethode bei mehreren Baustellen beurteilen zu können, brauchen wir einen Wert, der vom tatsächlichen Volumen und der Laufzeit der konkreten Baustelle unabhängig ist.

Dazu wird die Summe der absoluten Abweichungen pro Zeiteinheit summiert und in Relation zum Gesamtvolumen der Baustelle gestellt.

$$\text{Gesamtabweichung\%} = \frac{\sum_{i=1}^N (\text{Absolute Abweichung}_i)}{\text{Gesamtvolumen}}$$

Formel 3: Berechnung der Gesamtabweichung pro Planung

Diese Kennzahl für die Gesamtabweichung über die Laufzeit einer Baustelle wird herangezogen, um den Erfolg einer Planung zu beurteilen: Jene Planung mit der geringsten Gesamtabweichung liegt am nächsten zur tatsächlichen Entwicklung der Baustelle.

Um den Unterschied zwischen den kalkulierten Stunden (als Bezugspunkt der Planung) und den tatsächlich eingesetzten Stunden berücksichtigen zu können, kann diese Variante verwendet werden:

$$\text{Gesamtabweichung\%} = \frac{\sum_{i=1}^N (s_i) - \left(\left(\frac{\text{Summe der tatsächlichen Stunden}}{\text{kalkulierte Stunden}} \right) - 1 \right)}{\text{Gesamtvolumen}}$$

Formel 4: Gesamtabweichung pro Planung mit Delta kalkulierte Stunden – tatsächlicher Verbrauch

Durch das Abziehen des Unterschiedes zwischen kalkulierten Stunden und Ist-Stunden wird ein Vergleichen der Planungen zwischen den individuellen Unterschieden der Baustellen möglich.

Kalenderwoche (KW)	Summe	2007-26	2007-27	2007-28	2007-29
Stunden + Leistungen	5.067,53	5.024,53			6,00
kumuliertes Auftragsvolumen		5.024,53	5.024,53	5.024,53	5.030,53
Ist-Mann		1,00	1,00	2,75	3,40
Ist-Stunden	2.963,50	2,00	3,00	96,00	147,50
Linear Version 0 Mann			2,00	2,00	2,00
Linear Version 0 Stunden			85,00	85,00	85,00
Linear Version 0 kombinierte Ist+Plan Stunden	3.391,50	2,00	5,00	101,00	248,50
Linear Version 0 SME Mann	71,80	1,00	1,00	0,75	1,40
Linear Version 0 SME Stunden	67,48%	2,00	82,00	11,00	62,50
Manuell Version 0 Mann			0,00	0,00	3,80
Manuell Version 0 Stunden			0,00	0,00	161,50
Manuell Version 0 kombinierte Ist+Plan Stunden	2.963,50	2,00	5,00	101,00	248,50
Manuell Version 0 SME Mann	71,35	1,00	1,00	2,75	0,40
Manuell Version 0 SME Stunden	38,40%	2,00	3,00	96,00	14,00

Tabelle 23: Beispiel für die Gesamtabweichung von Planungen zu den Ist-Daten

In der Tabelle oben wird ein Ausschnitt⁹⁰ aus einer Planung gezeigt:

- Das Volumen der Baustelle beträgt 5.067,53 Stunden
- Die lineare Planung - Linear Version 0 – weicht bei den Stunden um 67,48% von den tatsächlich verbrauchten Stunden ab
- Die manuelle Planung - Manuell Version 0 – unterscheidet sich um 38,40% von den Ist-Stunden
- Die Abweichung von Plan zu Ist-Daten wird pro Kalenderwoche berechnet
- Die Kombination von Ist- und Plan-Stunden wird zum aktuellen Zeitpunkt eingesetzt: Da die Summe der bereits geleisteten Stunden der Bezugswert für die neue Planung ist, werden die Ist-Stunden der Vergangenheit und jene der neuen Planung zu einer hybriden Datenreihe verbunden.

Wie oben ausgeführt wurde ein zentraler Wert definiert, der die Abweichung zwischen Ist- und Plandaten pro Planung beschreibt. Ergänzend ist hier hinzuzufügen, dass die Abweichung durch die Art der Gruppierung bei der Planung beeinflusst wird. Je stärker die Gruppierung vorgenommen wird und so mehr Werte zu einem Mittelwert zusammenfasst, umso mehr wird die Planung von den Ist-Daten abweichen.

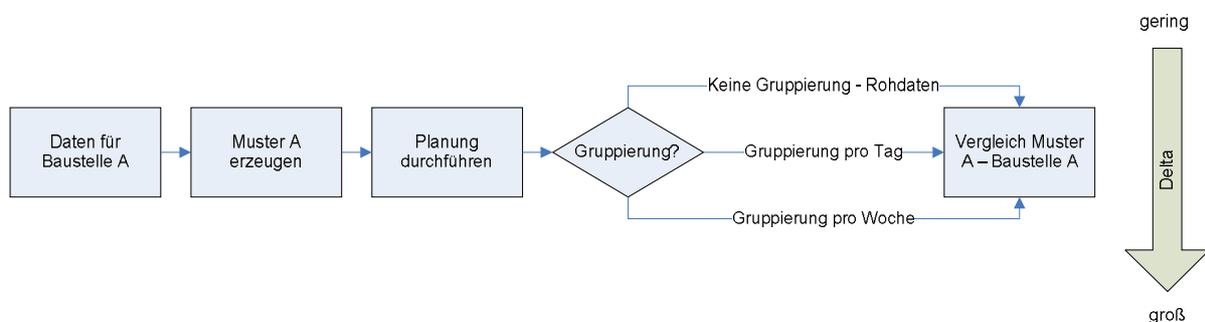


Abbildung 31: Auswirkung der Gruppierungsmethode auf das Delta zwischen Plan und Ist-Daten

⁹⁰ Die Daten werden aus Platzgründen nicht vollständig angezeigt. Daher beziehen sich die Summen auch auf Daten, die hier nicht sichtbar sind.

Durch den Vergleich von Mustern, die aus der vorliegenden Baustelle erzeugt wurden, mit dem Verlauf der Baustelle kann das „Grundrauschen“ pro Gruppierungsmethode berechnet werden. (Diese Vorgänge sind nur ex-post möglich, wenn die Baustelle bereits abgeschlossen wurde und ein Muster erzeugt werden kann.)

Für die Berechnung des „Grundrauschens“ wird im nächsten Abschnitt die Gruppierung auf Wochenbasis durchgeführt, da dies auch der reguläre Planungszeitraum für die manuelle Planung ist. So bleiben die Planungsmethoden vergleichbar.

10.8. BERECHNUNG DES GRUNDRAUSCHENS

Als Vorbereitung für die Feststellung des am besten angepassten Musters bzw. der Musterart wird in diesem Abschnitt die Ermittlung des „Grundrauschens“ beschrieben. Durch die zweifache Linearisierung – einmal bei der Erstellung des Musters, das zweite Mal beim Anwenden bzw. Runden auf die Wochenplanung – werden Abweichungen zwischen Plan und Ist erzeugt. Um die Brauchbarkeit einer Planungsmethode in diesem Zusammenhang beurteilen zu können, wird diese grundsätzliche Abweichung empirisch ermittelt und als Grundrauschen in die Betrachtung einbezogen.

Das Vorgehen sieht wie folgt aus:

1. Stationäre und nicht-stationäre Muster für die jeweilige Baustelle werden angelegt
2. Die muster-gebende Baustelle wird ex-post mit diesen und den Durchschnittsmustern, sowie dem linearen Verlauf geplant
3. Der Abstand der Planung zu den Ist-Daten wird bei der Anzahl der Mitarbeiter als auch bei den Stunden pro Planungsmethode ermittelt
4. Diese Daten werden statistisch ausgewertet

Dieser Ablauf wird für die bereits abgeschlossenen Baustellen pro Typ durchgeführt. Die Baustellen müssen ex-post für die Planung vorbereitet werden:

- Als Datenquelle wird die Lohnverrechnung verwendet
- Das Start- und Abschlussdatum wird mit den tatsächlichen Werten aus der Lohnverrechnung abgestimmt
- Das Volumen wird als Summe der Leistungsstunden (also ohne Schlechtwetter etc.) eingesetzt

Dann kann die automatische Planung durchgeführt werden, um die Referenzdaten zu erzeugen. Die Ermittlung des Grundrauschens ist bis zu einem gewissen Grad ein Vorgriff auf die beiden Testläufe (Siehe Abschnitte *11.3 Ergebnisse des 1. Testlaufs* und *11.4 Ergebnisse des 2. Testlaufs*), da einige Daten dort ermittelt und dokumentiert werden. Unterschiede zwischen dem 1. und 2. Testlauf, die das Grundrauschen betreffen, werden in diesem Abschnitt im Text ausgeführt.

Dabei ist zu erwarten, dass das nicht-stationäre Muster die beste Anpassung an den Verlauf der Baustelle hat. Das nicht-stationäre Muster ist sozusagen der Abdruck der Zeit-Leistungskurve der Baustelle, die bei ex-post Planung die geringste Abweichung bei den Stunden zeigt.

Bei der Anzahl der Mitarbeiter sind Unterschiede wahrscheinlich, da bei der Planung die Stunden durch die Sollarbeitszeit dividiert werden. Aufgrund von Schlechtwetter, Überstunden und anderen Abweichungen von der Sollarbeitszeit unterscheidet sich die Anzahl der Mitarbeiter zwischen Plan- und Ist-Daten auch bei der ex-post Anwendung des nicht-stationären Musters.

Die Daten im folgenden Diagramm stammen aus dem 1. Testlauf. Geplante Arbeitsunterbrechungen wurden bei der automatischen Planung nicht berücksichtigt.

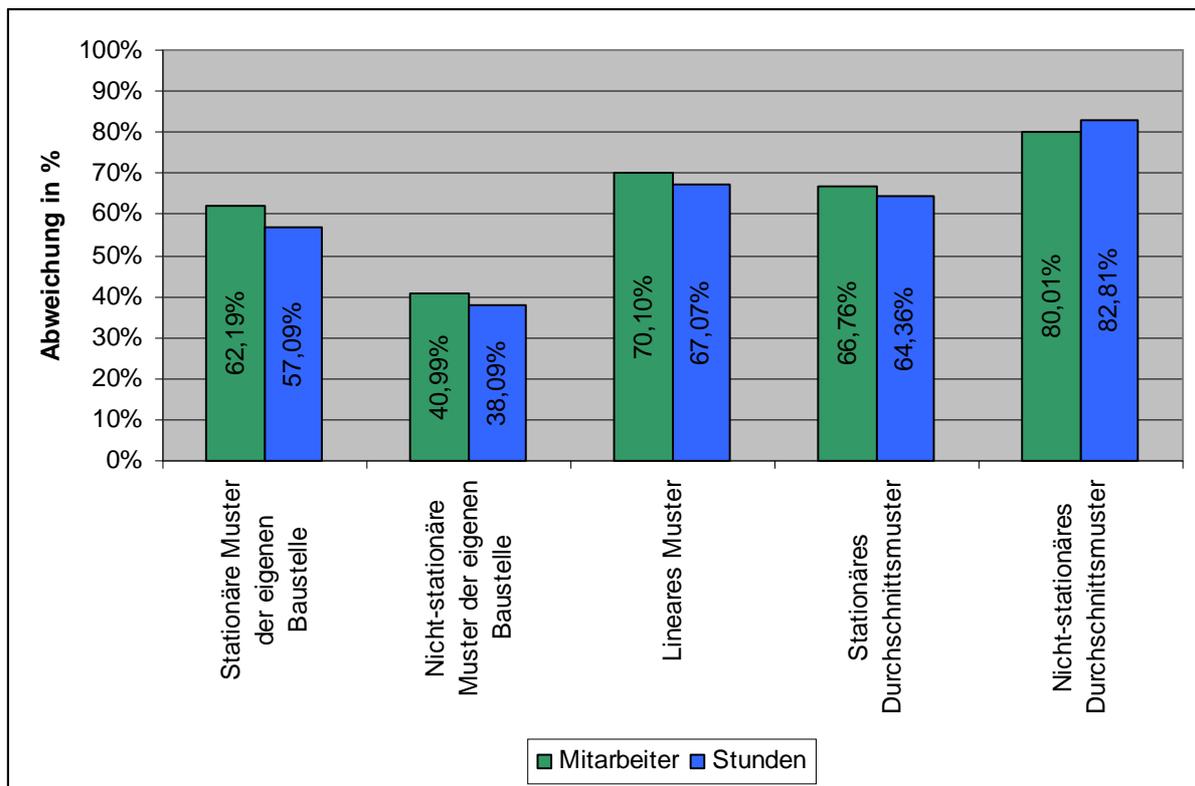


Abbildung 32: Abweichungen in % bei der Anzahl der Mitarbeiter und Stunden

Das nicht-stationäre Muster zeigt wie erwartet die beste Anpassung an den tatsächlichen Verlauf, da es alle Arbeitsunterbrechungen einbezieht.

Im 2. Testlauf verändert sich das Bild: das stationäre Muster verbessert sich, während das nicht-stationäre Muster deutlich schlechtere Werte zeigt.

	Stationäre Muster		Nicht-stationäre Muster	
	Mitarbeiter	Stunden	Mitarbeiter	Stunden
1. Testlauf	62,19%	57,09%	40,99%	38,09%
2. Testlauf	41,42%	37,76%	85,51%	100,88%

Tabelle 24: Veränderung des Grundrauschens vom 1. zum 2. Testlauf

Die nicht-stationären Muster enthalten bereits die Arbeitsunterbrechungen (unabhängig, ob die Unterbrechungen geplant oder ungeplant erfolgten) in der Zeit-Leistungskurve. Daher sind sie der eigenen, mustergebenden Baustelle am besten angepasst. Im 2. Testlauf werden die geplanten Bauunterbrechungen einbezogen. Es werden nur die geplanten Unterbrechungen auf Wochenbasis erfasst: Jene Wochen, die keine manuelle Planung aufweisen, werden auch bei der automatischen Planung als Arbeitsunterbrechung vorgesehen. Zusätzlich ist zu berücksichtigen, dass das nicht-stationäre Muster Unterbrechungen pro Tag berücksichtigt. Im 2. Testlauf werden nur die geplanten Unterbrechungen als ganze Woche einbezogen.

Die entscheidende Frage ist nun jene nach der Bedeutung des „Grundrauschens“:

- Bei der Erstellung der Muster und ihrer Anwendung auf Wochenbasis entstehen Vergrößerungen durch die wiederholte Bildung des Mittelwertes

- Dieser Abstand wird quantifiziert und als grundlegender Fehlerterm bei der Interpretation der automatischen Planungen berücksichtigt
- Nicht-lineare Muster bewähren sich bei der ex-post Anwendung am besten – das ist aber keine mögliche Verwendung in der Praxis

Im nächsten Abschnitt werden Planungsmethoden miteinander verglichen und die am besten angepassten Methoden in einer praxisnahen Anwendung gesucht. Das Ergebnis dieser Untersuchung wird dann wieder auf das „Grundrauschen“ zurückkommen, um diesen Fehlerterm zu interpretieren.

11. DIE MESSUNG VON PLAN- UND IST-LEISTUNG

In diesem Abschnitt werden die Baustellen ex-post der automatischen Planung unterzogen und die Ergebnisse miteinander verglichen. Als Ergebnis wird eine statistische Beschreibung vorliegen, die Auskunft über die „Fitness“ der unterschiedlichen Planungsmethoden gibt.

Auf diesen Ergebnissen aufbauend kann die Verwendbarkeit der automatischen Planung beurteilt werden.

Mit diesen Testläufen soll die Hypothese überprüft werden, ob die automatische Planung mit Mustern aus abgeschlossenen Baustellen eine höhere Planungsgenauigkeit erzielt als ein lineares Muster.

11.1. SETUP FÜR DEN FITNESS-TEST

Um die Ergebnisse beurteilen zu können, ist die Beschreibung des konkreten Umfeldes notwendig.

Die Untersuchungen beschäftigen sich mit Baustellen die im Zeitraum 2001-2008 abgeschlossen wurden. Die Darstellung erfolgt nach dem Typ der Baustelle, wobei drei Arten berücksichtigt werden:

- 107 Baustellen Hochbau Neubau
- 103 Baustellen Hochbau Umbau Aussen+Innen
- 69 Baustellen Hochbau Umbau nur Innen

Die anderen Typen wie Tiefbau oder Hilfsstellen werden aufgrund der geringen Anzahl von Baustellen im Beobachtungszeitraum ausgeschlossen.

Als Ergebnis von Testläufen wird eine weitere Reduktion der Grundgesamtheit vorgenommen:

- Baustellen mit weniger als 100 Stunden Gesamtvolumen können nicht sinnvoll automatisch geplant werden
- Baustellen, für die keine manuellen Planungen vorliegen: Hier fehlt der Vergleich mit der manuellen Planung
- Bei manchen Baustellen wurde die Arbeitseinteilung vermischt: Es ist nicht mehr feststellbar, wie viele Mitarbeiter auf welche Baustelle gehören. Auch diese Baustellen wurden aus der Datenmenge entfernt.

Damit reduzieren sich die Daten auf folgende Größen:

- Hochbau Neubau: 44 Baustellen
- Umbau Aussen+Innen: 36 Baustellen
- Umbau nur Innen: 13 Baustellen

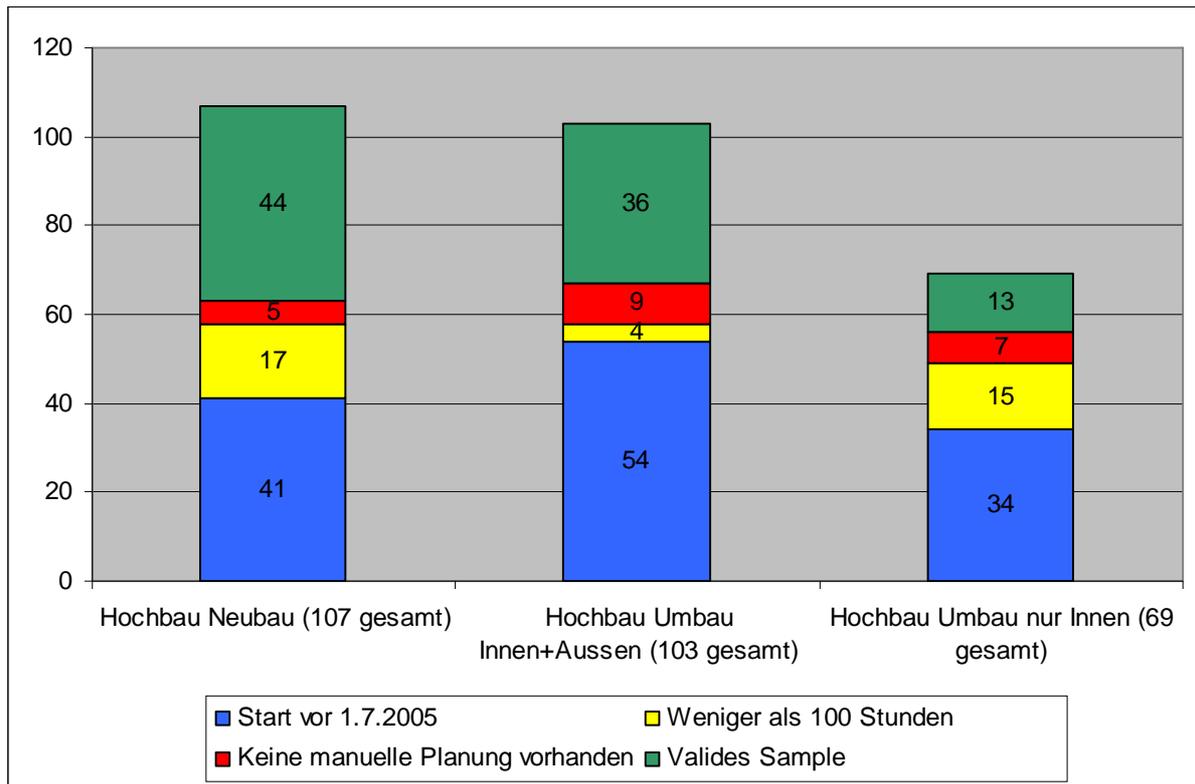


Abbildung 33: Reduktion des Daten für den ersten Testlauf

Für den Test liegen folgende Fälle vor:

- Musterarten bzw. Planungsmethoden:
 - Linear
 - Mittelwert-Muster über die gesamte Gruppe (Hochbau Neubau etc.) stationär
 - Mittelwert-Muster über die gesamte Gruppe nicht-stationär
 - Manuell
- Genauigkeit:
 - Wochenplanung: Die Planung und der Soll-Ist-Abgleich werden pro Kalenderwoche durchgeführt. Die Validierung auf täglicher Basis würde sehr große Schwankungen durch exogene Faktoren (z.B.: Schlechtwetter) aufweisen. Die Planung pro Kalenderwoche entspricht auch der Praxis im Unternehmen.
- Modus:
 - Wochenweise: Die Planung wird pro Kalenderwoche neu gestartet und die Resultate der bisherigen Arbeit (die bereits geleisteten Stunden) einbezogen. Der gesamte Planungszyklus (siehe Abschnitt 10.2 *Der Planungszyklus*) wird im Rahmen des Tests durchgeführt.

Diese vier Planungsmethoden werden für alle Baustellen der Datenmenge durchgeführt. Im Anschluss werden die Ergebnisse statistisch aufbereitet, um konkrete Schlüsse über die Verwendbarkeit der Planungsmethoden ziehen zu können.

Warum wurden diese vier Musterarten bzw. Planungsmethoden ausgewählt? Im Abschnitt 9.3 *Arten von Mustern* werden noch andere Typen vorgestellt.

- Muster aus Rohdaten: Können aufgrund der unterschiedlichen Länge nicht verglichen werden. Diese Muster wurden zur Überprüfung des Programms Indigo verwendet.

- Stationäre und nicht-stationäre, linearisierte Muster sind erst nach dem Abschluss der Baustelle für die jeweilige Baustelle verfügbar. So wird das sicherlich am besten angepasste Muster zu einer *conditio-sine-qua-non*: Die automatische Planung soll eine verwendbare Prognose für die Zukunft geben und nicht *ex-post* den bereits bekannten Verlauf einer abgeschlossenen Baustelle nachzeichnen.

11.1.1. VORBEREITUNGEN IM DETAIL

Für den Fitness Test sind einige Vorbereitungen notwendig, die zur korrekten Interpretation der Ergebnisse hier dokumentiert werden.

Es werden zuerst die Muster für die Baustellen angelegt und die Durchschnitte für stationäre und nicht-stationäre Muster berechnet.

Ex-post Bestimmung der Eckdaten für die Baustellen:

1. Startdatum: erster Arbeitstag laut Aufzeichnungen
2. Fertigstellungsdatum: letzter Arbeitstag laut Aufzeichnungen (Um das Long tail Problem etwas zu entschärfen, wird das Fertigstellungsdatum gesetzt, sobald 99% der Stunden erbracht wurden.)
3. Kalkulierte Stunden: Summe der Leistungsstunden laut Aufzeichnungen
4. Die Datenquelle für den Vergleich Soll-Ist-Daten ist die Lohnverrechnung
5. Überprüfung, ob an nicht verplanbaren Tagen (z.B. Freitag in kurzen Arbeitswochen, Samstag) gearbeitet wurde: Diese Information dient dazu, Abweichungen zwischen Plan-Ist-Stunden zu erklären
6. Jene Kostenstellen aus der Datenmenge entfernen, die zwar im System angelegt sind, aber keine Daten in der Lohnverrechnung enthalten
7. Da das geplante Volumen *ex-post* berechnet wurde, sind Veränderungen während der Laufzeit entfernt worden und bereits in der Anzahl der geplanten Stunden enthalten.

Damit werden die geplanten Werte für Termine und kalkulierten Stunden im Nachhinein den tatsächlich dokumentierten Daten aus der Lohnverrechnung angepasst. Dieses Vorgehen ist notwendig, um für die gesamte Datenmenge im Test vergleichbare Startbedingungen zu schaffen.

In der Praxis hat die automatische Planung auch mit Veränderungen der Termine und der kalkulierten Stunden umzugehen. Diese Faktoren bewirken natürlich auch, dass der Abstand zwischen den Plan- und Ist-Daten größer wird.

11.1.2. HERKUNFT UND BERECHNUNG DER IST-DATEN

Die Ist-Daten werden in den Testläufen aus der Lohnverrechnung entnommen. Es kommen nur Leistungsstunden in den Bericht. Andere Stunden wie etwa Schlechtwetter, Krankenstand etc. werden nicht berücksichtigt.

Die Anzahl der Mitarbeiter pro Woche wird nach folgendem Schema berechnet:

- Die Anzahl der regulären Arbeitstage wird durch die Anzahl der Mitarbeiter pro Arbeitstag gezählt dividiert.
- Wenn an einem regulären Arbeitstag keine Leistungen auf der Baustelle erbracht wurde, fällt dieser Arbeitstag aus der Summe der Teiler ebenfalls heraus
- Wird in einer nicht-regulären Woche gearbeitet (z.B. Betriebsurlaub), so werden vier Arbeitstage als Teiler angenommen.

11.1.3. DURCHFÜHRUNG DER AUTOMATISCHEN PLANUNGEN

Das Programm Indigo wurde so vorbereitet, dass alle ausgewählten Baustellen automatisch einige Schritte durchlaufen:

1. Ergänzen der Daten (wie weiter oben beschrieben)
2. Durchlaufen der automatischen Planung im Wochenrhythmus: Es wird eine Woche geplant, dann der Abgleich Soll-Ist durchgeführt und mit den neuen Bezugsdaten die folgende Woche geplant. Dieses Verfahren wird pro Planungsmethode vom Anfang bis zum Abschluss jeder Baustelle durchgeführt
3. Das Erfassen von manuellen Planungsdaten wird parallel dazu abgewickelt
4. Die zentralen Werte für die Abweichung bei Mitarbeitern und Stunden werden in eine Log-Datei übertragen und dann in Microsoft (MS) Excel weiter bearbeitet

11.2. KRITERIEN FÜR DIE FITNESS EINER PLANUNGSMETHODE

Im Grund ist die Frage nach der Fitness einfach: Es werden vier verschiedene Planungsmethoden pro Baustelle angewendet. Jede Methode zeigt durch je einen Wert für Mitarbeiter und Stunden den Unterschied von Plan- und Ist-Daten. Die Planungsmethode mit der geringsten Abweichung ist am besten geeignet. Vorerst in einem Testumfeld mit bereits abgeschlossenen Baustellen, später mit laufenden Baustellen.

Die Kriterien für die Beurteilung der absoluten Abweichung der automatischen Planung:

1. Minimaler Abstand der Planung zu den Ist-Daten bei Mitarbeitern
2. Minimaler Abstand der Planung zu den Ist-Daten bei Stunden

Als Orientierungspunkt wird die manuelle Planung herangezogen, die pro Woche für die folgende Arbeitswoche erstellt wird. Diese Art der Planung ist am nächsten am Verlauf der Baustellen dran, weil sie unmittelbar auf den Baufortschritt und eventuelle Störfaktoren (z.B. Schlechtwetter) reagieren kann.

Die Kriterien für die Beurteilung der relativen Abweichung der automatischen Planung:

1. Minimaler Abstand der automatischen Planung zur manuellen Planung bei Mitarbeitern
2. Minimaler Abstand der automatischen Planung zur manuellen Planung bei Stunden

Die Genauigkeit bei der Planung der Mitarbeiter hat Priorität, da wesentlich ist, wie viele Mitarbeiter auf welche Baustelle geschickt werden. Es handelt sich um eine bewusste Entscheidung, die durch wenige exogene Faktoren (z.B. Krankenstand) beeinflusst werden kann. Die Anzahl der tatsächlich geleisteten Stunden hängt auch von Faktoren ab, die weniger kontrollierbar sind, wie zum Beispiel Schlechtwetter.

Neben dem Mittelwert der Abweichung ist auch die Konzentration der Planungserfolge wesentlich: Je mehr Planungen mit einer geringeren Abweichungen bei einer Methode gezählt werden, umso fitter ist sie.

Nach der Betrachtung auf der Ebene der einzelnen Baustelle wird die gleiche Frage für die gesamte Ressourcenplanung des Unternehmens gestellt: Wie groß ist der Unterschied zwischen manueller und automatischer Planung zum wirklichen Verbrauch an Ressourcen? Diese Frage wird im Abschnitt *11.7.1 Portfolio-Effekt bei der unternehmensweiten Planung* bearbeitet.

Drei Kriterien für die Fitness der Planungsmethoden wurden hiermit festgelegt:

1. Minimaler Abstand zu den Ist-Daten: Mittelwert der Abweichungen der Planungen
2. Minimaler Abstand zur manuellen Planung (als Bezugspunkt für erfolgreiche Planung): Vergleich der Mittelwerte im Verhältnis zur manuellen Planung
3. Größte Anzahl von Planungen bei möglichst geringem Abstand zu den Ist-Daten: Konzentration bei einem kumulativen Histogramm als Dichtefunktion.

Die Genauigkeit bei der Planung der Mitarbeiter hat immer Vorrang gegenüber der Planung der Stunden. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass bei der manuellen Planung von den Mitarbeitern auf die Stunden (über die Sollarbeitszeit) geschlossen wird, während bei den automatischen Planungen die Anzahl der Mitarbeiter aus den zu erbringenden Stunden berechnet wird.

Beispiel manuelle Planung: 4 Mitarbeiter x Wochenarbeitszeit 36 Stunden = 144 Stunden

Beispiel automatische Planung: 120 Stunden in der Woche / Wochenarbeitszeit 36 Stunden = 3,33 = gerundet 3 Mitarbeiter

11.3. ERGEBNISSE DES 1. TESTLAUFS

Die ersten Ergebnisse der automatischen Planungen zeigen einen großen Abstand zu den Ist-Daten und auch den manuellen Planungen.

Zuerst die Darstellung der gesamten Daten: Mit der Abweichung wird das Verhältnis der jeweiligen Planungsmethode zu den Ist-Daten beschrieben. Wenn die Planung die gleiche Anzahl an Mitarbeitern in jeder Kalenderwoche eingetragen hat, wie dann tatsächlich auf der Baustelle tätig waren, beträgt die Abweichung 0%. (Details dazu im Abschnitt 10.7 *Berechnung eines zentralen Wertes für die Abweichung Plan- und Ist-Daten*)

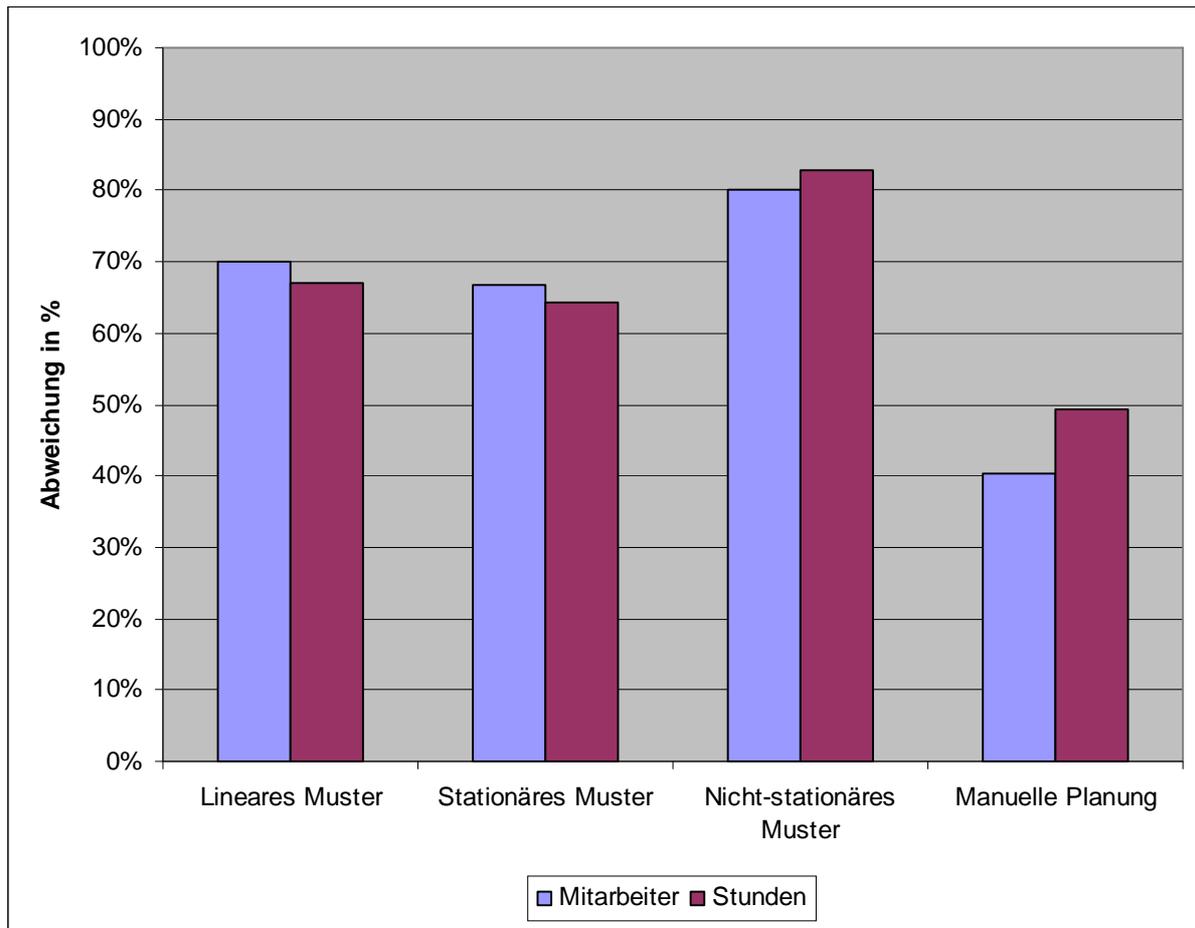


Abbildung 34: 1. Testlauf Mittelwert der Abweichungen für die gesamten Daten

Die Ergebnisse der Mitarbeiter- und Stundenplanung liegen knapp beieinander. Lediglich bei der manuellen Planung ist der Abstand bei den Stunden größer als bei den Mitarbeitern.

In weiterer Folge werden die Abweichungen bei den unterschiedlichen Baustellen-Typen (Hochbau Neubau, Hochbau Umbau Aussen+Innen, Hochbau Umbau nur Innen) untersucht:

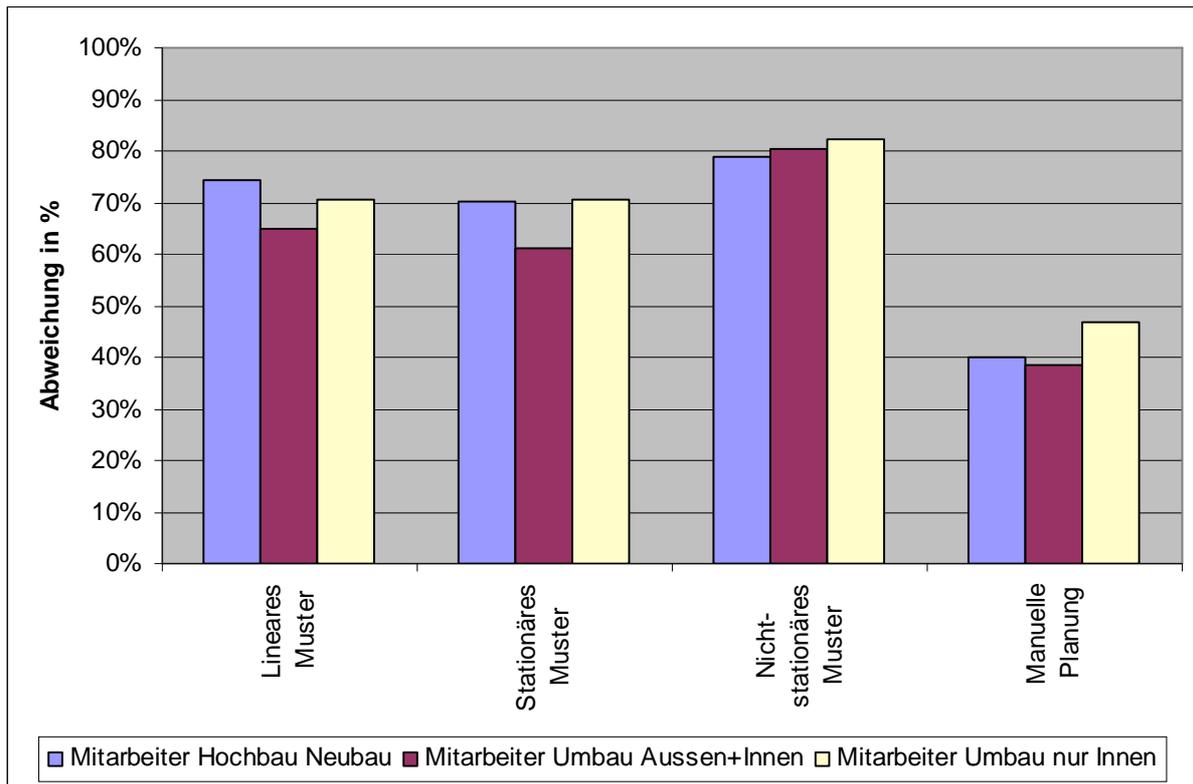


Abbildung 35: Unterschiede von Planungsmethoden für Mitarbeiter bei Baustellen-Typen

Die Ergebnisse zwischen den verschiedenen Baustellen-Typen sind nicht sehr stark differenziert. Die Standardabweichung zum Mittelwert (gebildet aus allen Baustellen-Typen pro Planungsmethode) beträgt maximal 5,31%. Bei den Stunden ist eine ähnliche Situation zu sehen. Die maximale Abweichung kommt hier von der manuellen Planung und beträgt 7,43%.

Da der Abstand der automatischen Planungsmethoden zu den manuellen deutlich über den Unterschieden innerhalb den verschiedenen automatischen Methoden liegt, wird im weiteren Verlauf keine Differenzierung der Typen mehr vorgenommen.

Bei der statistischen Beschreibung zeigt sich beim nicht-stationären Durchschnittsmuster die höchste Standardabweichung. Die weite Streuung der Abweichungen bei der Planung interpretiere ich als Ausdruck der Zufälligkeit der Planungserfolge, nicht als beständige Eigenschaft dieser Planungsmethode.

Mitarbeiter				
	Linear	stationäres Muster	nicht-stationäres Muster	Manuell
Mittelwert	70,10%	66,76%	80,01%	40,38%
Min	13,96%	9,09%	14,29%	7,76%
Median	75,90%	70,84%	70,63%	37,22%
Max	149,55%	140,96%	297,93%	95,83%
Standardabweichung	26,47%	28,25%	45,59%	20,25%

Stunden				
	Linear	stationäres Muster	nicht-stationäres Muster	Manuell
Mittelwert	67,07%	64,36%	82,81%	49,38%
Min	1,72%	1,72%	14,17%	4,61%
Median	73,24%	66,42%	65,82%	44,20%
Max	174,40%	160,99%	369,75%	117,50%
Standardabweichung	30,97%	32,34%	59,02%	26,46%

Tabelle 25: 1. Testlauf statistische Durchschnitts- und Lagewerte der Planungsmethoden

Neben dem Mittelwert und der Streuung ist auch noch die statistische Lage der Planungserfolge relevant: Wie sieht die Verteilung der Planungserfolge aus? Welche Methode hat mehr Planungen mit geringerer Abweichung?

Eine Darstellungsmethode für diesen Zweck ist das Histogramm.

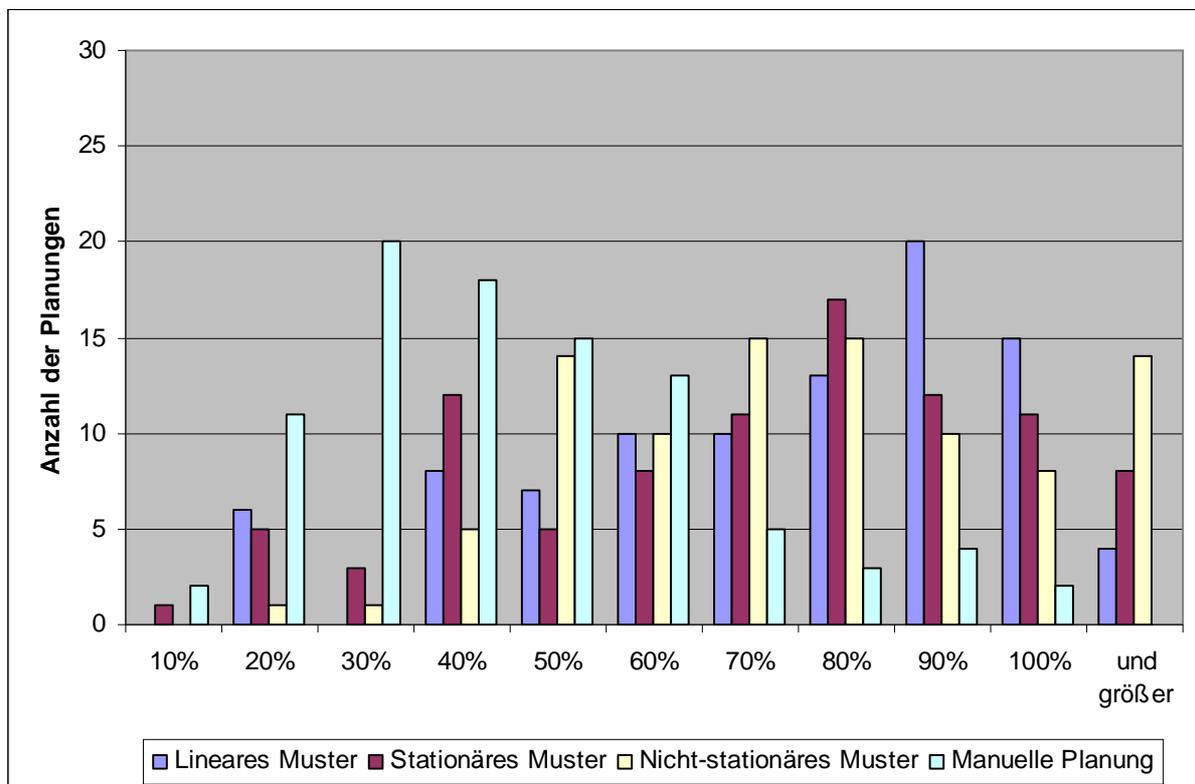


Abbildung 36: 1. Durchlauf Histogramm – Verteilung der Abweichungen pro Planungsmethode Mitarbeiterplanung

Bereits hier wird sichtbar, dass die verschiedenen Planungsmethoden schiefe Verteilungen zeigen: Der Großteil der manuelle Planungen sind in der ersten Hälfte (geringere Abweichungen) zu sehen, die automatischen Planungen vielmehr im Bereich der größeren

Abweichungen. Als Kriterium für die Fitness gilt hier, möglichst viele Planungen mit einer geringen Abweichung zu produzieren. Die kumulative Darstellung des Histogramms zeigt die Unterschiede der Planungsmethoden. Je steiler die Kurve ansteigt, desto mehr Planungen mit geringer Abweichung weist die jeweilige Planungsmethode auf.

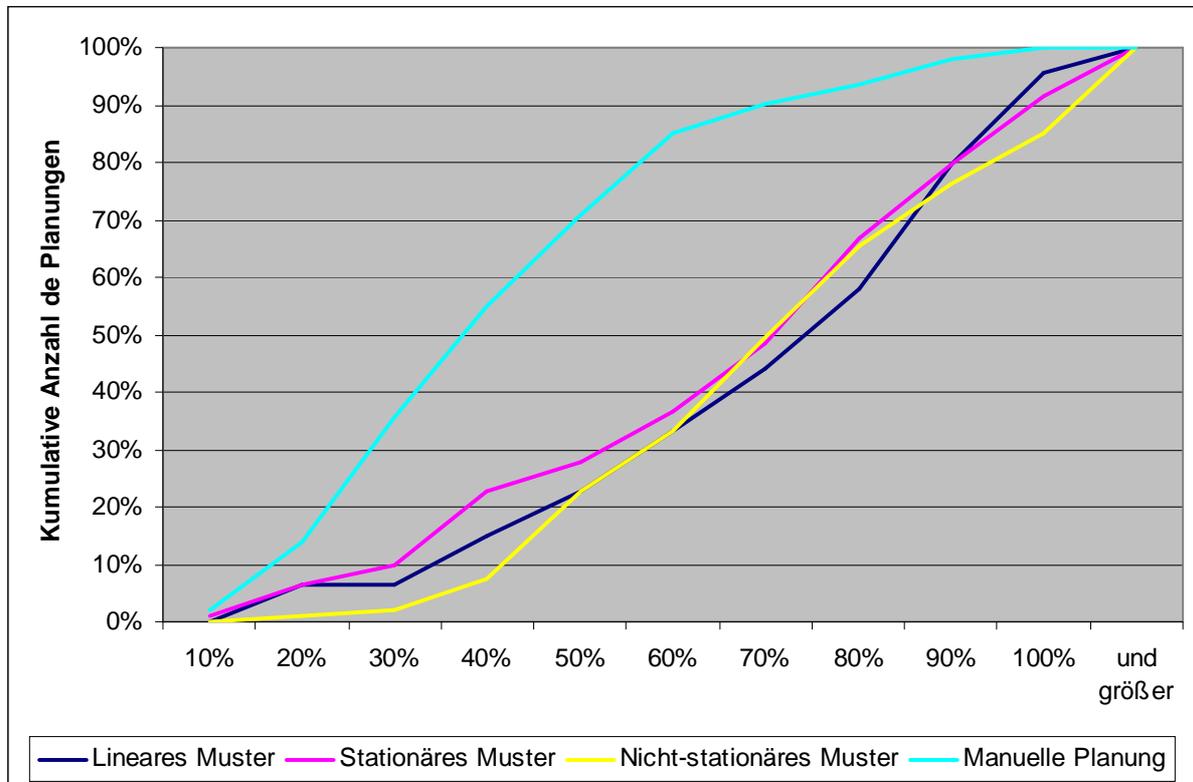


Abbildung 37: 1. Durchlauf Kumulatives Histogramm Abweichungen Mitarbeiterplanung

Das Ergebnis des ersten Testlaufes ist der substanzielle Vorsprung der manuellen Planung. Lineare und stationäre Muster liegen knapp beieinander, die nicht-stationären Muster weisen die geringste Planungsgenauigkeit auf. Nach der Feststellung der Fitness geht es jetzt an die Untersuchung der möglichen Ursachen.

11.3.1. QUELLEN FÜR ABWEICHUNGEN BEI DEN PLANUNGEN

Welche Eigenschaften weisen Baustellen auf, die bei der automatischen Planung besonders gut bzw. schlecht abschneiden? Ein wesentlicher Faktor ist die Durchlaufzeit. Wenn diese deutlich länger ist als die Summe der Netto-Arbeitstage, wird die automatische Planung ungenauer:

- Nach wenigen Stunden am Beginn der Baustelle folgt mitunter eine längere Pause, bis die Arbeiten wieder aufgenommen werden
- Herstellungsbedingte Unterbrechungen werden in der manuellen Planung berücksichtigt, bei der automatischen jedoch nicht
- Wetterbedingte Pausen: Bei der Arbeitseinteilung werden die Wetterumstände (z.B. Temperatur auf der Baustelle: Lässt das Wetter überhaupt die Verarbeitung von bestimmten Baustoffen wie Beton zu?) einbezogen, um Baustellen fortzuführen.
- Long tail-Problem: Nach dem Abschluss des größten Teils der Arbeit wird längere Zeit später (Wochen bis mehrere Monate) noch eine kleine Menge an Arbeit geleistet
- Kurze Baustellen mit wenigen Stunden führen mitunter zu Rundungsproblemen: Wenn weniger Stunden pro Woche geplant werden, als ein Mitarbeiter an Soll-

Arbeitszeit zu erbringen hat, wird gerundet. Dadurch kann die Anzahl der Mitarbeiter und damit auch der Plan-Stunden auf Null gesetzt werden.

Es gibt weitere Faktoren, die das Ergebnis der automatischen Planungen wesentlich beeinflussen:

- Leasingarbeiter werden zwar geplant, scheinen aber nicht in der Lohnverrechnung auf, da sie über Rechnungen abgewickelt werden.
- Arbeiten an nicht regulären Arbeitstagen: Bei 93 Baustellen (als Gesamtmenge) weisen 36 davon Leistungen an Tagen auf, die keine regulären Arbeitstage laut Arbeitszeitkalender sind. Die Menge an Stunden, die an solchen Tagen geleistet werden, liegt bei 0,46% des Volumens. Aufgrund dieser Größenordnung sind die Abweichungen aufgrund von Arbeiten an nicht-regulären Arbeitstagen nur punktuell zu berücksichtigen. Im Gesamtzusammenhang gesehen dürfte dieser Faktor keine großen Auswirkungen haben.

11.3.2. KORRELATIONEN ZWISCHEN DER PLANUNGSERFOLG UND ATTRIBUTEN DER BAUSTELLEN

Bei der Analyse der automatischen Planungen wurde auch versucht, Korrelationen zwischen Attributen der Baustellen und dem Planungserfolg (geringe Abweichung zu den Ist-Daten) herzustellen.

Dabei wurden folgende Attribute untersucht:

- Volumen der Baustelle
- Anzahl der Arbeitstage
- Durchlaufzeit
- Delta Durchlaufzeit – Arbeitstage

	Mitarbeiter			
	Linear	stationäres Muster	nicht-stationäres Muster	Manuell
Volumen	-0,09	-0,10	-0,10	-0,22
Arbeitstage	-0,02	-0,05	-0,09	-0,16
Durchlaufzeit	0,45	0,43	0,31	0,04
Delta Durchlaufzeit - Arbeitstage	0,62	0,61	0,48	0,16

	Stunden			
	Linear	stationäres Muster	nicht-stationäres Muster	Manuell
Volumen	-0,05	-0,07	-0,07	-0,18
Arbeitstage	0,03	-0,01	-0,05	-0,11
Durchlaufzeit	0,48	0,45	0,34	0,08
Delta Durchlaufzeit - Arbeitstage	0,62	0,60	0,49	0,17

Tabelle 26: Korrelationen Planungserfolg und Attribute der Baustellen

Hier zeigt sich, dass manuelle Planungen bei Baustellen mit einem größeren Volumen eine geringe Abweichung zu den Ist-Daten aufweisen. Der Unterschied zwischen der Durchlaufzeit und der tatsächlichen Anzahl der Arbeitstage zeigt die stärkste Auswirkung auf die automatisch erstellten Planungen. Das unterstützt die Wahrnehmung, dass bei Baustellen mit größeren Unterbrechungen die Genauigkeit der automatischen Planungen sinkt.

In diesen Fällen handelt es sich lediglich um einen schwachen bis mittleren statistischen Zusammenhang.⁹¹ In weiterer Folge werden wir uns mit möglichen Reaktionen auf die Relation Delta Durchlaufzeit – Arbeitstage und automatische Planungen beschränken.

11.3.3. ART DER ABWEICHUNGEN: ZU VIEL ODER ZU WENIG

Bei der allgemeinen Beurteilung der Abweichungen wird nicht zwischen zu wenig und zu viel unterschieden. Es gibt einen absoluten Unterschied zwischen den Plan- und Ist-Daten, der als Kennwert für den Erfolg der Planung herangezogen wird.

In weiterer Folge wird untersucht, ob die Planungen unterschiedliche Tendenzen zeigen: Liegt eine Neigung zur Unter- oder Überzeichnung vor?

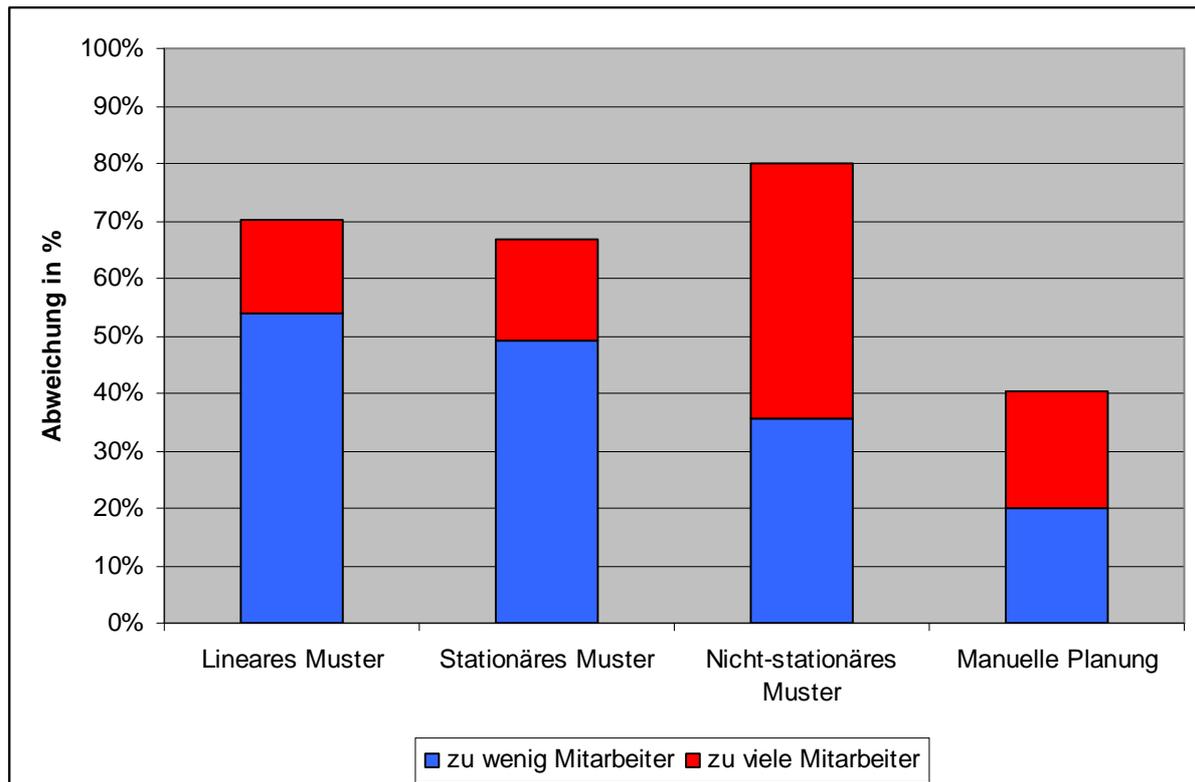


Abbildung 38: Planung vs. Ist-Daten: Zu viele oder zu wenige Mitarbeiter

Das Diagramm zeigt, dass die Unterzeichnung bei den automatischen Planungen die dominierende Abweichung ist. Bei der manuellen Planung ist das Verhältnis annähernd ausgeglichen.

Die Summe der Abweichungen pro Planungsmethode ergibt dann die Gesamtabweichung, die in der *Tabelle 25: 1. Testlauf statistische Durchschnitts- und Lagewerte der Planungsmethoden* als Mittelwert verwendet wird.

11.3.4. ERKENNTNISSE UND FOLGERUNGEN AUS DEM 1. TESTLAUF

Der erste Testlauf hat – wenig überraschend – gezeigt, dass die manuelle Planung mit einem Planungshorizont von 1 Woche die geringste Abweichung zu den Ist-Daten aufweist. Für eine unternehmensweite Auslastungsplanung, die auch zur Steuerung der Akquisitionstätigkeit

⁹¹ Die Interpretation des Korrelationskoeffizienten hängt von den zugrundeliegenden Daten ab. Da hier keine weitere Diskussion dieses Kennwertes durchgeführt wird, kam die Einstufung von Zöfel zur Anwendung. Zöfel, Statistik in der Praxis. Seite 152.

herangezogen werden soll, ist dieser Zeitraum zu klein. Die automatischen Planungen haben vorerst noch ein zu hohes Maß an Abweichung, um in der Praxis bedenkenlos eingesetzt werden zu können.

Ein wesentlicher Faktor wurde als Ursache für den großen Abstand zwischen automatischen Planungen und Ist-Daten identifiziert: Unterbrechungen des Baubetriebes aus Gründen, die nicht im Arbeitszeitkalender abgebildet werden:

- Produktionsbedingte Pausen
- Wetterbedingte Unterbrechungen
- Vom Bauherrn angeforderte Verschiebungen bzw. Pausen

Bei der manuellen Planung stehen diese Informationen im Regelfall zur Verfügung, sei es als explizite Vorgabe (die Baustelle darf erst in x Wochen beginnen) oder als Expertenwissen des Bauleiters (der aktuelle Produktionsschritt erfordert eine Pause von y Tagen).

Um das System in dieser Hinsicht robuster zu machen, wurden alle Pausen in der manuellen Planung als geplante Unterbrechungen in den automatischen Planungen einbezogen. Wenn in einer Kalenderwoche, die als Arbeitswoche deklariert ist, keine manuelle Planung vorgenommen wird, ignoriert auch die automatische Planung die gesamte Woche.

Da es sich hier wieder (wie bei der Berechnung des Volumens etc.) um eine ex-post Anpassung der Daten handelt, ist diese Methode als Annäherungsverfahren zu verstehen. Es soll untersucht werden, ob die automatischen Planungen näher an die Ist-Daten herankommen, wenn die Bauunterbrechungen einbezogen werden. Nicht-Arbeitstage wurden bereits im ersten Testlauf korrekt von der automatischen Planung ausgeschlossen.

Lediglich die nicht-stationären Muster enthalten auch die Pausen – ohne jedoch zwischen produktions- oder wetterbedingten Unterbrechungen oder Feiertagen und Urlauben zu unterscheiden. Die großen Unterschiede zwischen den nicht-stationären Mustern erzeugen beim Durchschnittsmuster ein sehr diffuses Bild. Die praktische Verwendbarkeit des nicht-stationären Durchschnittsmusters ist noch zu klären.

11.4. ERGEBNISSE DES 2. TESTLAUFS

Für den zweiten Testlauf wurde **eine** Funktion geändert: Jene Zeiten, die bei der manuellen Planung nicht verplant waren, wurden auch als Unterbrechung auch bei automatischen Planungen eingesetzt.

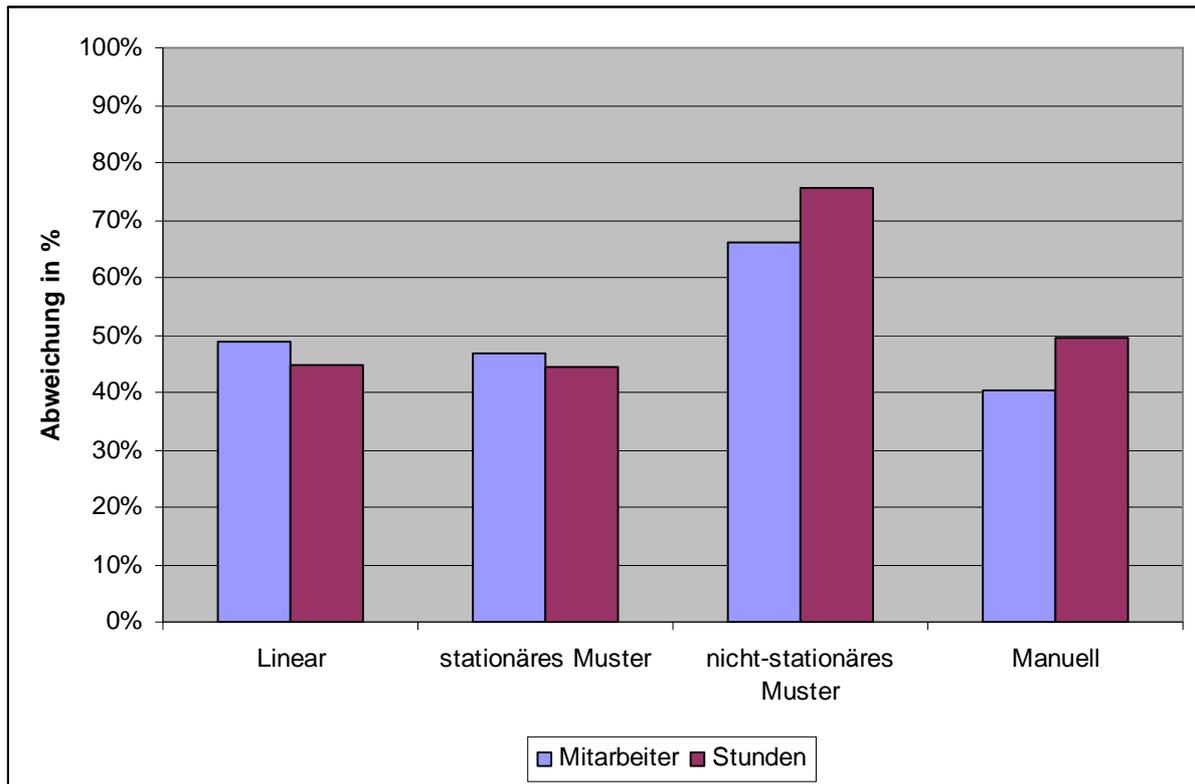


Abbildung 39: 2. Testlauf Mittelwert der Abweichungen für die gesamte Datenmenge

Alle automatischen Planungen zeigen eine deutliche Verbesserung gegenüber dem 1. Testlauf. Bei den Stunden wiederholt sich die Tendenz, die bereits bei der Planung der Mitarbeiter sichtbar geworden ist.

	Mitarbeiter			
	Linear	stationäres Muster	nicht-stationäres Muster	Manuell
Mittelwert	48,65%	46,73%	66,22%	40,38%
Min	12,48%	9,09%	14,29%	7,76%
Median	46,22%	45,02%	61,18%	37,22%
Max	114,21%	117,88%	215,79%	95,83%
Standardabweichung	19,82%	20,15%	30,04%	20,25%

	Stunden			
	Linear	stationäres Muster	nicht-stationäres Muster	Manuell
Mittelwert	44,70%	44,53%	75,73%	49,38%
Min	4,61%	9,97%	20,80%	4,61%
Median	41,55%	40,20%	68,25%	44,20%
Max	153,60%	159,14%	214,19%	117,50%
Standardabweichung	22,87%	23,87%	34,76%	26,46%

Tabelle 27: 2. Testlauf statistische Durchschnitts- und Lagewerte der Planungsmethoden

Das Histogramm spiegelt diese Entwicklung wider: Verbesserungen bei allen automatischen Planungsmethoden.

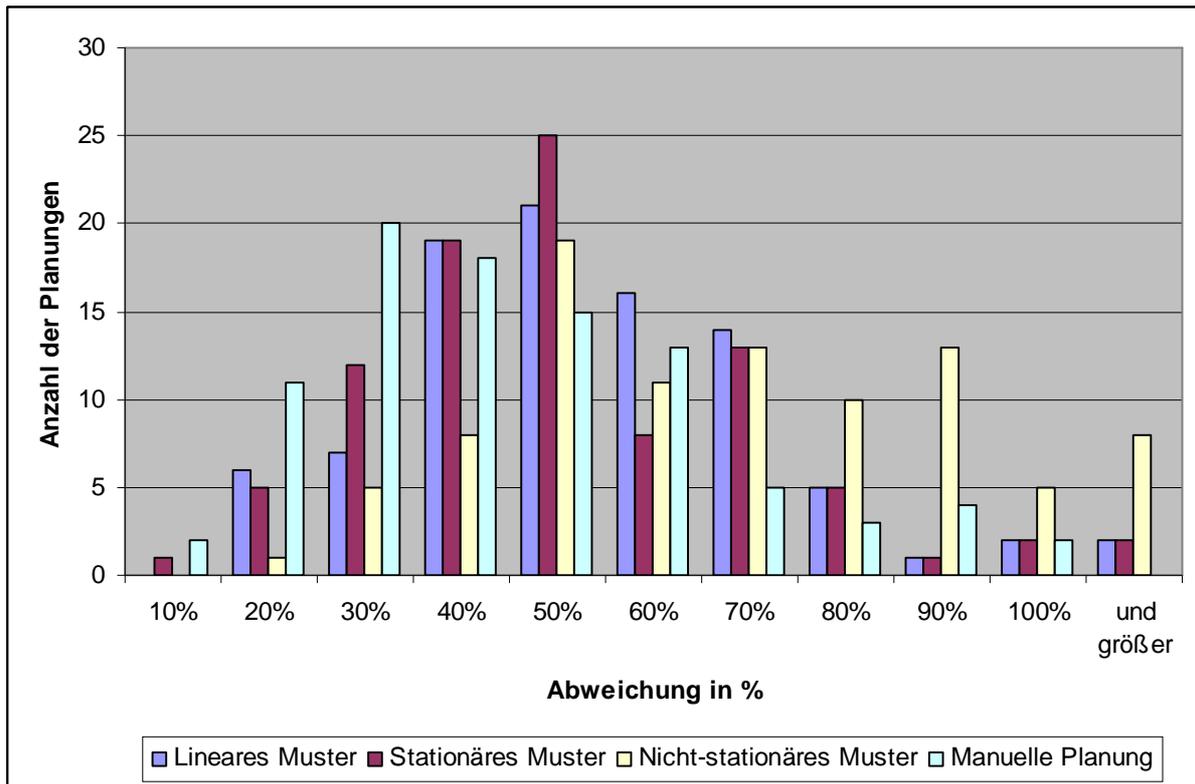


Abbildung 40: 2. Durchlauf Histogramm Mitarbeiterplanung

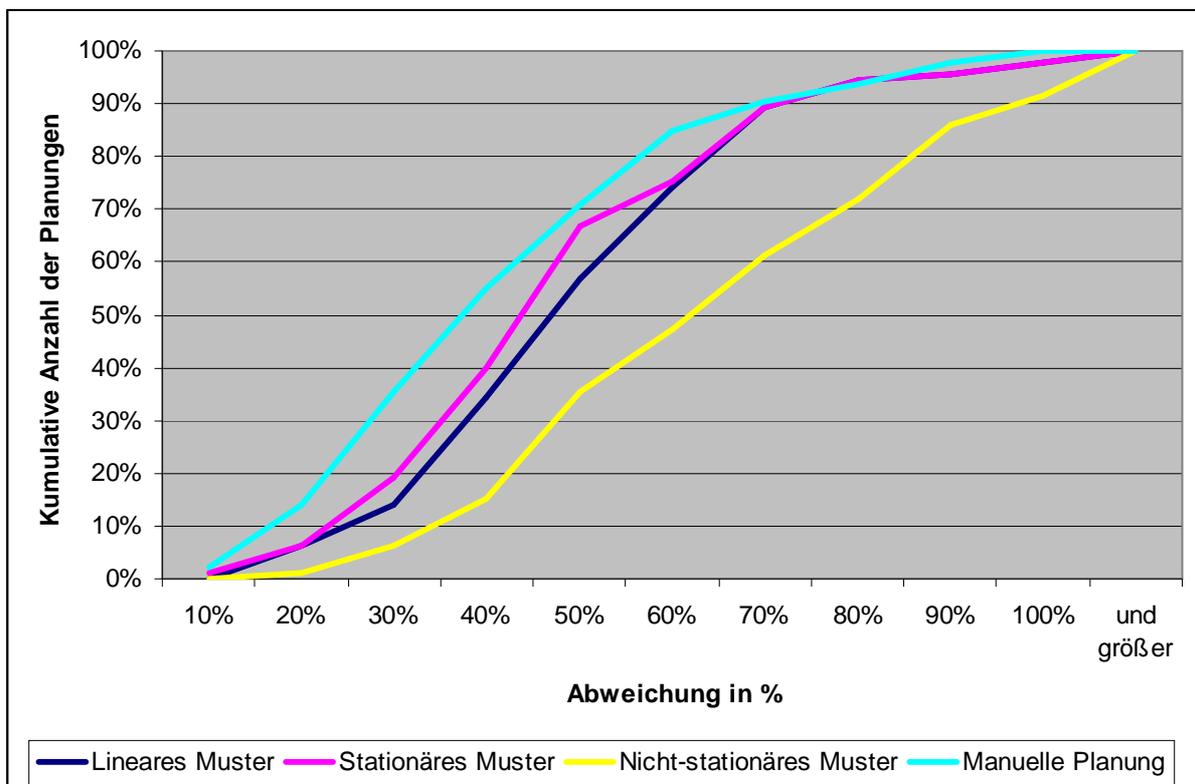


Abbildung 41: 2. Durchlauf Kumulatives Histogramm Mitarbeiterplanung

Der zweite Testlauf hat in Summe Verbesserungen bei den automatischen Planungen gezeigt. Die Erhöhung der Planungsgenauigkeit ist vor allem beim linearen Muster eingetreten. Im

nächsten Abschnitt werden ausgewählte Kennzahlen zwischen dem ersten und zweiten Testlauf untersucht und Schlussfolgerungen gezogen.

11.4.1. VERÄNDERUNGEN BEI DEN KORRELATIONEN ZWISCHEN DER PLANUNGSERFOLG UND ATTRIBUTEN DER BAUSTELLEN

Beim 2. Testlauf wurde eine Funktion hinzugefügt, nämlich die Berücksichtigung von geplanten Arbeitsunterbrechungen. Aus diesem Grund hat sich die Korrelation zwischen dem Planungserfolg und dem Delta zwischen Durchlaufzeit und der Anzahl der Arbeitstage stark verringert.

	Mitarbeiter			
	Linear	stationäres Muster	nicht-stationäres Muster	Manuell
Volumen	-0,19	-0,24	-0,01	-0,22
Arbeitstage	-0,15	-0,20	-0,01	-0,16
Durchlaufzeit	0,10	0,06	0,07	0,04
Delta Durchlaufzeit - Arbeitstage	0,24	0,22	0,10	0,16

	Stunden			
	Linear	stationäres Muster	nicht-stationäres Muster	Manuell
Volumen	-0,12	-0,18	0,02	-0,18
Arbeitstage	-0,06	-0,12	0,06	-0,11
Durchlaufzeit	0,19	0,14	0,15	0,08
Delta Durchlaufzeit - Arbeitstage	0,30	0,27	0,16	0,17

Tabelle 28: 2. Testlauf Korrelationen

Durch die Einbeziehung der geplanten Arbeitsunterbrechungen in die automatischen Planungen konnte die Korrelation von Planungserfolg und dem Abstand zwischen Durchlaufzeit und Anzahl der Arbeitstage reduziert werden. Die automatischen Planungen wurden robuster gegenüber Unterbrechungen.

11.5. EXKURS: UNTERSCHIEDE NACH AUFTRAGGEBERN

Als zusätzlichen Aspekt wird untersucht, ob die Planungsgenauigkeit auch von den unterschiedlichen Arten von Auftraggebern beeinflusst wird.

Dazu wurde das Sample in folgende Gruppen unterteilt:

- Öffentliche Auftraggeber: Bund, Land, Gemeinden, Städte. Diese sind an Bundesvergabegesetz gebunden. Es gibt jedoch hier eine Tendenz zur Aufweichung der gesetzlichen Bestimmungen, indem Kommandit-Erwerbsgesellschaften (KEG) gegründet werden.
- Halb-öffentliche Auftraggeber: Wohnungsgenossenschaften (z.B. Lawog, WSG, GWB) oder Schulträger (Kreuzschwestern Linz), kirchlichen Einrichtungen (Kloster Baumgartenberg) oder von sozialen Einrichtungen (Pro Mente, Lebenshilfe): Sind meist nicht an das Bundesvergabegesetz gebunden. Bei Auftragsvergabe wird im Regelfall verhandelt.
- Private Auftraggeber: Ein Teil der Anfragen kommt von Architekten, bei einen Teil wird das Angebot samt Leistungsbeschreibung von der Baufirma erstellt.

Die Aufteilung nach Type der Auftraggeber im Sample sieht wie folgt aus:

Auftraggeber	Baustellen		Stunden	
	Anzahl	Anteil	Volumen	Anteil
Privat	65	69,89%	59.485,50	47,74%
Öffentlich	16	17,20%	36.341,60	29,17%
Halb-Öffentlich	12	12,90%	28.766,75	23,09%

Tabelle 29: Unterschiedliche Typen von Auftraggebern

Wenngleich die Menge der privaten Auftraggeber deutlich größer ist als jene der halb-öffentlichen bzw. öffentlichen, ist doch das Volumen pro Baustelle in Relation dazu geringer.

Zuerst wird die Planungsgenauigkeit bei Mitarbeiter betrachtet:

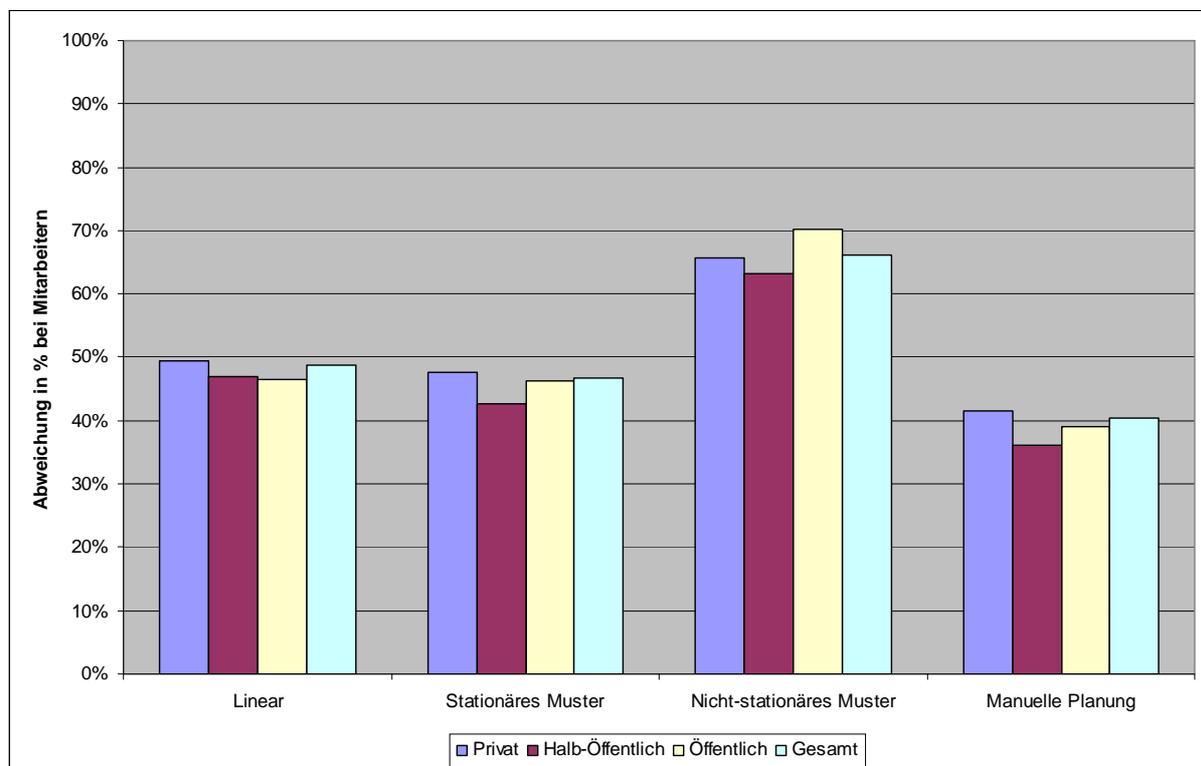


Abbildung 42: Unterschiede in der Planungsgenauigkeit bei Mitarbeitern nach Auftraggeber

Die Unterschiede bei den Auftraggebern liegen im Bereich zwischen 2,97 und 7,11 Prozentpunkten. Mit Ausnahme beim nicht-stationären Muster zeigen die privaten Auftraggeber eine etwas höhere Abweichung.

Bei den Stunden liegen die Abweichungen in einem ähnlichen Bereich:

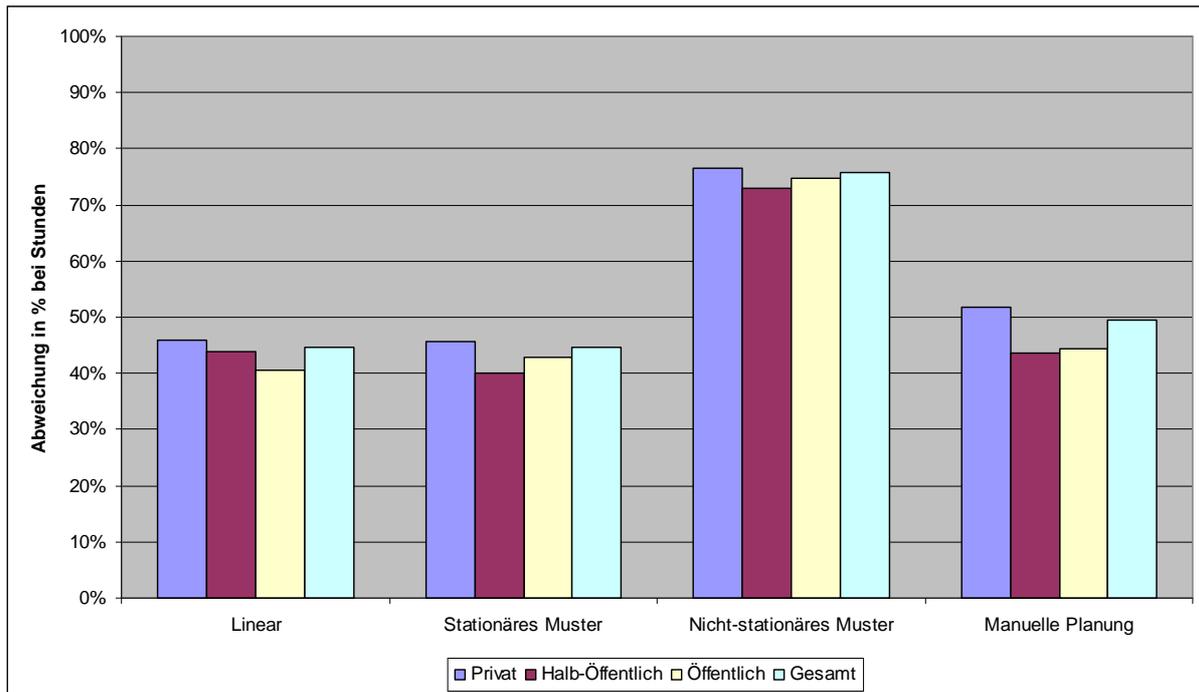


Abbildung 43: Unterschiede in der Planungsgenauigkeit bei Stunden nach Auftraggeber

Die Unterschiede der Planungsgenauigkeiten liegen im Bereich zwischen 3,41 und 8,14 Prozentpunkten. Private Auftraggeber befinden sich bei allen Planungsmethoden etwas unterhalb des Durchschnitts, halb-öffentliche und öffentliche Auftraggeber leicht darüber.

Bei der prozentuellen Betrachtung der Abweichungen scheint es, dass die Planungsgenauigkeit bei halb-öffentlichen und öffentlichen Auftraggebern geringer ist als bei privaten. Um hier eine realistische Beurteilung vornehmen zu können, sollte auch das Volumen der Baustellen einbezogen werden.

In der folgenden Tabelle wurde die Abweichung der manuellen Planung verwendet. Da die automatischen Planungsmethoden eine geringere Genauigkeit aufweisen, gibt diese Tabelle eine optimistische Betrachtung wider.

Auftraggeber	Durchschnittliches Volumen in Stunden	Prozentuelle Abweichung bei manueller Planung	Absolute Planungsabweichung in Stunden
Privat	915,16	51,70%	473,10
Halb-Öffentlich	2.397,23	43,56%	1.044,23
Öffentlich	2.271,35	44,31%	1.006,39
Gesamt	1.339,72	49,38%	661,49

Tabelle 30: Auftragsvolumen nach Auftraggebern

Das durchschnittliche Volumen bei privaten Auftraggebern liegt also deutlich unterhalb der anderen Gruppe. Die absolute Abweichung in Stunden ist daher bei den halb-öffentlichen und öffentlichen Auftraggebern höher.

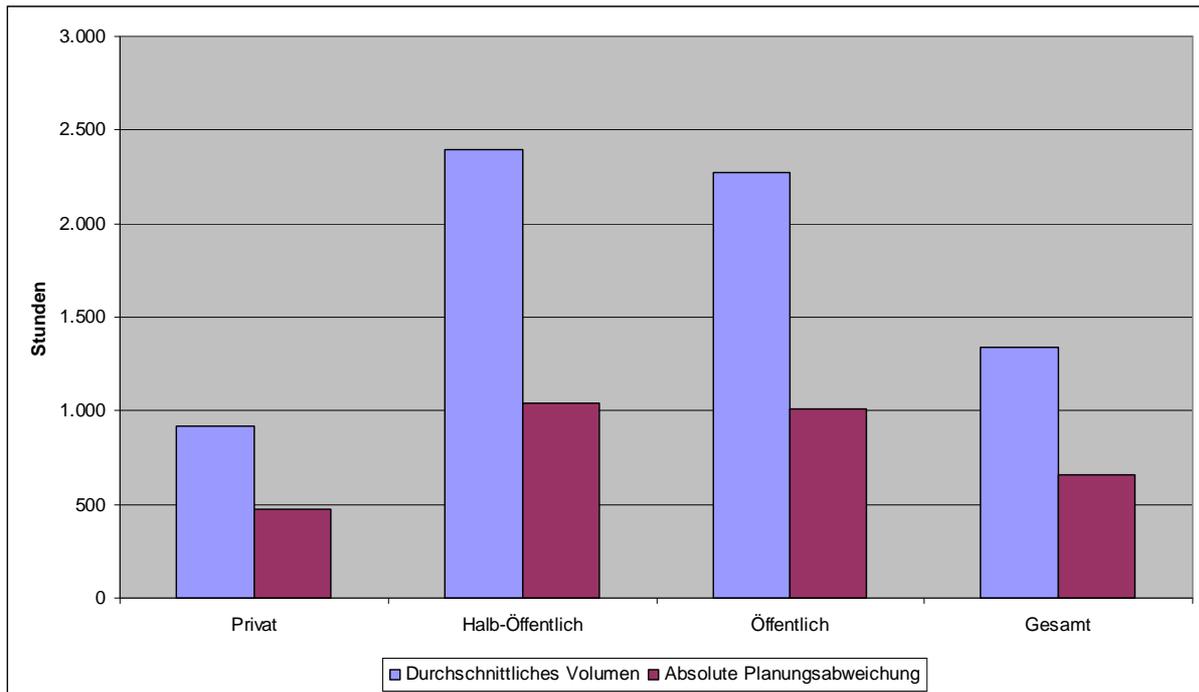


Abbildung 44: Mittelwert der absoluten Planungsabweichung in Stunden nach Auftraggeber

Wenn Maßnahmen zur Verbesserung der Planungsgenauigkeit ergriffen werden, so sind in diesem Zusammenhang nur Faktoren relevant, die vom Auftraggeber beeinflusst werden können. Das kann beispielsweise die Einforderung der Beständigkeit bei vorgegebenen Terminen (Start- bzw. Fertigstellungsdatum) sein.

Da das Segment der privaten Auftraggeber stärker fragmentiert ist als bei halb-öffentlichen bzw. öffentlichen Auftraggebern ist bei der letzteren Gruppe eine größere Hebelwirkung anzunehmen, wenn Bauherrn bezogene Maßnahmen zur Verbesserung der Planungsgenauigkeit gesetzt werden.

11.6. VERGLEICH 1. UND 2. TESTLAUF

Die Veränderungen zwischen dem 1. und 2. Testlauf haben einen deutlichen Fortschritt für die automatischen Planungsmethoden erzielt. Die Unterschiede sind auf der *Abbildung 45: Vergleich Mittelwert der Abweichung zwischen 1. und 2. Testlauf* zu sehen.

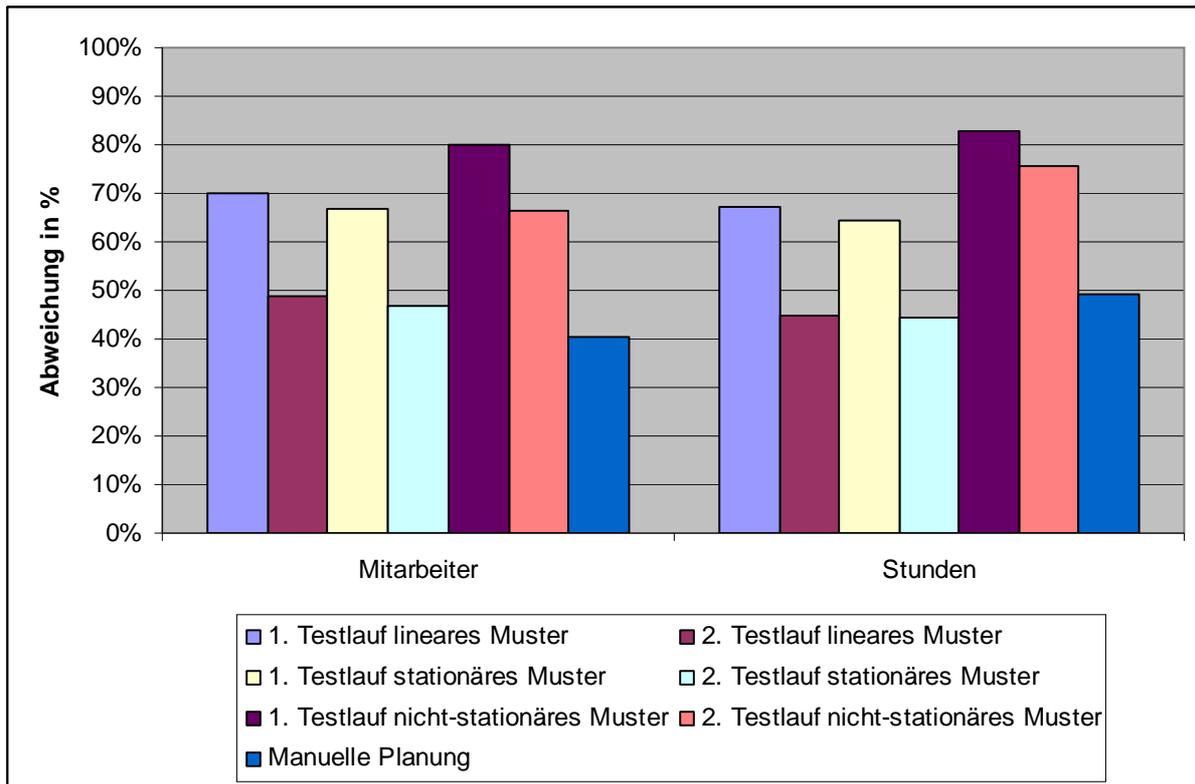


Abbildung 45: Vergleich Mittelwert der Abweichung zwischen 1. und 2. Testlauf

Die größte Verbesserung hat die lineare Planung erreicht, eine leichte liegt beim stationären Muster vor. Das nicht-stationäre Muster hat sich bei den Mitarbeitern leicht verbessert, bei den Stunden jedoch etwas verschlechtert.

Der Unterschied ist in **Prozentpunkten** der Abweichung zu lesen, nicht als prozentuelle Veränderung!

	Lineares Muster	Stationäres Muster	Nicht-stationäres Muster
Unterschied Mitarbeiter	- 21,44 Prozentpunkte	- 20,03 Prozentpunkte	- 13,79 Prozentpunkte
Unterschied Stunden	- 22,37 Prozentpunkte	- 18,83 Prozentpunkte	- 7,08 Prozentpunkte

Tabelle 31: Veränderungen zwischen 1. und 2. Testlauf

Bei der Gegenüberstellung des kumulierten Histogramms sind die Annäherungen an die manuelle Planung (und damit auch in Richtung der Ist-Daten) zu sehen. Die durchgezogenen Linien zeigen den Verlauf im 1. Testlauf, die strichlierten Linien jene im 2. Durchgang.

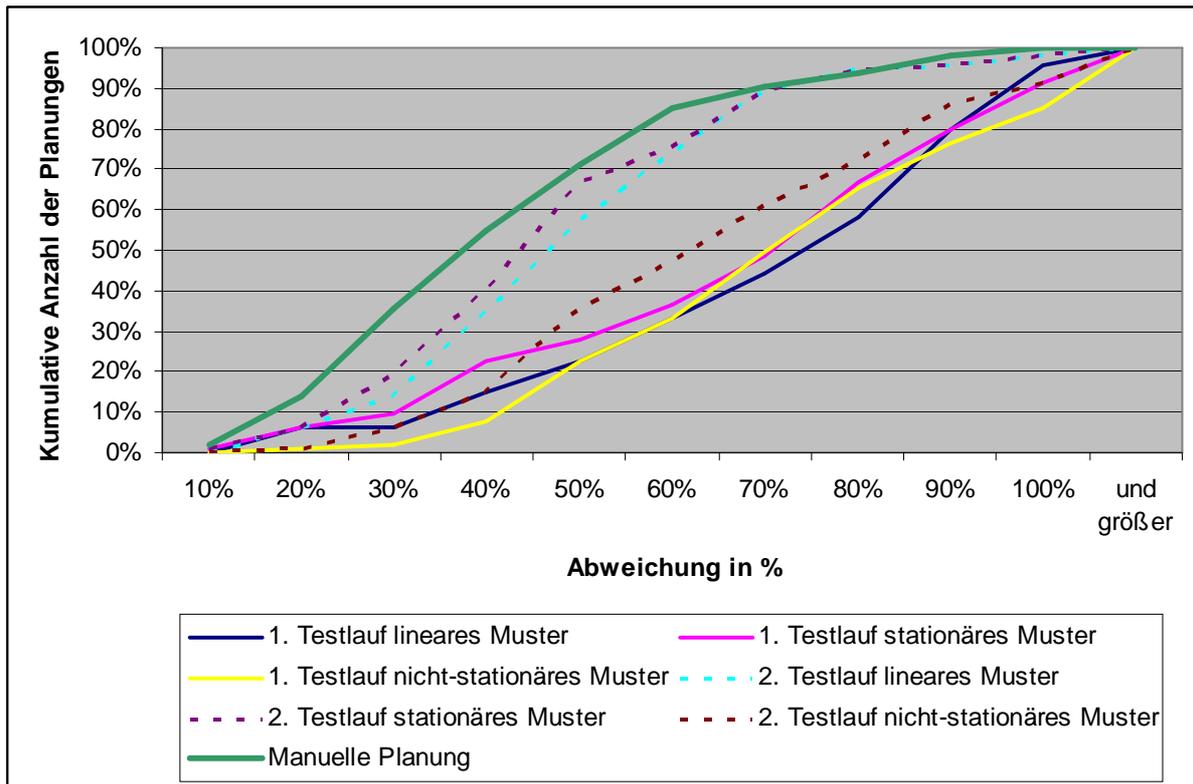


Abbildung 46: Kumulatives Histogramm für 1. und 2. Testlauf

Die Annäherung der automatischen Planungsmethoden im 2. Testlauf an die manuelle Planung zeigt die Verbesserung der Planungsgenauigkeit. Da auch die manuelle Planung noch einen Abstand zu den Ist-Daten aufweist, handelt es sich bei der Optimierung der automatischen Planungen um eine relative Verbesserung.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass die Maßnahme im 2. Testlauf (Bauunterbrechungen bei automatischen Planungen berücksichtigen) eine deutliche Verbesserung der Planungsgenauigkeit erzielt haben. Die Verschlechterung bei den nicht-stationären Mustern ist auch aus nunmehr doppelter Berücksichtigung der Pausen zurückzuführen: Zeiträume, in denen keine Leistungen auf der Baustelle erbracht wurden, sind im Muster und auch in der Planung selbst eingebaut worden.

In weiterer Folge wird die Frage beleuchtet, wie sich die beste automatische Planung im unternehmensweiten Rahmen bewährt. Das lineare Muster hat sich bei der individuellen Betrachtung der einzelnen Baustellen bisher am besten bewährt.

11.7. AUTOMATISCHE PLANUNG FÜR ALLE BAUSTELLEN

Mit der Annahme, dass bessere Einzelplanungen auch zu einer besseren Gesamtplanung führen, wird die Betrachtung der automatischen Planung auf die Makro-Ebene gehoben. Jetzt werden alle Baustellen parallel untersucht. Es werden hier die Daten aus dem zweiten Testlauf mit der fittesten automatischen Planungsmethode verwendet.

Bei dieser Untersuchung wird der gesamte Zeitraum von 1. Juli 2005 bis zum 31. Dezember 2008 betrachtet. Alle 93 Baustellen, die in der Datenmenge enthalten sind, werden hier berücksichtigt. Alle anderen Baustellen und Hilfsstellen jedoch nicht.

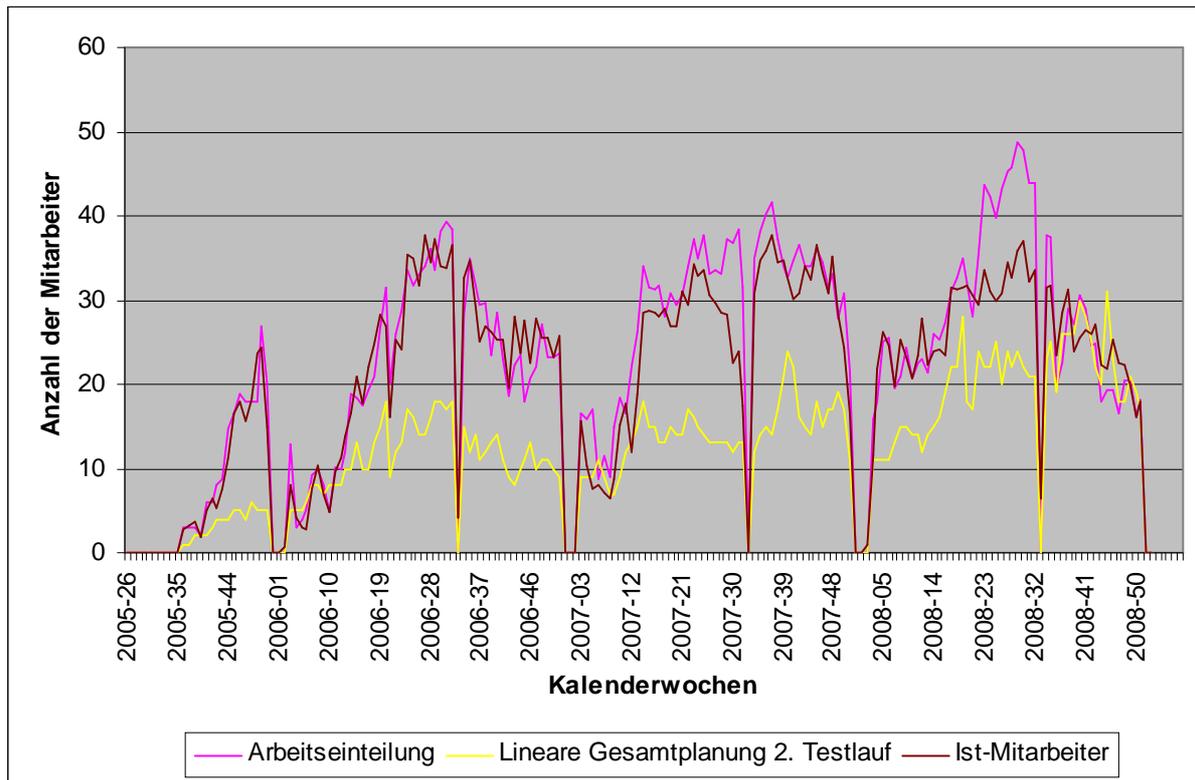


Abbildung 47: Gemeinsame Planung für alle Baustellen der Datenmenge - Mitarbeiter

Es ist klar ersichtlich, dass es Abweichungen zwischen den Planungsmethoden und den Ist-Daten gibt. Wie groß ist dieser Unterschied und wie verhält er sich zur Summe der Abweichungen der einzelnen Baustellen, die im vorhergehenden Abschnitt behandelt wurden?

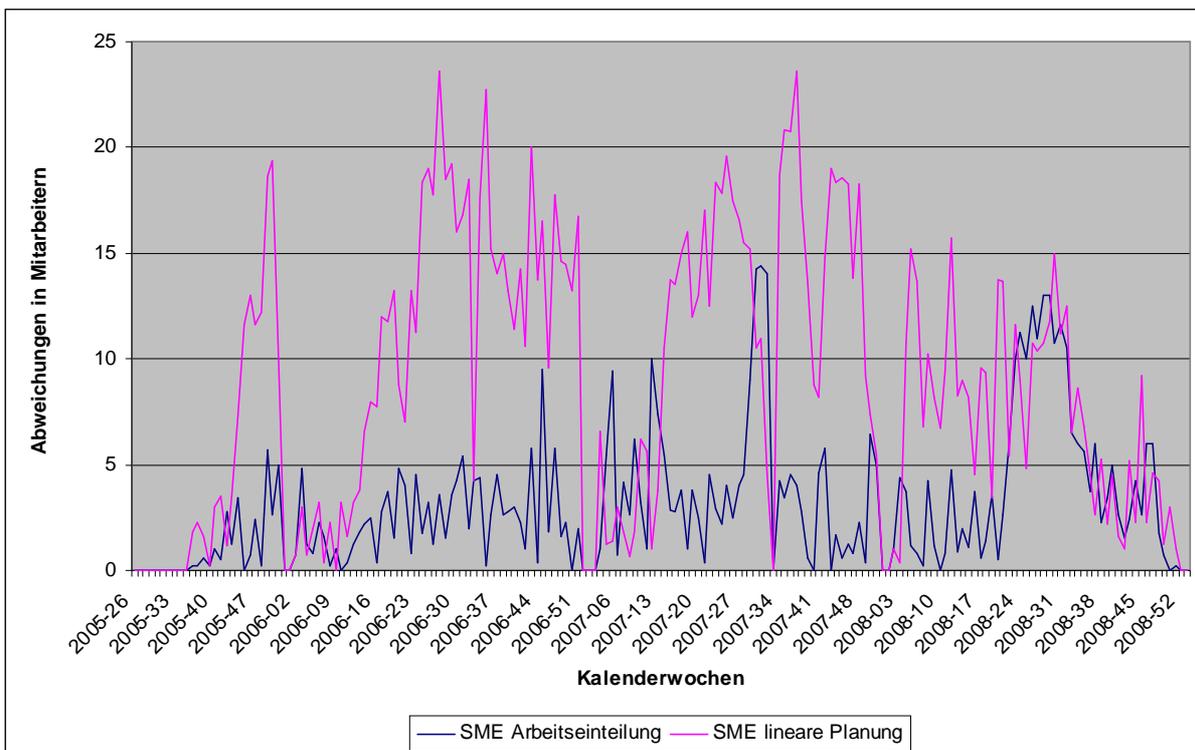


Abbildung 48: Abweichung bei der gemeinsamen Planung aller Baustellen der Datenmenge - Mitarbeiter

Wenn die Summe der Abweichungen in Relation zur Gesamtanzahl der Mitarbeiter über den gesamten Beobachtungszeitraum berechnet wird, zeigt sich deutlich die bessere Planungsgenauigkeit der manuellen Planung: 15,17% Abweichung im Gegensatz zu 42,93% bei der linearen Planung.

Beide Methoden zeigen bei der unternehmensweiten Planung im Verhältnis zum Mittelwert der Abweichung bei den einzelnen Baustellen deutliche Unterschiede. Bei der linearen Planung liegt der Mittelwert bei 48,65%, bei der manuellen Planung wurden 40,38% festgestellt.

Die Abweichungen bei den Stunden zeigen ein ähnliches Verhalten wie jene bei den Mitarbeitern.

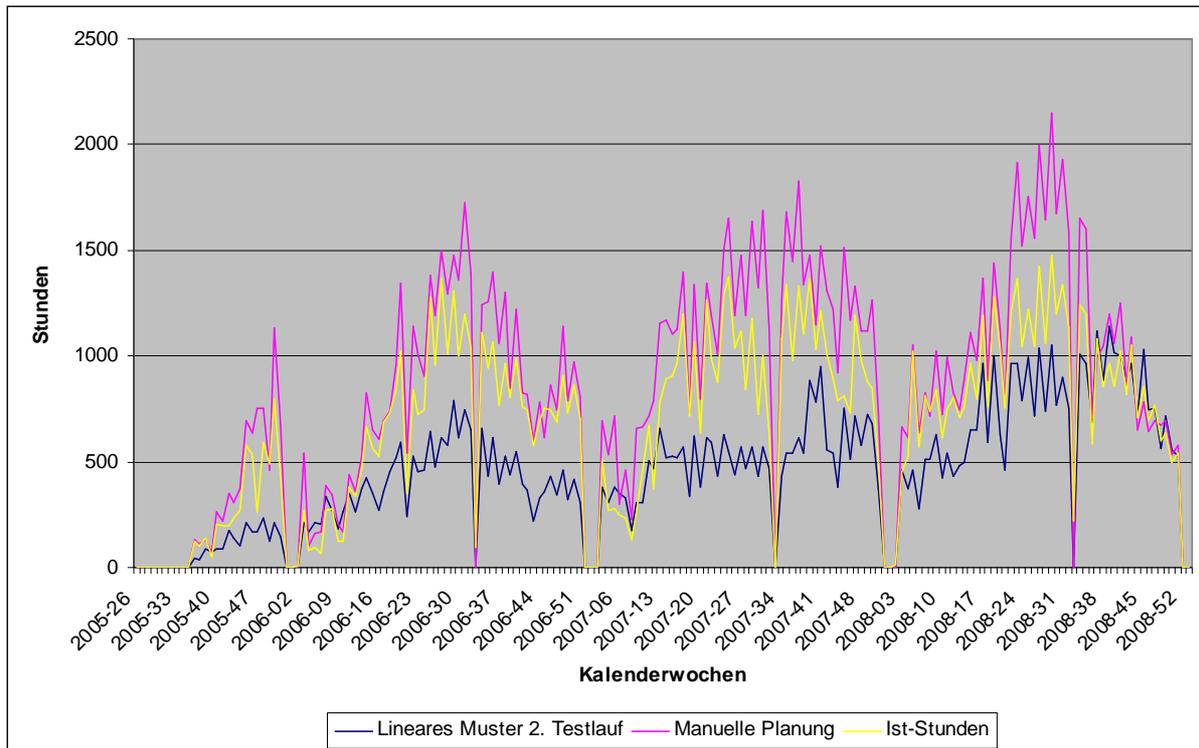


Abbildung 49: Gemeinsame Planung aller Baustellen der Datenmenge - Stunden

Abstand zwischen Plan- und Ist-Daten in Stunden verdeutlicht die Größenordnung der Abweichungen:

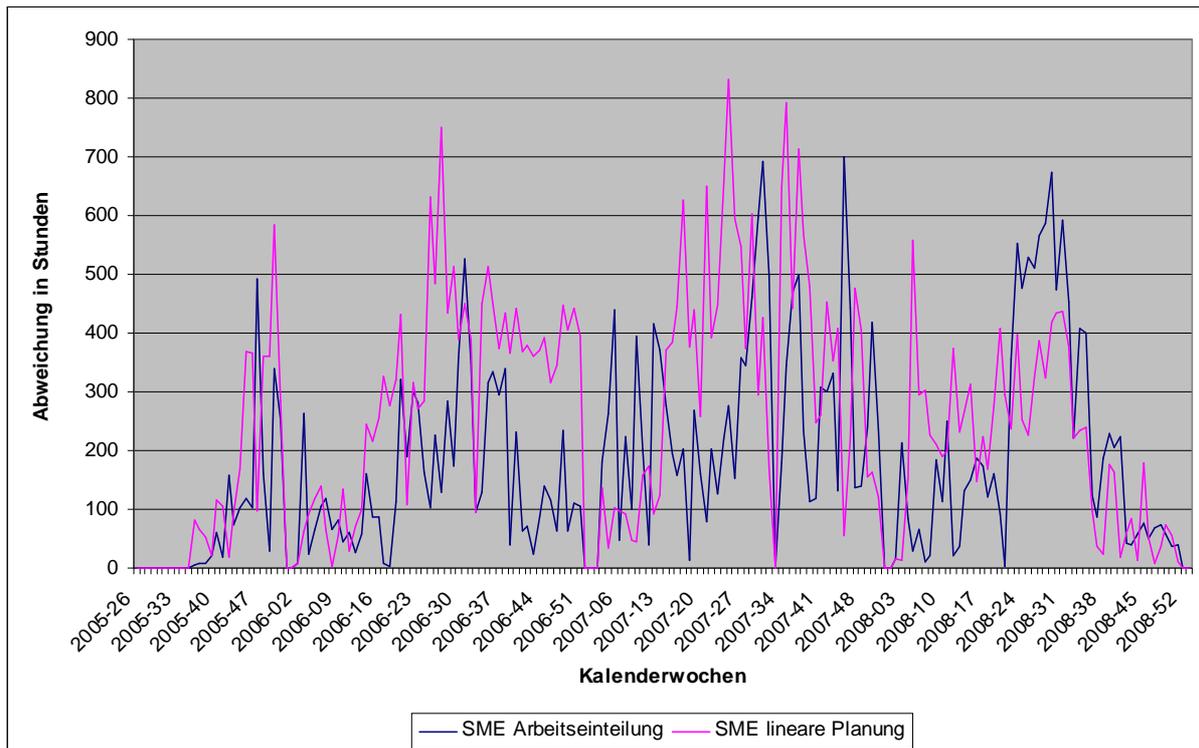


Abbildung 50: Abweichung bei der gemeinsame Planung für alle Baustellen der Datenmenge - Stunden

Die Abweichung bei den Stunden bei der manuellen Gesamtplanung liegt bei 23,98%, jene mit der linearen Planungsmethode bei 26,75%. Der Mittelwert der Abweichungen bei den Einzelbaustellen zeigt 57,99% beim lineares Muster und 49,38% bei der manuellen Planung.

Die Unterschiede zwischen Gesamtplanung und Mittelwert der Einzelbaustellen wiederholen sich in annähernd gleicher Größenordnung auch bei den Stunden.

	Gesamtplanung Mitarbeiter	Mittelwert Mitarbeiter	Abweichung
Lineare Planung	42,93%	48,65%	5,72 Prozentpunkte
Manuelle Planung	15,17%	40,38%	25,21 Prozentpunkte

	Gesamtplanung Stunden	Mittelwert Stunden	Abweichung
Lineare Planung	36,82%	44,70%	7,88 Prozentpunkte
Manuelle Planung	26,77%	49,38%	22,61 Prozentpunkte

Tabelle 32: Unterschiede Gesamtplanung – Mittelwert der einzelnen Planungen

11.7.1. PORTFOLIO-EFFEKT BEI DER UNTERNEHMENSWEITEN PLANUNG

Ein Ergebnis des letzten Abschnittes zeigt, dass die Summe der absoluten Einzelabweichungen größer ist als die Summe der Abweichungen zusammen. Das Ausgleichen von zu vielen und zu wenigen Mitarbeitern auf einzelnen Baustellen erfolgt auf der Ebene des Unternehmens. Die Auslastungsplanung ist in diesem Aspekt ausgeglichener als die Planungen der einzelnen Baustellen.

Handelt es sich dabei um einen Portfolio-Effekt? Nein, weil keine Diversifikation vorgenommen wird. Das unterschiedliche Zeitverhalten der Baustellen ist während der

Laufzeit unbekannt und kann daher nicht als Kriterium für eine Portfolio-Bildung herangezogen werden.

Die Auswahl von Angeboten, die tatsächlich gelegt werden, erfolgt weniger unter dem Gesichtspunkt der Planbarkeit und Verfügbarkeit der Ressourcen. Bestimmend ist vielmehr die Art der Baustelle, ob die fachlichen Anforderungen mit den vorhandenen Mitarbeitern abgedeckt werden können.

Es gibt ein Bündel von exogenen Risikofaktoren, die auf die Planbarkeit einer Baustelle wirken:

- Entscheidungen des Bauherrn über Termine
- Wetterbedingte Unterbrechungen
- Krankheit oder Ausfall von Mitarbeitern

Im Gegensatz zu einem Investment Portfolio liegen keine Daten über das Verhalten der Baustelle in der Vergangenheit vor, da es eben eine neue Baustelle ist. Rückschlüsse aus dem Verhalten des Bauherrn oder des Baustellen-Typs fließen implizit (als Teil des Expertenwissens) in die Planung ein, werden jedoch im Rahmen dieser Arbeit nicht quantifiziert.

11.8. ZUSAMMENFASSUNG DER AUTOMATISCHEN PLANUNGEN

Die Testläufe mit den automatischen Planungen haben einige wesentliche Punkte herausgearbeitet:

- Die automatischen Planungen können durch technische Maßnahmen verbessert werden.
- Die manuellen Planungen haben eine deutlich höhere Planungsgenauigkeit als die automatischen.
- Die Notwendigkeit einer Überprüfung bzw. Interpretation durch die Bauleiter bleibt bestehen, da viele verwertbare Informationen nur implizit als Expertenwissen vorhanden sind.
- Es liegt kein Portfolio Effekt beim Zusammenführen der Einzelplanungen zur unternehmensweiten Gesamtplanung vor, da jene Faktoren, die die Planungsgenauigkeit beeinflussen wenig oder gar nicht zur Entscheidung innerhalb einer Baufirma vorliegen: Zum Beispiel Terminverschiebungen durch den Bauherrn, Schlechtwetter, Krankenstände.

Die Anzahl der exogenen Einflussfaktoren setzt der technischen Verbesserung der automatischen Planungen gewisse Grenzen. Viele der Faktoren können nur mit sehr hohem Aufwand oder gar nicht als Parameter in die Planung einbezogen werden.

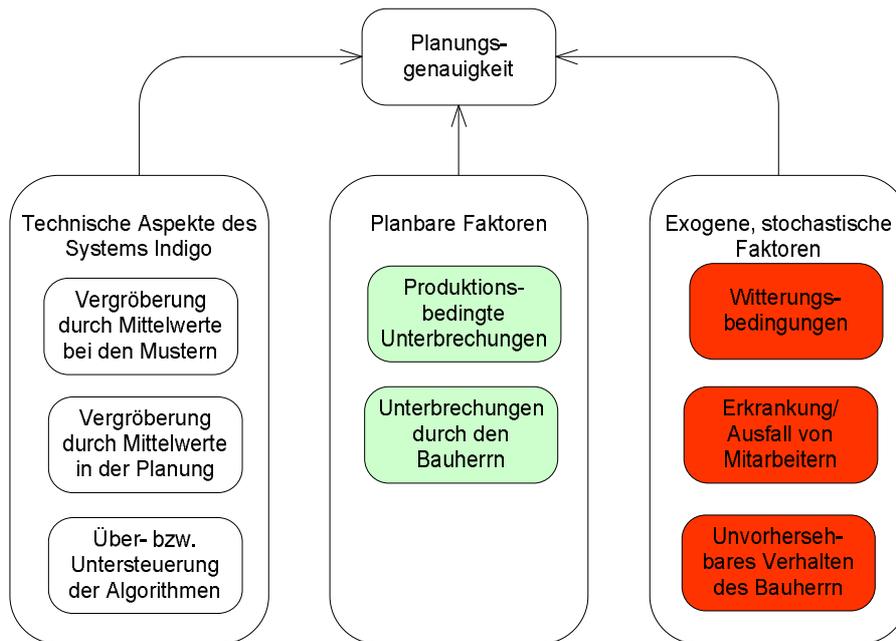


Abbildung 51: Zusammenfassung der Einflussfaktoren auf die Planungsgenauigkeit

Die Konsequenz aus der Einteilung in technische Aspekte, planbare und unplanbare Einflussfaktoren ist der Ansatzpunkt für weitere Verbesserungen:

- Die planbaren Faktoren in die automatische und manuelle Planung einbeziehen
- Die technische Umsetzung der automatischen Planung kann noch weiter verbessert werden

Die Hypothese, dass Muster, die aus abgeschlossenen Baustellen gebildet werden, eine höhere Planungsgenauigkeit aufweisen als die lineare Planung ist mit den Testläufen falsifiziert worden. Die Ursache für das relativ schlechte Abschneiden der stationären bzw. nicht-stationären Muster liegt in der Vergrößerung, die zuerst bei der Erstellung (Linearisierung in 1% Schritten) dann bei der Anwendung (Gruppierung auf Wochenbasis) der Muster erfolgt.

Die Erweiterung des Planungshorizontes mit den automatischen Planungen wird durch eine größere Ungenauigkeit erkauft. Zur groben Planung der Kapazitätsauslastung eines Unternehmens können automatische Planungen durchaus beitragen.

12. INTEGRIERTE, UNTERNEHMENSWEITE PLANUNG

Bisher wurde im Rahmen dieser Arbeit die Planung auf taktischer Ebene pro Baustelle betrachtet. In diesem Abschnitt werden die einzelnen Teile zusammengeführt zu einer unternehmensweiten Planung verbunden.

Das Ziel der integrierten Planung ist, die unternehmensweite Auslastung zu betrachten. Dabei wird ausgehend von der Kapazität einer Baufirma eine Art von Budget erstellt. Die verfügbaren Ressourcen werden verplant, fixe Positionen wie zum Beispiel Bauhof vorgesehen. So werden der Planungsspielraum sichtbar und die gesamte Auslastung der Firma dargestellt.

12.1. VORBEREITUNGEN

Um die integrierte Planung in Betrieb zu setzen, sind einige Vorbereitungen erforderlich. Diese beziehen sich sowohl auf die Definition der zugrunde liegenden Daten als auch das Verfahren zur weiteren Pflege der Planung.

Ein markantes Datum (wie der Beginn des Kalender- oder Wirtschaftsjahres) bietet sich für die Einführung dieser Planung an, da die Vorbereitungen etwas Zeit in Anspruch nehmen, die während der Bau-Hauptsaison kaum verfügbar ist.

12.1.1. SICHTEN UND ERGÄNZEN DER DATEN

Als ersten Schritt werden die offenen Baustellen und deren Stammdaten in Indigo überprüft:

- Sind die Eckdaten (Fertigstellungsdatum, kalkulierte Stunden) der Leistungsbaustellen noch korrekt?
- Wie viele Stunden sind noch offen?
- Liegen noch unregistrierte Zusatzaufträge oder andere Veränderungen des Stundenvolumens vor?
- Welche Reportingquelle soll bei den Auswertungen verwendet werden: Lohnverrechnung oder Poliertagesberichte?
- Volumen für Kleinbaustellen festlegen: Entweder Durchschnittswerte aus den vergangenen Jahren verwenden oder ein Stundenvolumen zuweisen
- Volumen für Hilfsstellen bestimmen: Auch hier können Durchschnittswerte der Vergangenheit oder frei gewählte Werte eingesetzt werden

Die fehlenden Daten werden jetzt erfasst und in das System eingetragen.

12.1.2. STAMMDATEN FÜR KLEINBAUSTELLEN UND HILFSSTELLEN

Es gibt eine Gruppe von Kleinbaustellen und Hilfsstellen, die jedes Jahr durchlaufen. Das Start- und Enddatum wird mit dem Kalenderjahr gleichgesetzt. Das Volumen ist jedoch speziell zu ermitteln, da ja in diesen Fällen keine kalkulierte Stundenanzahl vorliegt.

Als erster Schritt wurden die Mittelwerte von 2001 bis 2008 berechnet. Einige Kostenstellen konnten geschlossen werden, da zum Beispiel der zuständige Bauleiter nicht mehr im Unternehmen beschäftigt ist. Dann wurden die Vorschläge der Geschäftsleitung vorgelegt und dabei bei Bedarf angepasst.

Stundensumme	JAHR										
BAUSTELLE	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	Summe	Mittelwert	Plan 2009
1000			21	7	52			308	387	97	100
1001							12	4	16	8	0
1004								48	48	48	0
1010	630	150	194	351	560	430	119	127	2.559	320	schließen
1020	2.978	645	1.483	445	165	695	251	29	6.689	836	0
1030	1.313	1.634	1.742	2.363	1.701	2.333	580	204	11.870	1.484	300
1040	276	50	97	123	42	290	24		901	129	schließen
1045							367	73	439	220	200
1060	138	30	507	310	516	831	89		2.420	346	schließen
1070			30	11	41	482	219	160	942	157	200
1080						135	29	24	188	63	0
1090							30		30	30	0
Summe	5.334	2.508	4.072	3.609	3.075	5.195	1.719	976	26.487	3.736	800

Tabelle 33: Stundenvolumen Kleinbaustellen und deren Planung für 2009

Es wurde auch festgelegt, dass einige Kostenstellen nicht geplant werden, sondern als Platzhalter für einen voraussichtlichen Bedarf an Stunden gehalten werden. Die Gründe dafür sind entweder das geringe Volumen der Kleinbaustellen bzw. Hilfsstellen oder die Tatsache, dass die spezielle Art nicht planbar ist. Beispiele für den zweiten Fall sind Krankenstand/Unfall und Schlechtwetter.

Stundensumme	JAHR										
BAUSTELLE	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	Summe	Mittelwert	Plan 2009
Ausbildung	3.231	2.835	2.209	2.955	3.821	2.976	3.398	3.808	25.233	3.154	3.000
Bauhof	4.245	3.561	3.634	3.329	2.746	4.044	5.494	6.368	33.419	4.177	5.500
FreizeitFeiertag	3.898	3.530	3.715	3.324	3.706	4.113	4.544	3.523	30.352	3.794	3.500
KrankenUnfall	1.299	1.303	1.736	1.707	3.112	1.944	2.097	2.776	15.974	1.997	2.000
Nichtleistung	101	46	93	249	179	32	5.693	1.923	8.315	1.039	
Schlechtwetter	1.061	1.753	922	1.853	2.259	1.326	2.084	1.363	12.619	1.577	1.500
Techniker	1.821	1.675	532	43	643	218	1.147	2.737	8.814	1.102	
Urlaub	8.580	8.404	8.272	8.079	8.717	7.484	10.868	9.507	69.911	8.739	9.000
Summe	24.235	23.107	21.113	21.539	25.181	22.136	35.323	32.004	204.635	25.579	24.500

Tabelle 34: Stundenvolumen Hilfsstellen und deren Planung für 2009

12.1.3. BERECHNUNG DER SOLL-LEISTUNG DES GESAMTEN UNTERNEHMENS

Die gesamte Leistung der Baufirma ist ein wesentlicher Faktor für die Berechnung der Auslastung und dem Verhältnis von produktiven und unproduktiven Stunden.

Die Berechnung erfolgt auf Tagesbasis und wird für die weitere Verwendung über den gewünschten Zeitraum (im Regelfall eine Kalenderwoche) summiert. Für die Betrachtung der Vergangenheit wird die Anzahl der Mitarbeiter aus der Lohnverrechnung verwendet, für die Planung der Zukunft der Durchschnitt der Mitarbeiter aus dem letzten Kalendermonat.

Input:

- Datum
- a = Sollarbeitszeit laut Arbeitszeitkalender
- b = Summe aller Mitarbeiter (inkludiert auch Leasingkräfte)

Output:

- $a \cdot b$ = gesamte Soll-Leistung der Baufirma für das definierte Datum

Dieses Produkt ist die Basis der weiteren Berechnungen und stellt 100% der möglichen Soll-Leistung dar.

12.1.4. ABWEICHUNGEN ZWISCHEN IST- UND SOLL-KAPAZITÄT

Beim Vergleich der Ist- und Sollstunden treten Unterschiede auf, die verschiedene Ursachen haben:

- Überstunden
- Umbuchungen aus dem Stundenpool

Ein Mitarbeiter muss unabhängig von seiner konkreten Verwendung (Baustelle, Bauhof, Urlaub, Krankenstand, Schlechtwetter, etc.) **immer vollständig** in der Lohnverrechnung aufscheinen, wenngleich mit unterschiedlichen Lohnarten.

12.1.5. AUTOMATISCHE UND MANUELLE PLANUNGEN FÜR LAUFENDE BAUSTELLEN

Jetzt können die laufenden Baustellen automatisch geplant werden. Dabei wurden folgende Unterscheidungen getroffen:

- Kleinbaustellen werden nicht geplant, sondern als Platzhalter für einen Stundenbedarf mitgeführt
- Bei den Hilfsstellen werden Ausbildung, Bauhof und Urlaub in die Planung einbezogen. Hier wird ein lineares Muster verwendet.
- Hilfsstellen wie Freizeit/Feiertag, Kranken/Unfall und Schlechtwetter können nicht sinnvoll geplant werden. Sie bleiben als Platzhalter für zu berücksichtigende Stunden erhalten.
- Leistungsbaustellen erhalten eine automatische und manuelle Planung

Die Bauleiter wurden angehalten, ihren Bedarf an Bauarbeitern auf den von ihnen geleiteten Baustellen bekannt zu geben. Diese Daten wurden im System Indigo dokumentiert und sind Teil der Gesamtplanung.

12.1.6. HERKUNFT DER DATEN FÜR DIE GESAMTPLANUNG

Die Daten für die Erstellung der Gesamtplanung stammen aus verschiedenen Quellen. Um die Interpretation der Gesamtplanung zu ermöglichen, hier eine kurze Beschreibung.

- Stammdaten: Aus den Stammdaten kommen der Name der Baustelle, die Anzahl der kalkulierten Stunden und sie definieren die Datenquelle für Ist-Daten
- Arbeitszeitkalender: Sollarbeitszeit pro Kalenderwoche
- Anzahl der Mitarbeiter: Daten werden manuell aus der Lohnverrechnung in das System Indigo übertragen. Als Mitarbeiter im Sinn der Ressourcenplanung gelten:
 - Alle internen Mitarbeiter, die auf Poliertagesberichte buchen: Bauarbeiter auf den Baustellen, im Bauhof und Hilfsstellen (z.B. Ausbildung)
 - Leasingkräfte
- Nicht als Mitarbeiter in diesem Zusammenhang gelten:
 - Alle Mitarbeiter im Büro
 - Personen im Präsenzdienst
- Kapazität Stunden: Anzahl der Mitarbeiter * Sollarbeitszeit
- Stand per: Letzte Aufzeichnungen zur Baustelle aus Poliertagesberichten bzw. Lohnverrechnung (je nach Datenquelle der jeweiligen Baustelle)
- Geleistet: Anzahl der bereits geleisteten Stunden. Bei Kleinbaustellen Regie und Hilfsstellen wird jedes Kalenderjahr neu gezählt
- Geplante Stunden: Manuelle oder automatische Planung. Es kann nur einen Plan auf dem Bericht pro Baustelle bzw. Hilfsstelle geben. Dieser Plan hat das Attribut *Masterplan*. Diese Planung wird dann in der unternehmensweiten Übersicht angezeigt.

- Summe produktive Stunden: Anzahl aller geplanten Stunden, die verrechnet werden können: Leistungsbaustellen und Kleinbaustellen
- Summe Anbote: Jene Stunden, die für Anbote vorgesehen sind.
- Summe unproduktive Stunden: geplante Stunden für Hilfsstellen wie Ausbildung, Urlaub, Bauhof
- Frei Kapazität = Gesamte Kapazität in Stunden – Summe produktive Stunden – Summe Anbote – Summe unproduktive Stunden

12.2. DIE AUSLASTUNG DES GESAMTEN UNTERNEHMENS

Die Kombination aus automatischen und manuellen Planungen ergibt das erste Bild der Auslastung des gesamten Unternehmens.

Baustellen	Volumen	Geleistet	Datenquelle	Stand per	Offen	2009-10	2009-11	2009-12	2009-13	2009-14	2009-15
1147 Heizungszentrale UW 50	0,00	587,05	LVR	28.01.2009	-587,05						
1179 Steigenberger Hotel Linz	150,00	169,50	PTB	09.04.2009	-19,50	0,00	0,00	0,00	88,00	0,00	0,00
1180 Bauhof Werkstattsanierung	0,00	757,50	LVR	11.11.2008	-757,50						
1193 U-Hof Artothek	1.702,00	2.027,50	PTB	30.03.2009	-325,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1216 Schmalzer Steyregg	0,00	0,00	PTB	N/A	0,00						
1217 UW 50 Umbau Büro EG	1.370,00	939,00	PTB	09.04.2009	431,00	0,00	0,00	0,00	44,00	36,00	36,00
1218 Durreck Linz	200,00	0,00	PTB	N/A	200,00	72,00	88,00	72,00	66,00		
1221 Leonhartsberger Mötias	40,00	0,00	LVR	N/A	40,00						
1462 FF-Haid Königswiesen	40,00	227,00	PTB	27.10.2008	-187,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1470 Wienerstraße 222 Neubau Wohnhaus	3.478,00	87,00	PTB	10.04.2009	3.391,00						
1474 Prandstätter Pregarten	120,00	0,00	PTB	N/A	120,00		44,00	36,00	44,00	36,00	36,00
1479 Kern Sabine	60,00	0,00	PTB	N/A	60,00				44,00	36,00	
1483 Kofler	200,00	0,00	PTB	N/A	200,00						
1486 Klobhofer Theresia	25,00	0,00	PTB	N/A	25,00						
2360 Volkshaus Kleinmünchnerhof	13.233,08	11.319,00	PTB	26.11.2008	1.914,08						
2364 AKH Linz Unfallambulanz	5.075,53	3.157,00	PTB	20.11.2008	1.918,53						
2368 Landhaus Linz Fassadensanierung	2.665,49	1.471,00	PTB	18.12.2008	1.194,49						
2371 O.Ö. GKK Linz Umbau	4.309,52	3.776,00	PTB	08.04.2009	533,52	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2376 Petinumstraße 14, Linz	5.438,10	5.282,50	PTB	09.04.2009	155,60	0,00	0,00	36,00	66,00	54,00	54,00
2377 Promente Liebenau	3.396,12	3.088,00	PTB	08.04.2009	308,12						
2379 Kloster Baumgartenberg Ausbau DG	1.827,38	1.852,75	PTB	09.04.2009	-25,37	0,00	0,00	0,00	44,00	0,00	54,00
2380 Hainzl/Fellhofer	2.877,50	2.128,00	PTB	31.03.2009	749,50	54,00	0,00	0,00	0,00	9,00	36,00
2381 Renner Schule	8.022,01	6.418,50	PTB	17.04.2009	1.603,51	216,00	264,00	216,00	264,00	216,00	216,00
2382 Muschelbrunnen	611,72	671,50	PTB	02.04.2009	-59,78						
2383 GWB Haid	4.540,81	436,50	PTB	04.12.2008	4.104,31	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	180,00
2384 Lebenshilfe OÖ Estrich TW Linz	489,55	378,50	PTB	18.12.2008	111,05						
2385 Krawinkler	1.520,00	1.158,50	PTB	18.04.2009	361,50	0,00	176,00	144,00	176,00	144,00	144,00
2386 Waltherstraße 20 Wohnungsumbau Linz	1.099,00	1.002,00	PTB	17.04.2009	97,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2387 Koll Linz	2.118,00	1.758,00	PTB	17.04.2009	360,00	144,00	176,00	144,00	176,00	144,00	144,00
2388 Brücke OK-Zentrum	527,00	249,50	PTB	17.04.2009	277,50	72,00	132,00	0,00	0,00	72,00	36,00
2389 Höckner Ottenheim	1.532,38	130,50	PTB	17.04.2009	1.401,88						72,00
2390 U-Hof Cafe Restaurant	1.250,00	190,50	PTB	17.04.2009	1.059,50						108,00
2391 Volksschule 28 Flötzerweg Linz	3.200,00	17,00	PTB	17.04.2009	3.183,00						
2392 Tonabauer-Pointner	525,00	0,00	PTB	N/A	525,00						
1000 Allgemeine Regie	100,00	0,00	LVR	02.12.2008	100,00						
1001 Altstoffe Ebenort	0,00	0,00	LVR	18.02.2008	0,00						
1010 Regie Wolfgang Kern	0,00	0,00	LVR	16.12.2008	0,00						
1020 Regie Philipp Kern	0,00	0,00	LVR	15.10.2008	0,00						
1030 Regie Polly	300,00	0,00	LVR	07.11.2008	300,00						
1045 Regie Pilz	200,00	0,00	LVR	09.12.2008	200,00						
1065 Regie Wahlmüller Markus	300,00	41,00	PTB	09.02.2009	259,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1070 Regie Etlstorfer	200,00	0,00	LVR	23.09.2008	200,00						
1080 Regie Tober Erwin	0,00	0,00	LVR	29.08.2008	0,00						
1090 Regie Gusenbauer Rene	0,00	0,00	LVR	23.11.2007	0,00						
Ausbildung	3.000,00	373,00	LVR	31.01.2009	2.627,00	57,60	70,40	57,60	70,40	57,60	57,60
Bauhof	5.500,00	492,50	LVR	30.01.2009	5.007,50	180,00	220,00	180,00	132,00	108,00	108,00
Freizeit/Feiertag	3.500,00	380,00	LVR	06.01.2009	3.120,00						
Gewährleistung	0,00	20,50	LVR	20.01.2009	-20,50						
KrankenUnfall	2.000,00	334,00	LVR	31.01.2009	1.666,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Schlechtwetter	1.500,00	34,00	LVR	12.01.2009	1.466,00						
Urlaub	9.000,00	686,00	LVR	30.01.2009	8.314,00						
Mitarbeiter						30,00	30,00	30,00	34,00	36,00	36,00
Sollarbeitszeit						36,00	44,00	36,00	44,00	36,00	36,00
Kapazität in Stunden						1.080,00	1.320,00	1.080,00	1.496,00	1.296,00	1.296,00
Summe produktive Stunden						558,00	880,00	648,00	1.012,00	747,00	1.116,00
Summe Anbote						0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Summe unproduktive Stunden						237,60	290,40	237,60	202,40	165,60	165,60
Freie Kapazität						284,40	149,60	194,40	281,60	383,40	14,40

Tabelle 35: Ausschnitt aus der Gesamtplanung in Stunden

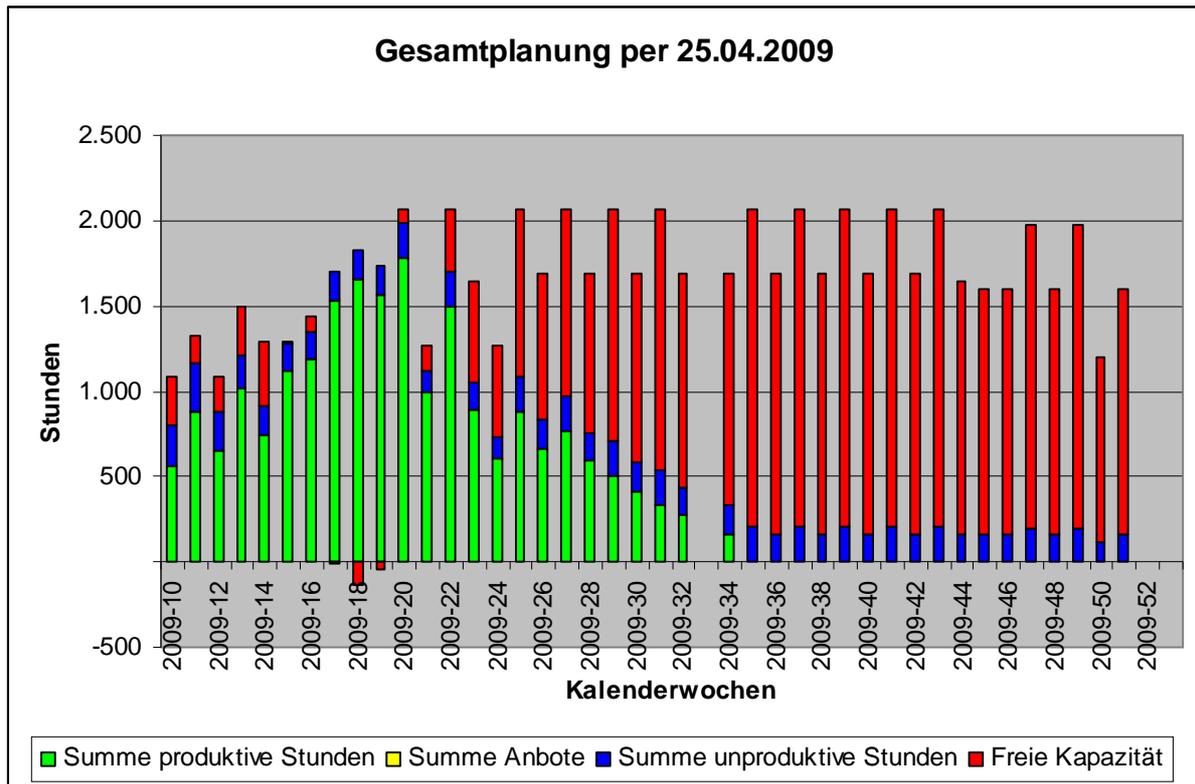


Abbildung 52: Unternehmensweite Auslastung per 25-04-2009 für Stunden

Da es beim Großteil der Planung um die Verfügbarkeit von Mitarbeitern geht, wird auch diese Darstellung unterstützt.

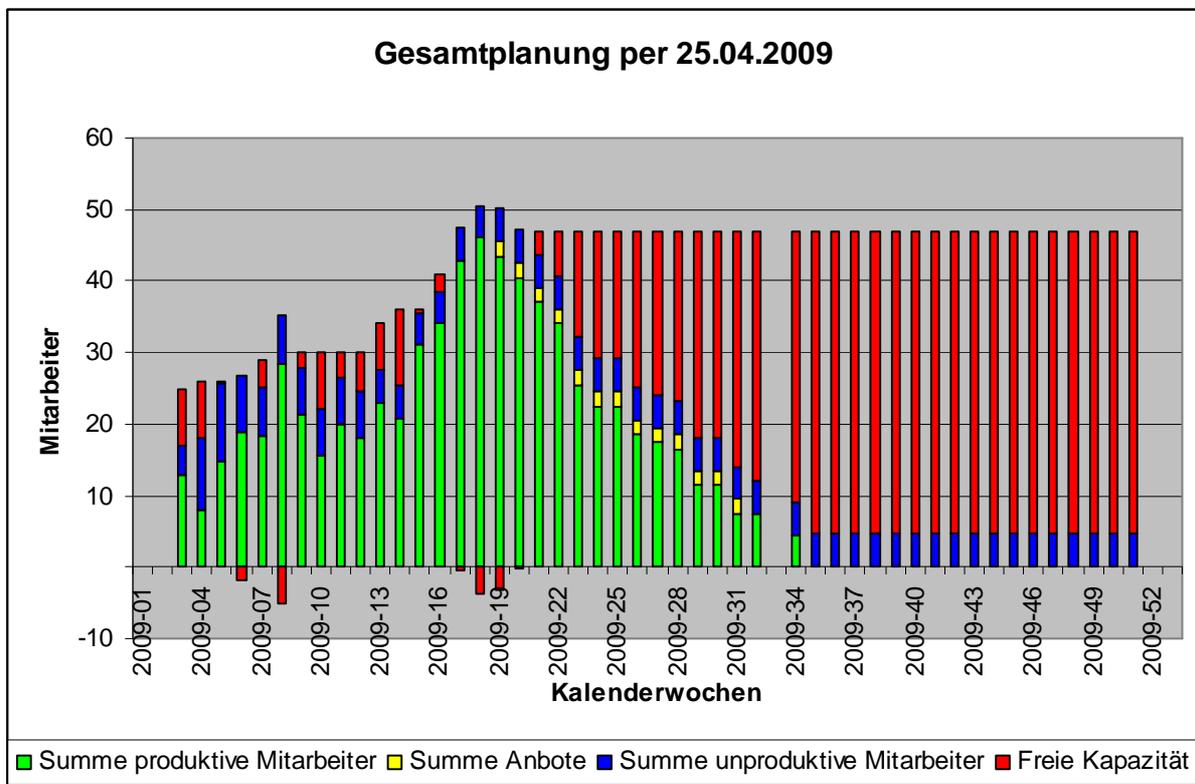


Abbildung 53: Unternehmensweite Auslastung per 25-04-2009 für Mitarbeiter

Wenn das Diagramm Werte im negativen Bereich anzeigt, wurde bei der Planung die Soll-Kapazität des Unternehmens überschritten.

12.3. SZENARIOS DURCHSPIELEN: WAS WÄRE WENN, DIESER AUFTRAG DAZUKOMMT?

Mit dem Bericht über den Planungsstatus liegt den Bauleitern und der Geschäftsführung ein Plan über die Auslastung der Baufirma vor. Auf Basis dieser Information können jetzt weitere Fragen gestellt und verschiedene Szenarios durchgespielt werden:

- Was passiert wenn wir den Auftrag X bekommen?
- Werden zusätzliche Ressourcen benötigt?
- Bestehen freie Kapazitäten?
- Können Ressourcen umgeschichtet werden?

Da der Bericht im MS Excel Format vorliegt, können die Szenarios dort einfach ausprobiert werden.

- Die Stunden sind bereits vom Programm Indigo eingetragen und werden manuell in MS Excel eingefügt
- Das Ausprobieren von Veränderungen erfolgt durch das Markieren der jeweiligen Planungen und Verschieben innerhalb von MS Excel. Da die Summen über Formeln gebildet werden, bleiben diese aktuell.

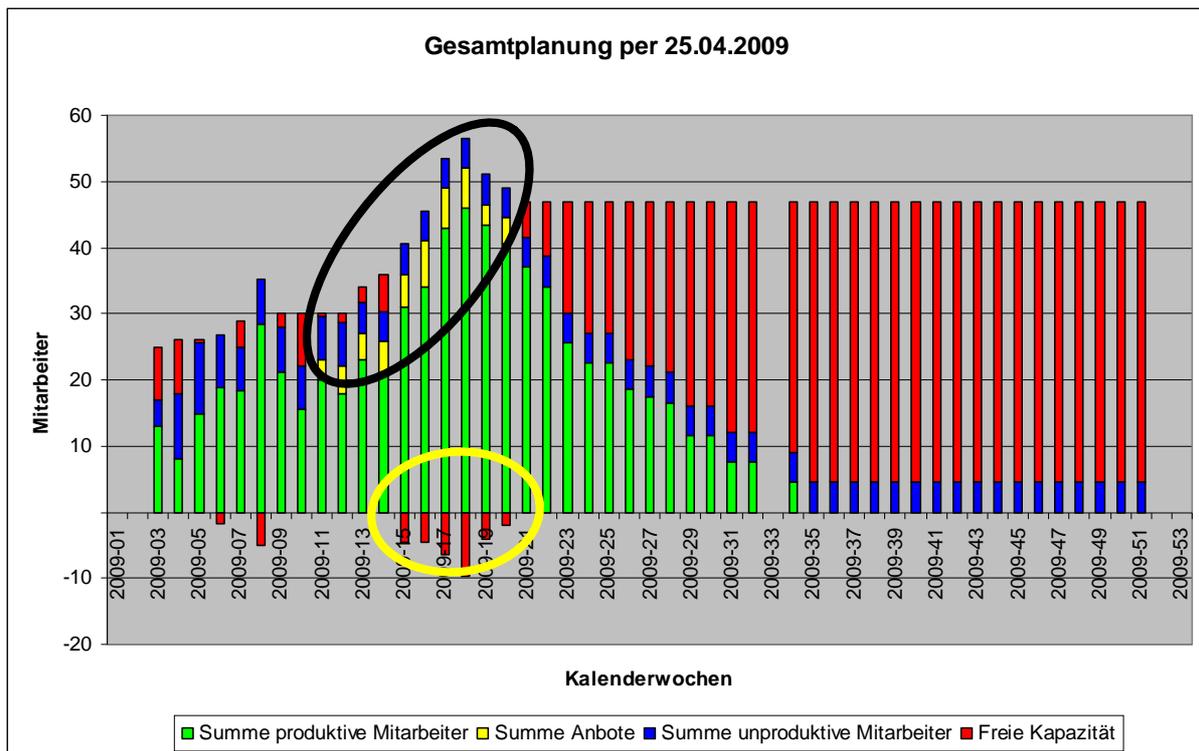


Abbildung 54: Planung eines Anbots führt zu Unter-Kapazitäten in KW 2009-15 bis 2009-20

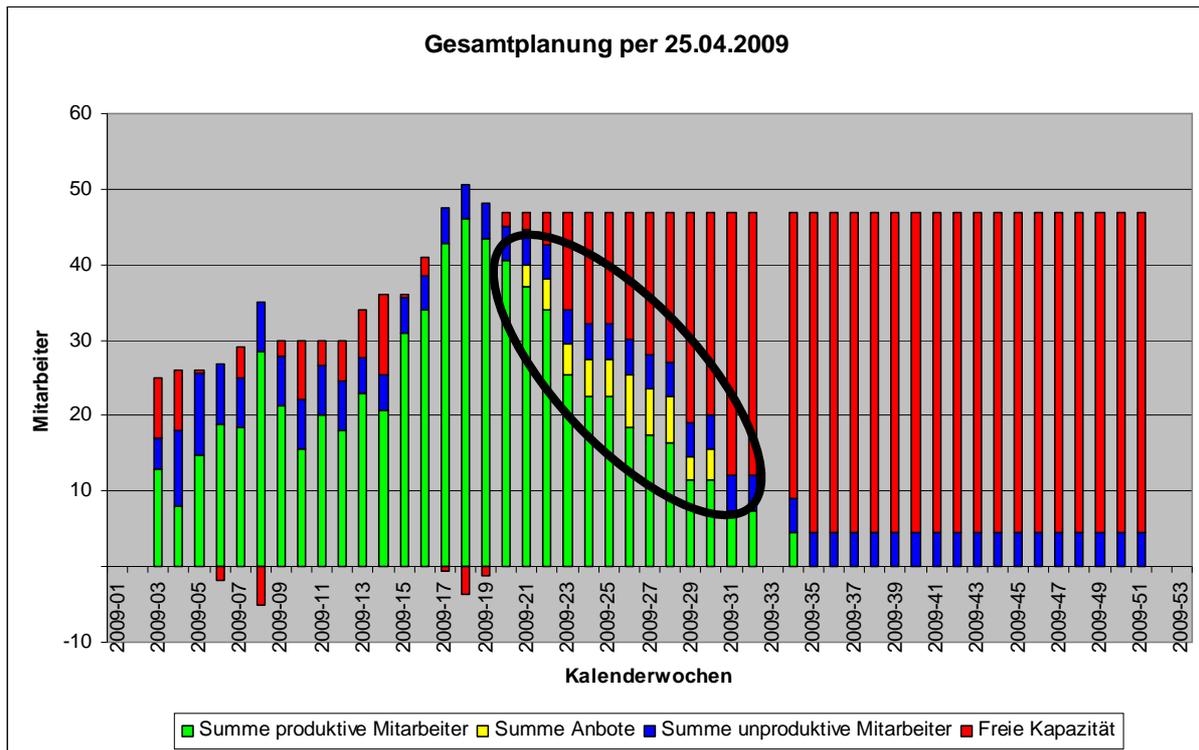


Abbildung 55: Durch die (hypothetische) Verschiebung des Starts in die KW 2009-21 wird die Auslastung gleichmäßiger verteilt

Diese Art von Szenario-Bildung kann einfach im Rahmen einer Besprechung stattfinden und macht sofort die Auswirkungen einer Umplanung sichtbar.

12.4. IST-AUSLASTUNG

Beim Soll-Ist-Vergleich wird keine qualitative Aussage getroffen, ob die Planung oder die Wirklichkeit „recht“ hat. Es wird unterstellt, dass die konkrete Ausführung so effizient wie möglich gestaltet wird und dabei flexibel auf die Anforderungen des Kunden und des Herstellungsprozesses eingeht. Die Abweichung von der optimierten (im Sinn der gleichmäßigen Verteilung des Ressourcen-Bedarfs) Planung wird auf die Realität der Baustelle zurückgeführt und ist Input für den nächsten Planungszyklus.

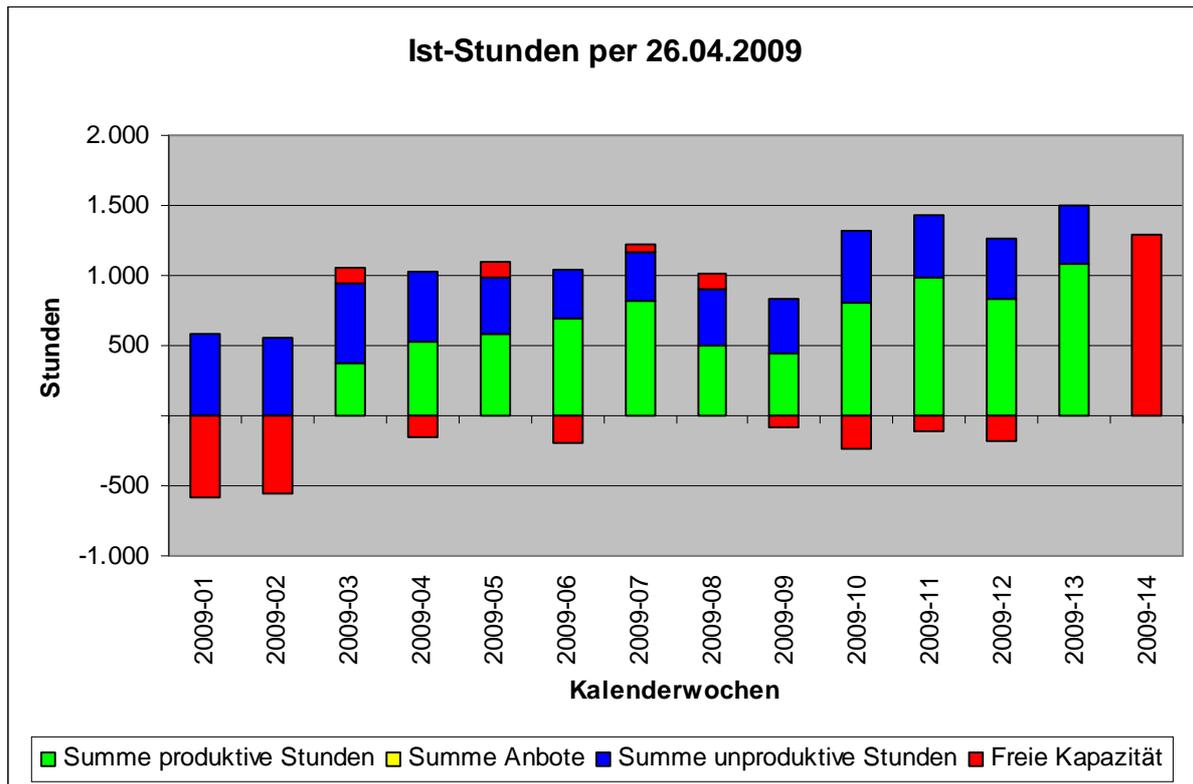


Abbildung 56: Ist-Auslastung in Stunden für Q1-2009

Die Unter-Kapazität zu Jahresbeginn erklärt sich dadurch, dass in den ersten beiden Wochen keine Sollarbeitszeit im Arbeitszeitkalender eingetragen wurde. Daher ist jede geleistete Stunde oder jeder Urlaubstag nicht durch eine Soll-Kapazität gedeckt. Mit der Einbeziehung des Arbeitszeitkalenders können Abweichungen dieser Art rasch geklärt werden.

Die anderen Unter-Kapazitäten wurden entweder mit Überstunden oder mit Mitarbeitern (auch Leasingkräfte) abgedeckt, die noch nicht korrekt im System Indigo eingetragen wurden.

12.5. VERGLEICH PLANUNG VS. IST-DATEN

Seit Mai 2008 werden sowohl die Ist-Daten aus den Poliertagesberichten als auch manuelle Planungen im System Indigo erfasst. Um den Unterschied zu den beiden Testläufen im Abschnitt 11.6 Vergleich 1. und 2. Testlauf darstellen zu können, wurden einige Beispiele von abgeschlossenen Baustellen ausgewählt.

Seit Mai 2008 liegen die Daten weitgehend vor, um die Planungsgenauigkeit beobachten zu können:

- Daten aus den Poliertagesberichten
- Daten aus der Lohnverrechnung
- Manuelle Planung und vereinzelt automatische Planungen
- Automatische Planungen, die ex-post von mir vorgenommen wurden

Es wird in weiterer Folge der Schwerpunkt auf die Betrachtung der Stunden gelegt. Der Grund dafür ist die Tatsache, dass bei laufenden Baustellen die gesamte Anzahl der Mitarbeiter-Tage natürlich noch nicht vorliegt. Daher sind die Aussagen zur Planungsgenauigkeit bei Mitarbeitern bei laufenden Baustellen noch mit Vorbehalt zu lesen.

In diesem Abschnitt wird dargestellt werden, welche Unterschiede zwischen manueller und automatischer Planung und den Ist-Daten vorliegen.

12.5.1. UNTERSCHIEDE BEI DER DURCHFÜHRUNG DER PLANUNGEN

Bei den beiden Testläufen wurden einige Voraussetzungen hergestellt, um die Planungsgenauigkeit vergleichen zu können:

- Das geplante Volumen wurde mit der tatsächlichen Anzahl der geleisteten Stunden gleichgesetzt
- Die Start- und Endtermine wurde den Daten der Vergangenheit angepasst
- Veränderungen des Volumens während der Laufzeit der Baustelle wurden entfernt
- Bauunterbrechungen wurden aufgrund von Lücken bei der Erbringung der Leistung angenommen

Diese vier Anpassungen haben die Variablen während der Laufzeit und damit der Planung deutlich reduziert. Wie bewähren sich die automatischen und manuellen Planungen in einer Situation erhöhter Unsicherheit:

- Veränderungen während der Laufzeit in Bezug auf Bauunterbrechungen
- Abschlusstermin nicht sicher
- Das Volumen kann geändert werden
- Das offene Volumen in Stunden kann mitunter sogar unterschritten werden: Entweder werden mehr Stunden als kalkuliert verbraucht oder es liegen undokumentierte Zusatzaufträge vor
- Das Volumen ist nicht der Maßstab für die Leistungserbringung. Ein geringerer Verbrauch an Stunden erwirtschaftet Vorteile für das Unternehmen

Auswirkungen auf die automatischen Planungen:

- Wenn das offene geplante Volumen weniger als 0 Stunden ist, wird die Planung abgebrochen.
- Das Programm versucht die offenen, kalkulierten Stunden zu planen, die für den Bauleiter möglicherweise nicht mehr relevant sind, da die Leistung bereits erbracht wurde.
- Long tail-Problem: Wenn zwischen dem Hauptteil der Leistungen und dem kompletten Abschluss eine lange Zeitdauer verstreicht, versucht die automatische Planung die Stunden auf den gesamten Zeitraum zu verteilen.

Zunächst zwei Beispiele, um das Verhalten der automatischen und manuellen Planungen in der realitätsnäheren Umgebung zu betrachten. Im Anschluss daran der Blick auf die unternehmensweite Planung.

12.5.2. 2372 – BEISPIEL FÜR EINE ABGESCHLOSSENE BAUSTELLE

Diese Baustelle wurde im Beobachtungszeitraum begonnen und abgeschlossen. Die automatischen Planungen wurden ex-post erstellt, ohne jedoch die Eigenschaften der Baustelle zu verändern.

Das kalkulierte Volumen beträgt 1.996,75 Stunden, eingesetzt wurden jedoch nur 1.896,50. Die Abweichung der Planungsmethoden bei den Stunden bezieht sich auf die **geplante** Stundenanzahl, die als Ziel während der ganzen Laufzeit verfolgt wurden.

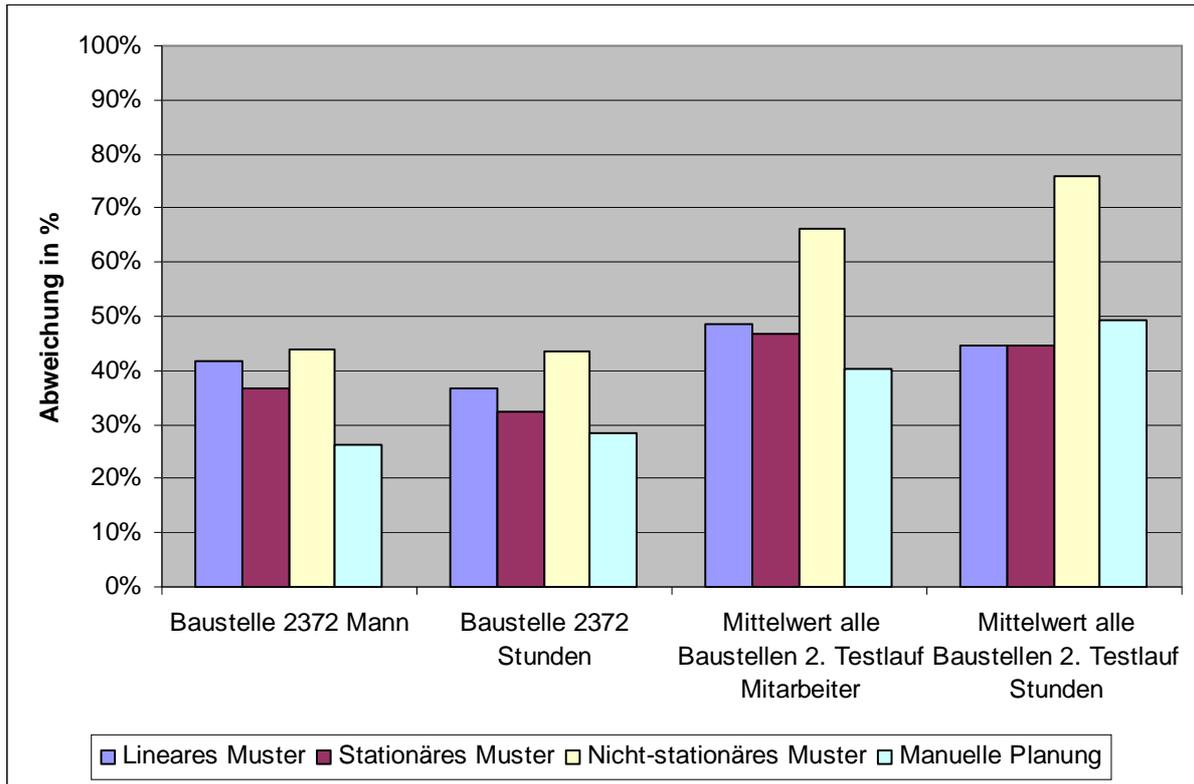


Abbildung 57: Vergleich der Planungsgenauigkeit Baustelle 2372 – 2. Testlauf

Alle Planungsmethoden weisen bei dieser Baustelle eine höhere Genauigkeit auf als beim 2. Testlauf erreicht werden konnte.

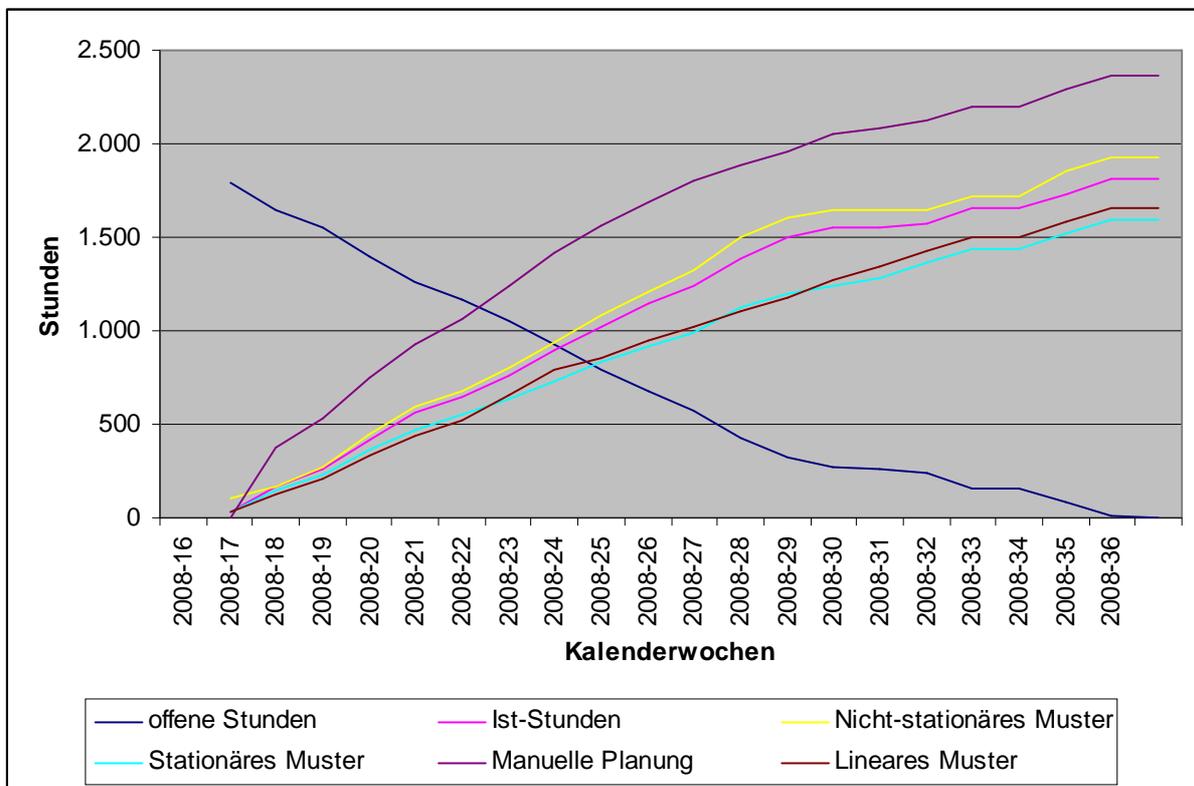


Abbildung 58: Kumulativer Stundenverbrauch – Baustelle 2372

Die Baustelle 2372 hat immer noch kalkulierte Stunden offen und ist niemals in den negativen Bereich (keine disponibaren Stunden mehr vorhanden) gerutscht.

12.5.3. 2376 – BEISPIEL FÜR EINE LAUFENDE BAUSTELLE

Diese Baustelle ist zum Zeitpunkt dieser Beschreibung noch nicht abgeschlossen. Sie zeigt einige Merkmale, die für automatische Planungen schwieriger zu bewältigen sind:

- Sehr steiler Anstieg der Leistungen: de facto wurden nach ca. 20 Kalenderwochen – einem Drittel der geplanten Laufzeit – die kalkulierten Stunden verbraucht
- Aufgrund der langen Durchlaufzeit versuchen die automatischen Planungsmethoden die Stunden gleichmäßig zu verteilen. Dabei werden auch weniger Wochenstunden benötigt, als ein Mitarbeiter pro Woche leistet – diese Wochen werden dann auf 0 Stunden gerundet.
- Die Menge der disponibaren Stunden fällt mehrfach unter Null.

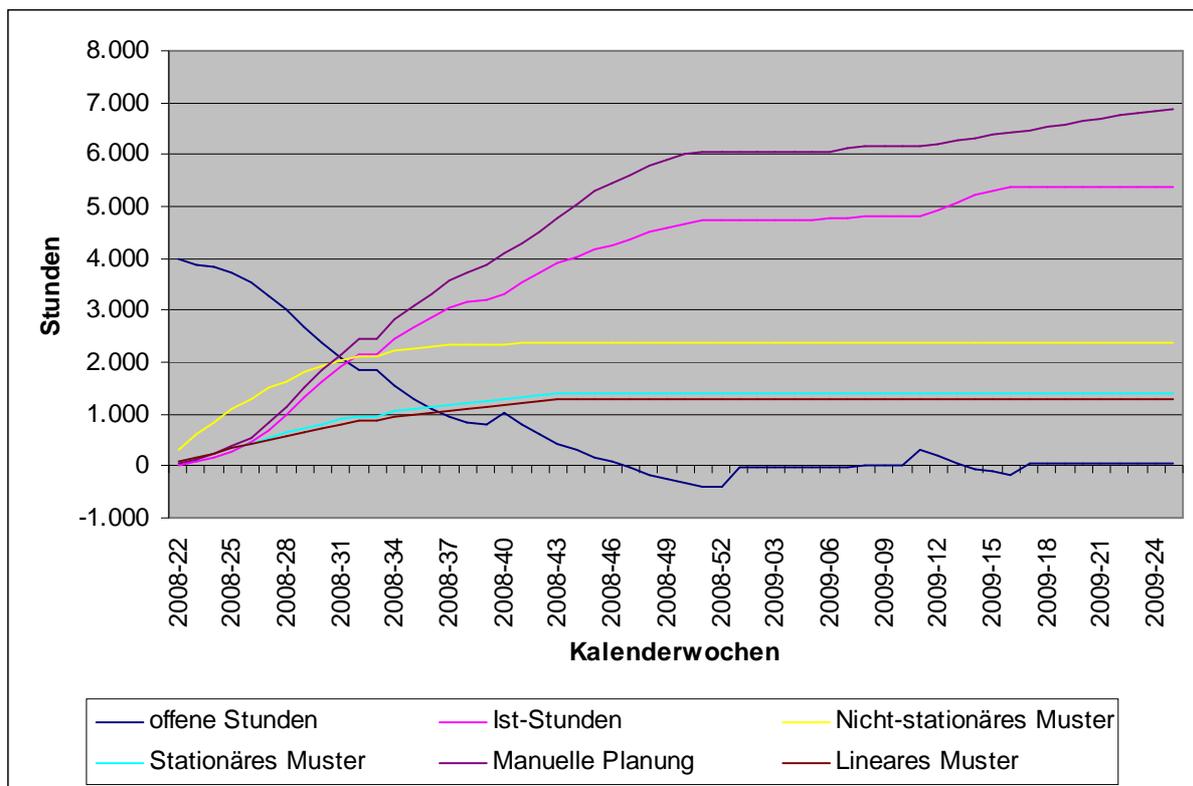


Abbildung 59: Kumulativer Stundenverbrauch – Baustelle 2376

Die Planungsgenauigkeit bei dieser laufenden Baustelle liegt unterhalb der im 2. Testlauf erzielten Ergebnisse:

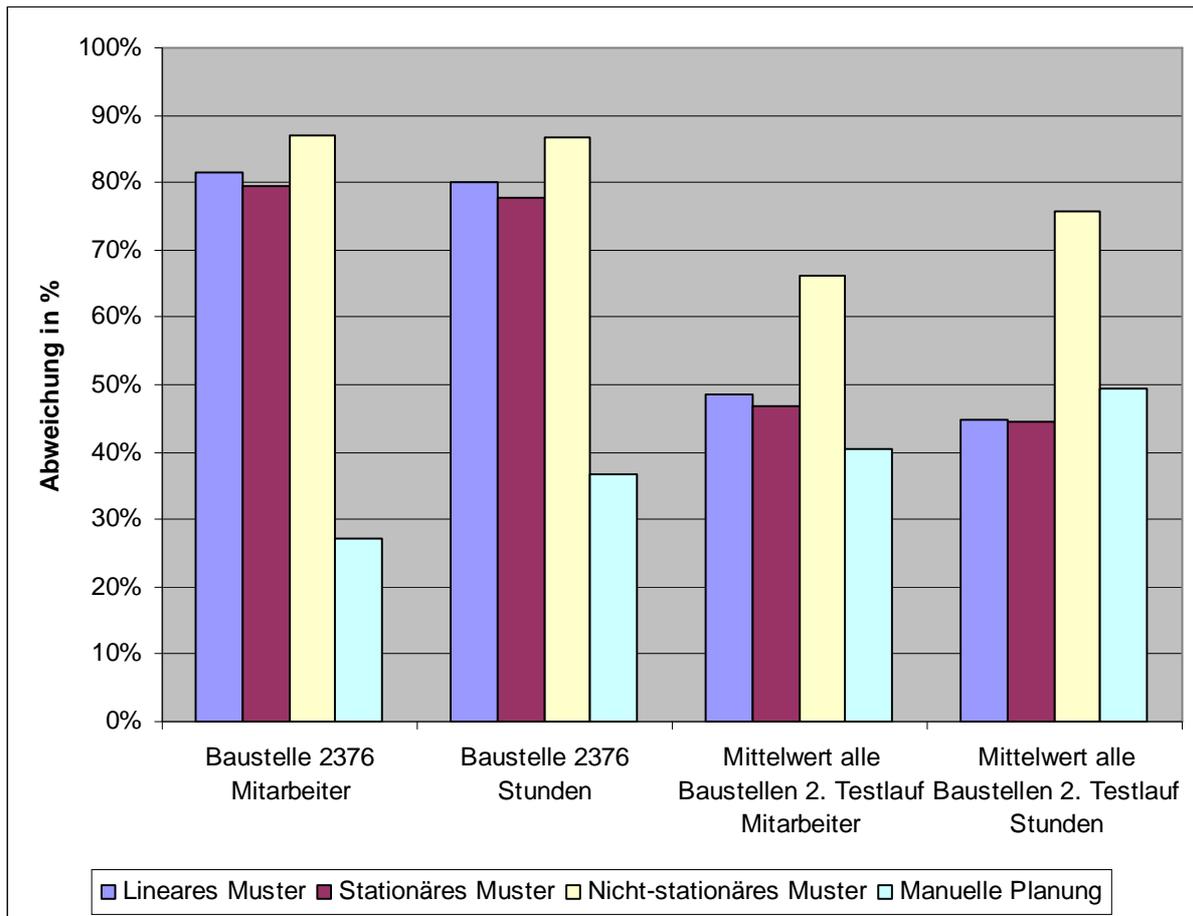


Abbildung 60: Vergleich der Planungsgenauigkeit Baustelle 2376 – 2. Testlauf

Bei dieser Baustelle liegen die automatischen Planungsmethoden in einer ähnlichen Größenordnung wie beim 2. Testlauf. Die manuelle Planung ist deutlich näher an den Ist-Daten.

Die Baustelle 2376 zeigt gut die Merkmale der systemischen Dynamik der automatischen Planung: Die zugrunde liegenden Regeln sind sehr einfach, die Ergebnisse jedoch mitunter entgegen den Intentionen der Planung und können eine geringer Planungsgenauigkeit liefern.

Wenn die automatische Planung (die auf expliziten Informationen beruht) und die manuelle Planung (die das implizite Expertenwissen einbezieht) von unterschiedlichen Voraussetzungen in Bezug auf Stundenvolumen oder Zeitraum ausgehen, können die Ergebnisse weit auseinander liegen:

- Der Bauleiter berücksichtigt bereits Zusatzaufträge, die noch nicht formal erfasst wurden
- Der Bauleiter orientiert sich an einem Zeitrahmen, der in der automatischen Planung nicht abgebildet wurde
- Der Herstellungsprozess bei dem konkreten Bauvorhanden erfordert einen vom Durchschnitt abweichenden Ressourceneinsatz
- Die Rundung im Rahmen der Gruppierung auf Wochenbasis verändert diese Faktoren zusätzlich

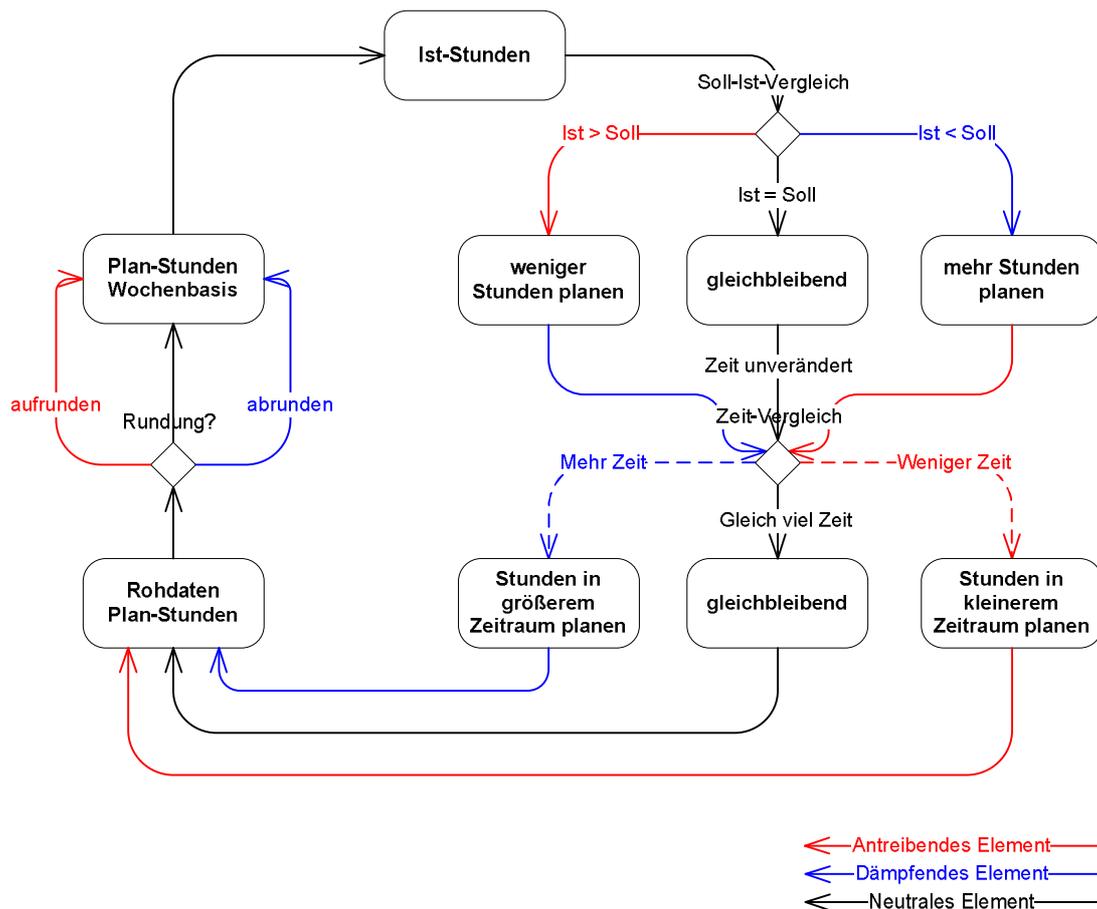


Abbildung 61: Regelkreislauf für die Berechnung der Stunden

Die beiden Beispiele zeigen, dass für eine automatische Planung einige Voraussetzungen an Informationsqualität gegeben sein müssen:

- Start- und Fertigstellungstermin sollen so realistisch wie möglich sein und bei Bedarf korrigiert werden. Ansonsten versucht die automatische Planung, die Stunden über einen nicht korrekten Zeitraum aufzutragen.
- Sämtliche Zusatzaufträge müssen unmittelbar erfasst werden. Anderenfalls sind keine disponierbaren Stunden mehr verfügbar und die automatische Planung stoppt.
- Produktions- und wetterbedingte Unterbrechungen eintragen, damit sie berücksichtigt werden können.

12.5.4. UNTERNEHMENSWEITE PLANUNG IM Q1-2009

Die unternehmensweite Kapazitätsplanung wurde im ersten Quartal zu einem regelmäßigen Prozess entwickelt:

- Die manuellen Planungen werden einmal pro Woche mit allen Bauleitern durchgearbeitet
- Die Berichte über bereits verbrauchte Stunden werden vorgelegt
- Automatische Planungen werden vereinzelt eingesetzt, um die Auswirkung eines Anbots oder einer neuer Baustelle auf die Gesamtauslastung zu sehen.

Der Schwerpunkt liegt auf den produktiven Stunden, die nicht-produktiven Stunden wie Bauhof oder Urlaub werden punktuell bearbeitet.

Die Daten für die Übersicht stammen aus folgenden Quellen:

- Ist-Daten aus Poliertagesberichte bzw. Lohnverrechnung (Einstellung je nach Baustelle, Hilfsstelle).
- Manuelle Planungen stammen direkt aus dem als Beispiel verwendeten Unternehmen und sind der Stand **nach** Ende des 1. Quartals. Sie wurden **während** des Beobachtungszeitraumes mehrfach überarbeitet, um die sich ändernden Anforderungen zu unterstützen.
- Lineare Planungen wurden ex-post von mir durchgeführt.

Das folgende Diagramm zeigt, dass die Planungen noch nicht alle Baustellen umfassen oder eine Tendenz zu Unterzeichnung aufweisen.

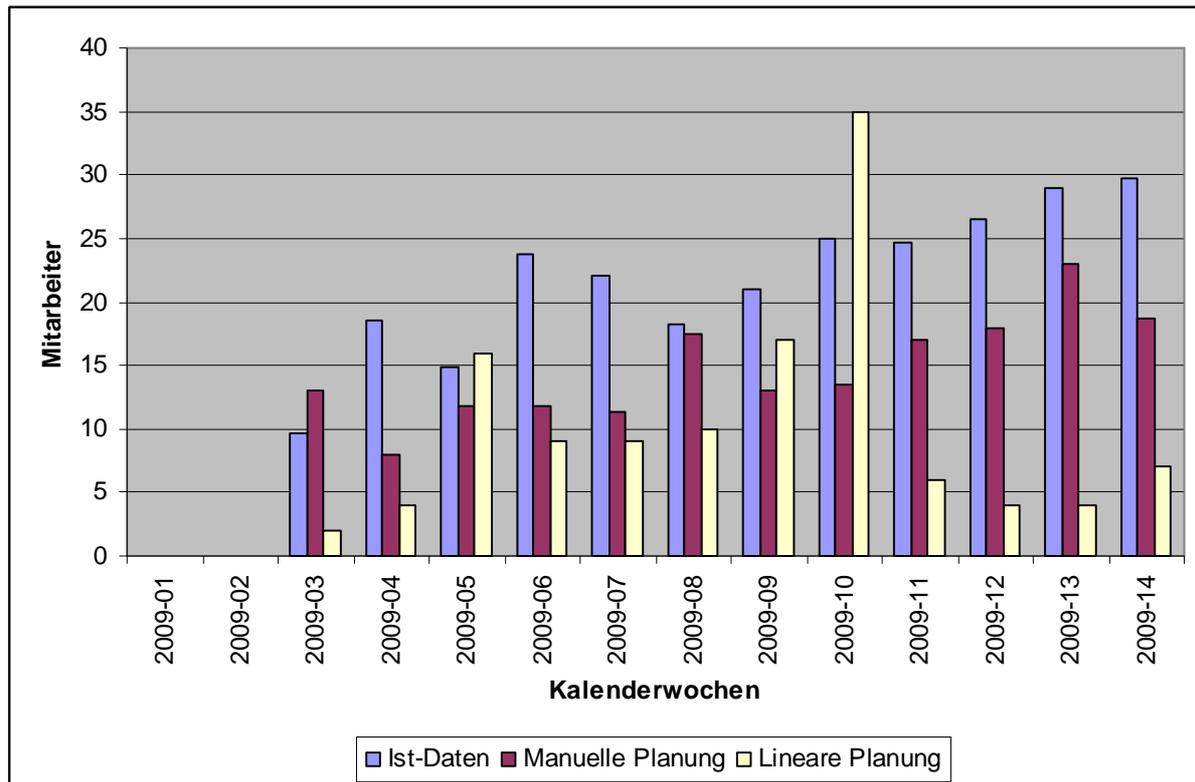


Abbildung 62: Soll-Ist Vergleich bei produktiven Mitarbeitern im Q1-2009

Diese Situation zeigt auch die entsprechenden Auswirkungen bei den Stunden:

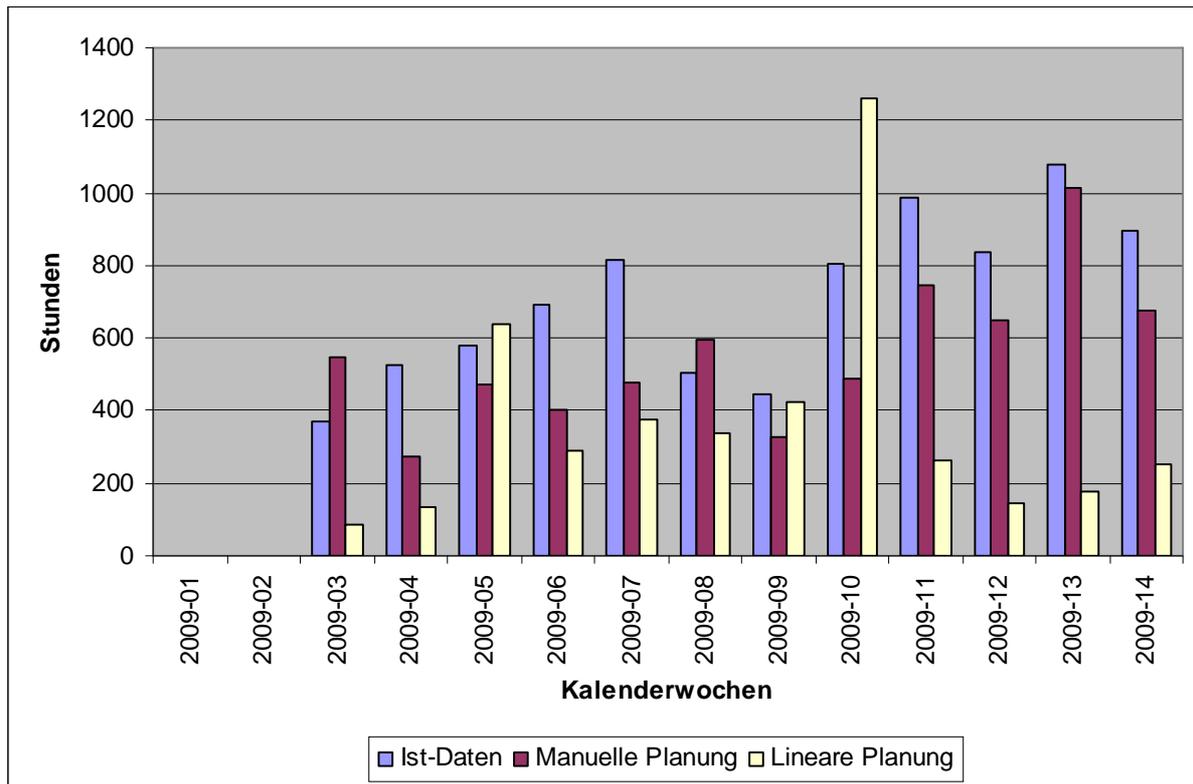


Abbildung 63: Soll-Ist Vergleich bei produktiven Stunden im Q1-2009

Die Planungen und deren Abweichungen von den Ist-Daten im ersten Quartal 2009 zeigen, dass die unternehmensweite Kapazitätsplanung einen guten Reifegrad erreicht hat. Der Prozess des Planens und Abgleichens wird regelmäßig durchgeführt und der Planungshorizont wurde deutlich ausgedehnt.

Zugleich sind auch die Bereiche mit Handlungsbedarf deutlich sichtbar: Höhere Genauigkeit und Vollständigkeit bei der manuellen Planung sind anzustreben. Die automatische Planung spielte im ersten Quartal noch eine untergeordnete Rolle.

12.6. VALIDIEREN DER PROGNOSE AUS DER EARNED-VALUE-ANALYSE

Bei der Prognose der voraussichtlichen Stundenanzahl sind folgende Annahmen hinterlegt:

- Die bisherige Geschwindigkeit bei der Leistungserbringung wird beibehalten
- Der Verbrauch an Stunden ist linear an die Erbringung der Leistung gebunden
- Die Schätzung des Fertigstellungsgrades ist realistisch

Diese drei Annahmen bestimmen die Prognose sehr wesentlich und alle drei können in der Praxis in Frage gestellt werden.

Die bisherige Performance (Baufortschritt in Relation zur Zeit) ist ein Durchschnittswert. Im Lauf der Baustelle kommt es natürlich zu produktionsbedingten, unterschiedlichen Geschwindigkeiten beim Leistungsfortschritt.

Ebenso kann für Erbringung von 10% der Gesamtleistung mehr als auch weniger als 10% der Stunden aus der Arbeitskalkulation verbraucht werden. Je nach Art der Arbeit liegt ein unterschiedlicher Grad an Automatisierung bzw. manueller Tätigkeit vor. Das bestimmt dann natürlich den Verbrauch an Stunden.

Unter Berücksichtigung dieser Aspekte stellt sich die Frage, welches Gewicht dann die Prognose noch haben kann. Um diese Frage beantworten zu können, wird eine Baustelle herangezogen, für die bereits die geschätzten Fertigstellungsgrade zur Verfügung stehen. Nach Abschluss einer solchen Baustelle wird im Rahmen der Abrechnung festgestellt, wie viele Stunden tatsächlich verbraucht wurden und wie viele davon in Form von Leistung dem Bauherrn tatsächlich in Rechnung gestellt werden können.

Für die Validierung der EVA Prognose sind folgende Punkte wesentlich:

- Hat die Prognose eine Verhaltens- bzw. Planungsänderung ausgelöst, die zum Erreichen des Zieles beigetragen hat?
- Hat die Prognose den Trend der Baustelle richtig dargestellt?

Als Beispiel für die durchgehende Tendenz bei der Schätzung des Baufortschrittes die folgende Baustelle. Das kalkulierte Volumen wurde mit 1.500 Stunden berechnet, die Durchlaufzeit betrug 27 Wochen. Es wurden bei der Abschlussrechnung 1.350 Stunden als Leistung in Rechnung gestellt.

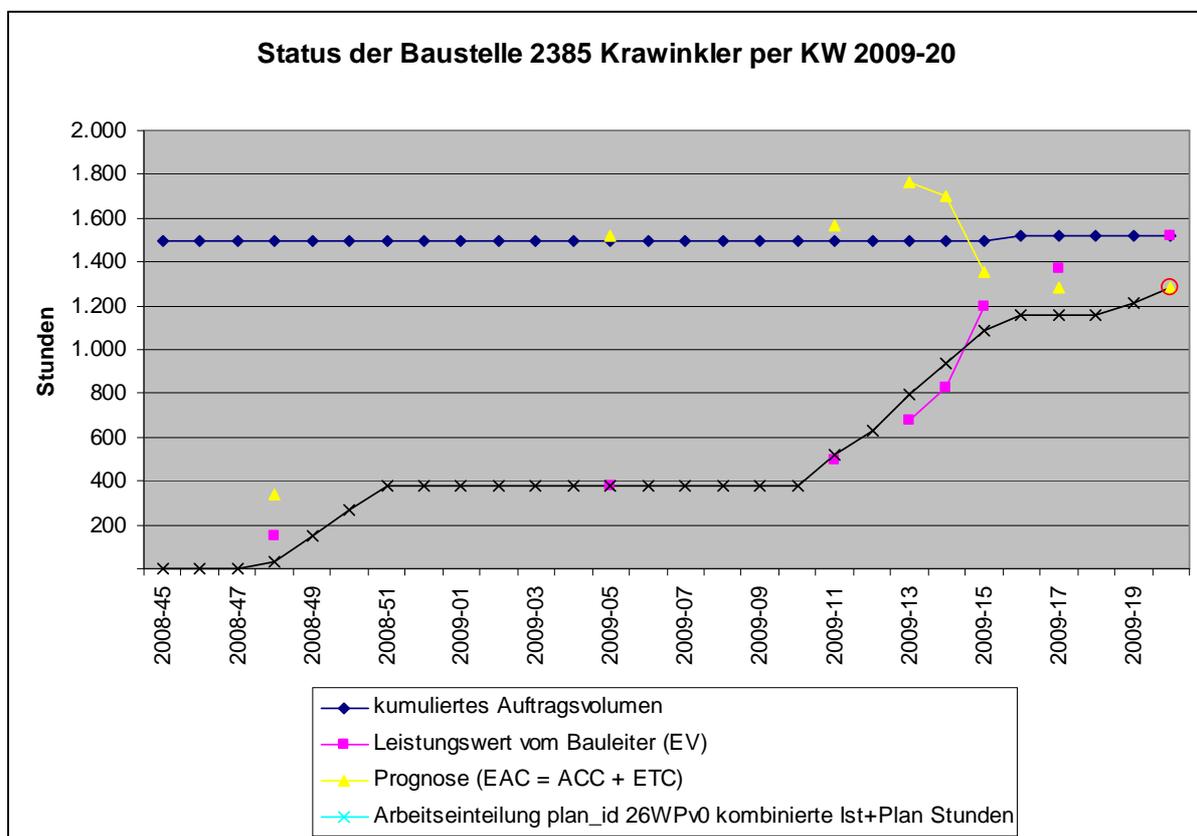


Abbildung 64: Earned-value-Analyse Baustelle 2385

Zu Beginn der Baustelle wird der Fortschritt zu optimistisch eingeschätzt. Das führt zu einem sehr niedrigen EAC (= Estimate at completion) für die Anzahl der Stunden. Zusätzlich ist die Hebelwirkung einer zu niedrigen oder zu hohen Schätzung am Anfang der Durchlaufzeit noch stärker wirksam, da die bisherige Performance auf die gesamte Laufzeit extrapoliert wird. Das Niveau der Unsicherheit sinkt natürlich im Lauf der Fertigstellung und die Schätzung nähert sich den Ist-Daten an.

Die Frage, ob die Earned-value-Analyse eine Verhaltensänderung bewirkt hat, kann nicht beantwortet werden. Es liegen keine konkreten Fakten für die Reaktion der Bauleiter auf diese

Analyse vor. Bei einer Baustelle, die sich nicht im kritischen Bereich einer Stundenüberschreitung befindet, hat die Earned-value-Analyse wenige Auswirkungen.

Beim oben stehenden Beispiel nähern sich die Prognosen ab der Hälfte der Laufzeit stark den tatsächlichen Werten an. Da zu diesem Zeitpunkt bereits über 50% der kalkulierten Stunden verbraucht wurden, ist es als Zeichen der Gesundheit der Baustelle zu verstehen.

Die Earned-value-Analyse ist ein unterstützendes Werkzeug, um den Zustand einer Baustelle zu hinterfragen. Es zwingt den Bauleiter, sich quantifizierend mit der Baustelle auseinander zu setzen. Darüber hinaus werden die punktuellen Fortschrittsschätzungen im System Indigo dokumentiert und erzwingen eine stärkere Konsistenz bei der Beurteilung der Baustelle.

13. ÜBERBLICK DER IMPLEMENTIERUNG VON INDIGO

Im Rahmen der Dissertation habe ich die Software Indigo entwickelt, mit der die Planung und Auswertung durchgeführt wurden. Die Software befindet sich seit Mai 2008 auch im praktischen Einsatz in einem Unternehmen.

In diesem Abschnitt werden einige technische Aspekte der Umsetzung beschrieben. Vollständigkeit – als technische Dokumentation – wird nicht angestrebt. Es soll vielmehr lediglich ein Überblick über die Tools und die Konzeption gegeben werden. Die folgende Darstellung ist eine Wiedergabe des Status Anfang Mai 2009. Die Software wird laufend weiterentwickelt, daher verändern sich auch Teile der Implementierung.

13.1. WORAUS BESTEHT INDIGO?

Indigo ist eine Two-Tier (Client – Server) Applikation, die aus einer Windows 32 Applikation, einem Firebird Structured Query Language (SQL) Datenbank Server, dem dazugehörigen Open Database Connectivity (ODBC) Treiber und MS Excel für die Reportingausgabe besteht.

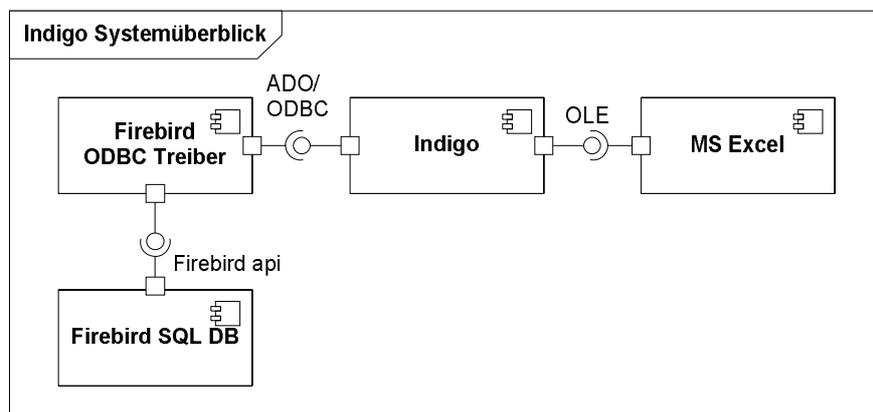


Abbildung 65: Komponentendiagramm Indigo

Der Großteil der Logik ist in der Client Applikation enthalten, die Datenbank kümmert sich um zusätzliche Aspekte der Datenkonsistenz mit Constraints bzw. Foreign Keys. MS Excel wird via Object Linking and Embedding (OLE)⁹² angesteuert und zur Ausgabe von Berichten verwendet.

13.2. VERWENDETE SOFTWARE UND TOOLS

Da mit der Wahl des Themas der Dissertation und dessen Positionierung klar war, dass auch Software erstellt werden muss, war die Auswahl der Entwicklungsumgebung rasch erledigt: Der Schwerpunkt der Arbeit soll bei der Analyse und Auswertung der Quelldaten und der Testergebnisse liegen, daher habe ich eine mir bereits vertraute Entwicklungsumgebung ausgewählt.

Mit Visual Objects habe ich in der Vergangenheit einige Projekte realisiert. So wurde der Lernaufwand für eine neue Entwicklungsumgebung vermieden (der Umgang mit Firebird kam noch dazu) und der Fokus auf die wissenschaftliche Arbeit abgesichert.

⁹² OLE ist ein Verfahren, mit dem Programme miteinander kommunizieren können. Im konkreten Fall ruft Indigo MS Excel auf und erstellt dort eine Datei mit Diagramm. Die Daten und Befehle dafür werden mit dem OLE Protokoll übertragen.

13.2.1. DATENBANK

Firebird SQL DB (verwendete Version 2.0.4 13130) ist ein Open Source Projekt mit einer aktiven Community. Die Datenbank ist schlank und verfügt über alle Eigenschaften einer SQL Datenbank. Der Zugriff auf Firebird DB erfolgt über den Firebird ODBC Treiber (Version 2.00.00.144).

In der Dokumentation von Firebird werden unter anderem folgende zentrale Eigenschaften beschrieben:

- *A.C.I.D. compliance: The concept of "Atomicity, Consistency, Isolation and Durability" is what Firebird is built for.[...]*
- *Full transaction control: A single client application can have multiple, concurrent transactions. The various available isolation levels can be fully controlled by the client on a per- transaction basis. The Two-Phase-Commit protocol allows guaranteed consistency across databases. Optimistic locking is also supported as well as multiple Transaction Savepoints.*
- *Declarative Cascading Referential Integrity: Ensures consistency and validity of n-level deep parent-child relationships between tables.*
- *SQL Standard Compliance: Firebird has full SQL 92 Entry Level 1 Support and implements most of the SQL-99 standard, plus some very useful additions.*⁹³

Firebird hat sich im Rahmen dieser Dissertation sehr gut bewährt. Da die Applikation nur Standard-SQL verwendet, können auch andere SQL Datenbanken als Backend verwendet werden.

13.2.2. ENTWICKLUNGSUMGEBUNG

Visual Objects (=VO) 2.8 SP2 (build 2830) ist eine objektorientierte Entwicklungsumgebung, die als Nachfolger von Clipper für xBase Datenbanken positioniert wurde. Nach Besitzerwechseln (von Nantucket zu Computer Associate) ist das Produkt jetzt im Besitz von GrafXSoft.

Visual Objects neigt sich dem Ende seiner Lebenszeit zu. Die Community ist klein und der Großteil der Anwender arbeitet überwiegend noch mit xBase Datenbanken, wenige mit SQL. Der Hersteller liefert nur noch Bugfixes, aber keine funktionellen Erweiterungen mehr.

Da der Hersteller ein Nachfolge Produkt – Vulcan.net – mit sehr ähnlichem Sprachumfang, bereits im Rahmen der .net Technologie von Microsoft, anbietet, liegt eine Umstiegsmöglichkeit vor (Mit dem Transporter wird sogar ein Tool für die Migration mitgeliefert).

Wesentliche Eigenschaften und Funktionen von Visual Objects:

- Objektorientierte Programmierung mit Vererbung, Kapselung und Polymorphismus
- Dynamische Datentypen: Strings, Arrays, Objekte etc.
- Unterstützung aller Elemente von C, um die Microsoft Windows API nutzen können
- VO erlaubt sowohl Strong Typing als Loose Typing für die Typisierung von Variablen zur Compiler- bzw. Laufzeit
- Automatisches Speicher-Management – Garbage collector kümmert sich um die Freigabe des allokierten Speichers, der nicht mehr benötigt wird
- Repository für das Ablegen der gesamten Entwicklungsdaten

⁹³ <http://www.firebirdsql.org/guide/FBfactsheet.html> (Abgerufen: 7. Mai 2009, 16:49 UTC)

- Unterstützung von verschiedenen Datenquellen wie xBase und ODBC
- Standardfunktionen einer 4G Entwicklungsumgebung wie grafische Werkzeuge zum Gestalten von Fenstern, Menüs etc., Debugger, Einbinden von externen *.dll Dateien.

Einige Zusatztools liegen für Visual Objects vor. Davon habe ich folgende eingesetzt:

- VO2Ado: Zugriff auf ODBC Datenquellen via Advanced Data Objects (ADO)
- Bbrowser: verbesserte Darstellung von Daten in Spalten gegenüber dem mitgelieferten Browser von VO
- RightSLE von Willie Moore: Eingabefeld, das Rechenoperationen aller Art ermöglicht
- IniFile von Ivo Wessel: erweiterte Funktionen für das Speichern und Lesen von Konfigurationsdaten in ini-Dateien.

13.2.3. TOOLS

Zur Umsetzung der Dissertation als auch des Programms Indigo wurden noch weitere Werkzeuge verwendet:

- SQL Manager for InterBase & Firebird: Ein Werkzeug zur Administration der Firebird DB
- VO DocTool von Frans de Wit: Erstellt Basis-Dokumentation für Visual Objects Sourecode
- MS Excel: Einerseits Reporting Tool für Indigo, andererseits für einfache statistische Analysen
- MS Visio: Flussdiagramme, UML Diagramme
- MS Word: Die Dissertation selbst

13.2.4. LINKS ZU DEN EINGESETZTEN WERKZEUGEN

Firebird SQL: www.firebirdsql.org

Visual Objects: www.grafxsoft.com

VO2ADO: www.heliks.nl

Bbrowser: www.bbrower.com

RightSLE: www.wmconsulting.com/rightSLE.htm

DocTool: ftp://grafxsoft.com/VO_28_3rdParty/TS_Doc_Tool_For%20SP2_2830/

IniFile: www.ivo-wessel.de

SQL Manager: www.ibmanager.com

13.3. USECASES IN INDIGO

Die Darstellung des Funktionsumfangs von Indigo erfolgt mit Usecases in der UML 2.0 Notation.

Es gibt fünf Gruppen von Usecases:

1. Ist-Daten bearbeiten: Baustellen, Poliertagesberichte, Lohnverrechnung, Fertigstellungsgrade und Leistungen
2. Planungen durchführen: automatische und manuelle Planungen anlegen, ändern; Bauunterbrechungen bearbeiten
3. Reporting: Alle Arten von Berichten via MS Excel ausgeben
4. Steuerdaten bearbeiten: Kalender, Mitarbeiter, Muster
5. Systemeinstellungen: Datenbank, Verzeichnisse für Logfiles, Standard-Sollarbeitszeit etc.

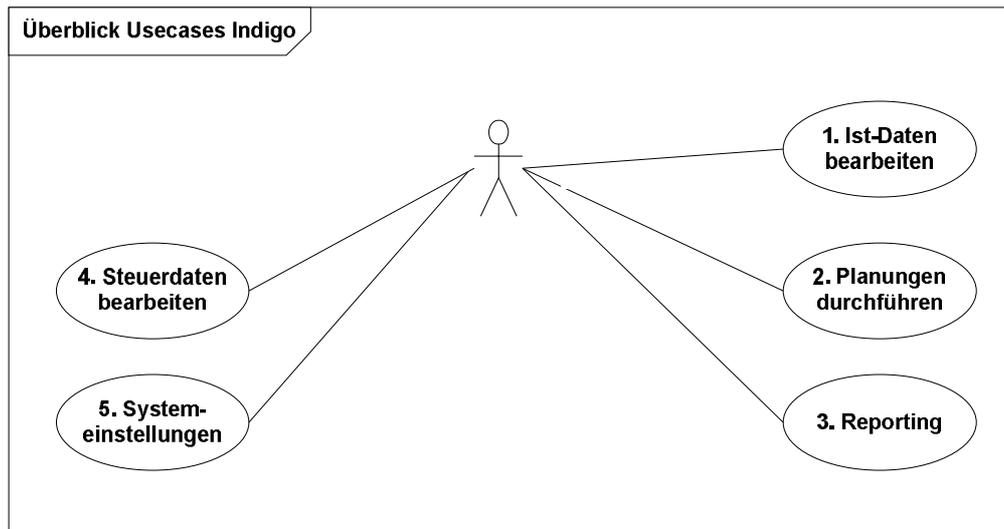


Abbildung 66: Überblick Indigo Usecases

Die Usecases in der Gruppe *1. Ist-Daten bearbeiten* zeigen eine sehr ähnliche Struktur: Die Daten werden erfasst, bearbeitet und gelöscht. Die Art der Bearbeitung unterscheidet sich natürlich je nach Art der Daten.

Der *Import der Daten* aus der Lohnverrechnung kommt ohne weitere Differenzierung aus. Die Daten werden aus einer CSV Datei (ein Export aus dem Lohnverrechnungsprogramm) eingelesen und so in die Datenbank geschrieben.

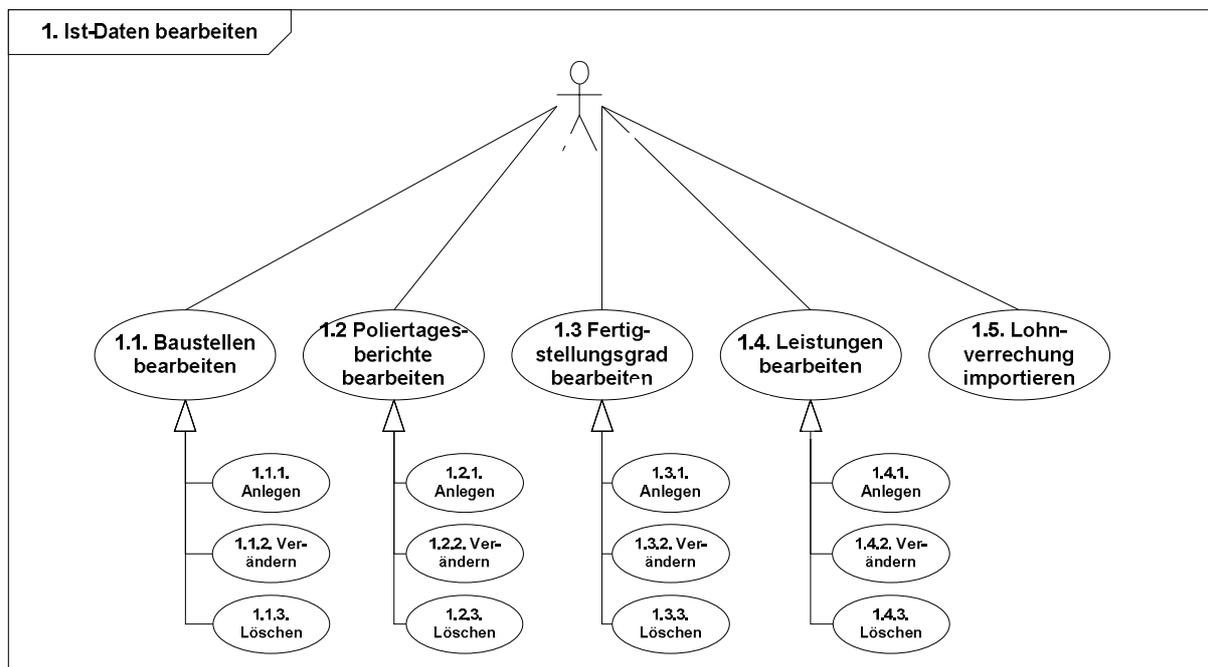


Abbildung 67: Usecases 1. Ist-Daten bearbeiten

Die Usecases *2. Planungen durchführen* umfasst alle Aktionen, um Planungsmethoden anzulegen, zu bearbeiten und Planungen durchzuführen. Das trifft für automatische als auch manuelle Planungen zu. Darüber hinaus werden auch Unterbrechungen der Baustelle aus produktions- oder witterungsbedingten Gründen bearbeitet.

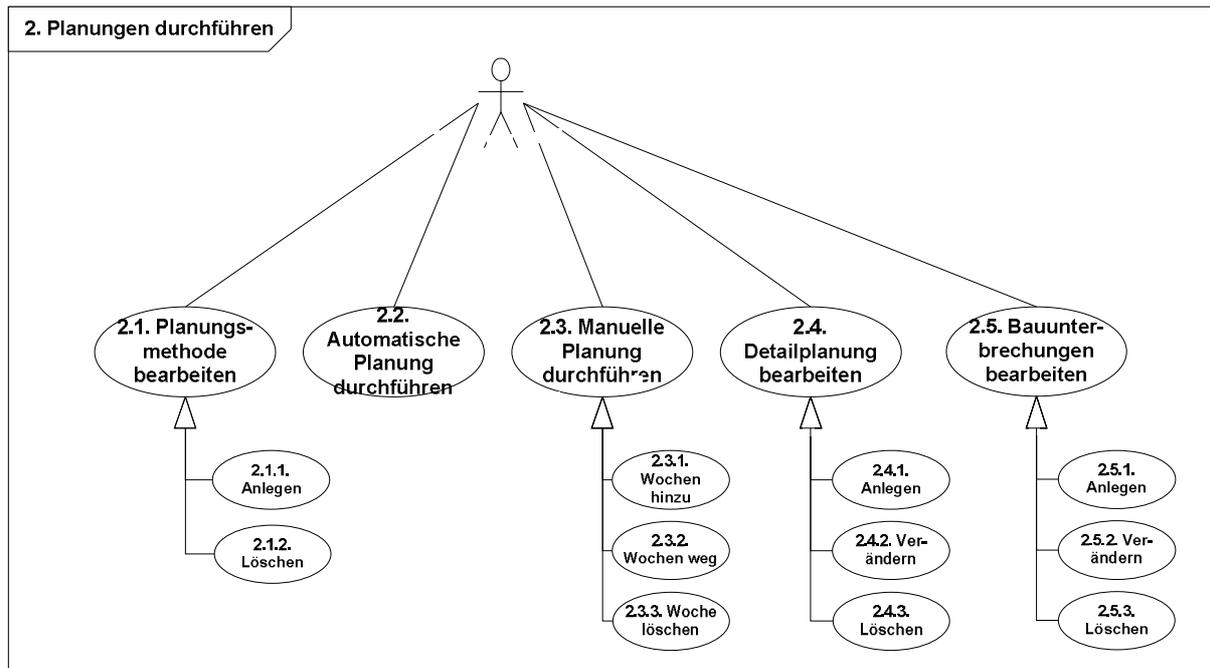


Abbildung 68: Usecases 2. Planungen durchführen

Der Bereich 3 *Reporting* beinhaltet alle Berichte, die via MS Excel ausgegeben werden. In Indigo werden die Daten strukturiert und an MS Excel via OLE übertragen. Dann werden je nach Bericht Formatierungen vorgenommen und Diagramme erstellt.

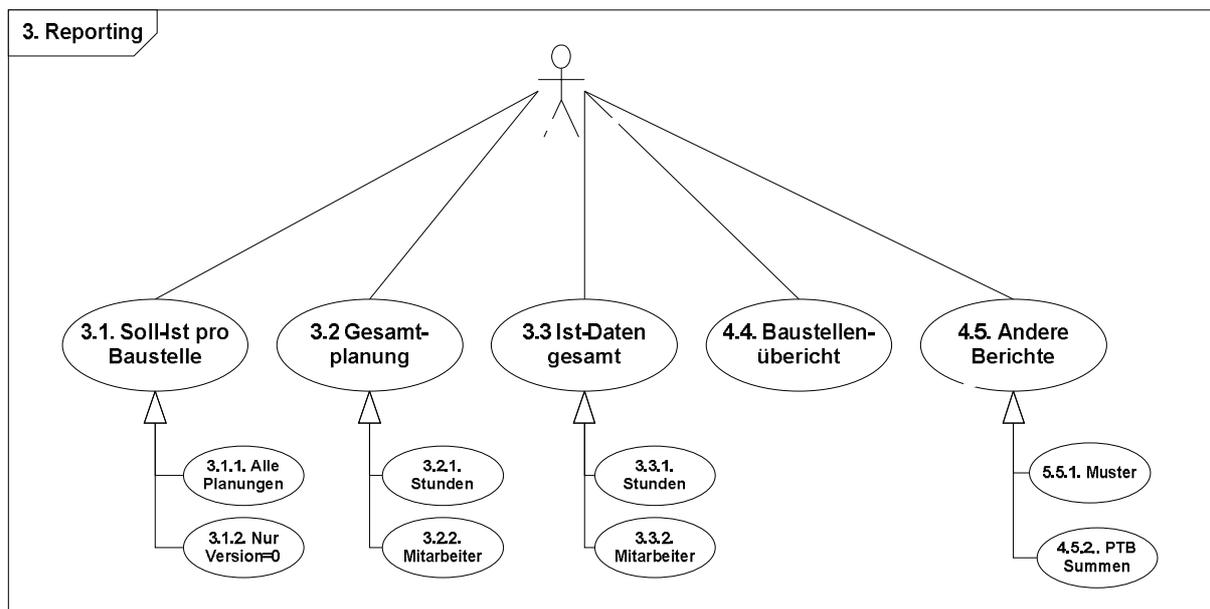


Abbildung 69: Usecases 3. Reporting

Mit den Usecases 4. *Steuerdaten bearbeiten* sind die Funktionen gemeint, die jene Daten bearbeiten, die für die Steuerung des Programms verwendet werden.

Das sind die Definitionen der Muster und die Daten des Arbeitszeitkalenders, der Arbeitstage, Sollarbeitszeit und Feiertage enthält.

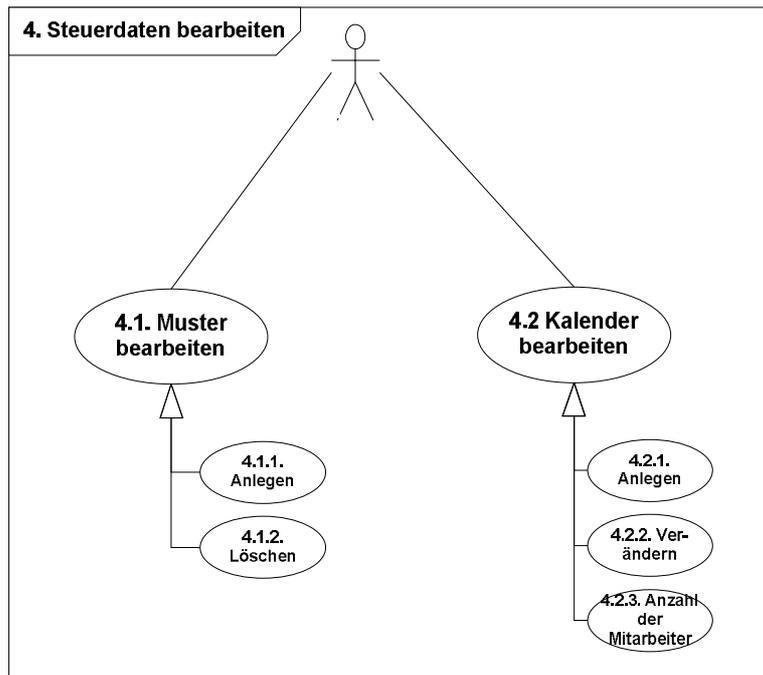


Abbildung 70: Usecases 4. Steuerdaten bearbeiten

Für den Bereich 5. *Systemeinstellungen* sind zurzeit keine weiteren Unterteilungen notwendig. Alle Einstellungen werden in einem Dialogfenster vorgenommen.

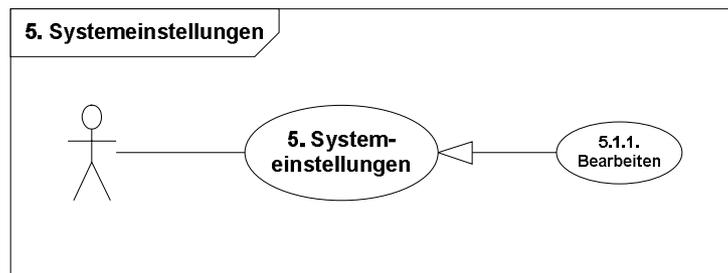


Abbildung 71: Usecases 5. Systemsteuerung

13.4. OBJEKTORIENTIERUNG BEI DER IMPLEMENTIERUNG VON INDIGO

Indigo wurde mit einer 4th Generation Language (4GL)⁹⁴ Sprache erstellt. Die Möglichkeit, viele Teile des Codes durch Editoren zu erstellen, ist genutzt worden. Da es sich um eine objektorientierte Sprache handelt, werden alle Elemente wie Fenster, Menüs, Tabellen etc. in Klassen abgebildet.

Zur Trennung von automatisch erzeugtem und manuell geschriebenem Code wurde immer eine Vererbung vorgenommen, die auch in der Namenskonvention abgebildet wurde:



Abbildung 72: Vererbung von automatisch erzeugtem Code

⁹⁴ Programmiersprache der 4. Generation. Erstellung von Programmen mit Unterstützung von grafischen Editoren.

Zusätzlich werden die automatisch erzeugten Teile in eigene Module abgelegt, getrennt von den manuell erstellten.

Die Namenskonvention folgt den Vorschlägen von Ivo Wessel⁹⁵ und entspricht der erweiterten ungarischen Notation: Der Datentyp wird bereits als Präfix in den Namen der Variable eingebaut z.B. die Variable `aWochen` ist ein Array, `iPlan` ein Integer.

Mengengerüst des Programms Indigo (Stand per 8. Mai 2009):

- Gesamt: 14.847 Zeilen Code in 49 Modulen
- Automatisch erstellter Code: 8.317 Zeilen
- Manuell erstellter Code: 6.530 Zeilen

44% des Codes wurden manuell erstellt, der Rest mit den Editoren der Entwicklungsumgebung.

Jene Module, die mit den Paintern erstellt wurden, dienen vor allem zur Dateneingabe und – validierung, sowie als Graphical User Interface (GUI) zum Auslösen der internen Prozesse. Diese zentralen Funktionen wurden in eigenen Klassen abgebildet:

- Muster erstellen
- Automatische Planung durchführen
- Berichte erstellen

Als Beispiele für die Verwendung der automatisch und manuell erstellen Klassen werden im Folgenden kurz die Klassen `dlgExcel` und `ExcelReport` vorgestellt.

13.4.1. CLASS DLGEXCEL

Die Methode beim Umgang mit der Klasse `dlgExcel_vo` wurde beim Erstellen des Programms Indigo durchgehend eingesetzt: Klare Trennung von automatisch und manuell erzeugten Code.

Die Klasse `dlgExcel_vo` wurde mit einem Fenster-Editor erstellt. Die Attribute wurden automatisch erzeugt und in weiterer Folge nicht mehr verändert. Die Operation `Init()` wird ebenfalls vom Editor angelegt. Dort werden die Attribute – es handelt sich ausschließlich um GUI Elemente – initialisiert.

⁹⁵ Wessel, Ivo/Bless, Gunnar: CA-Visual Objects. Effektive Programmierung. Seite 14ff und Seite 21f

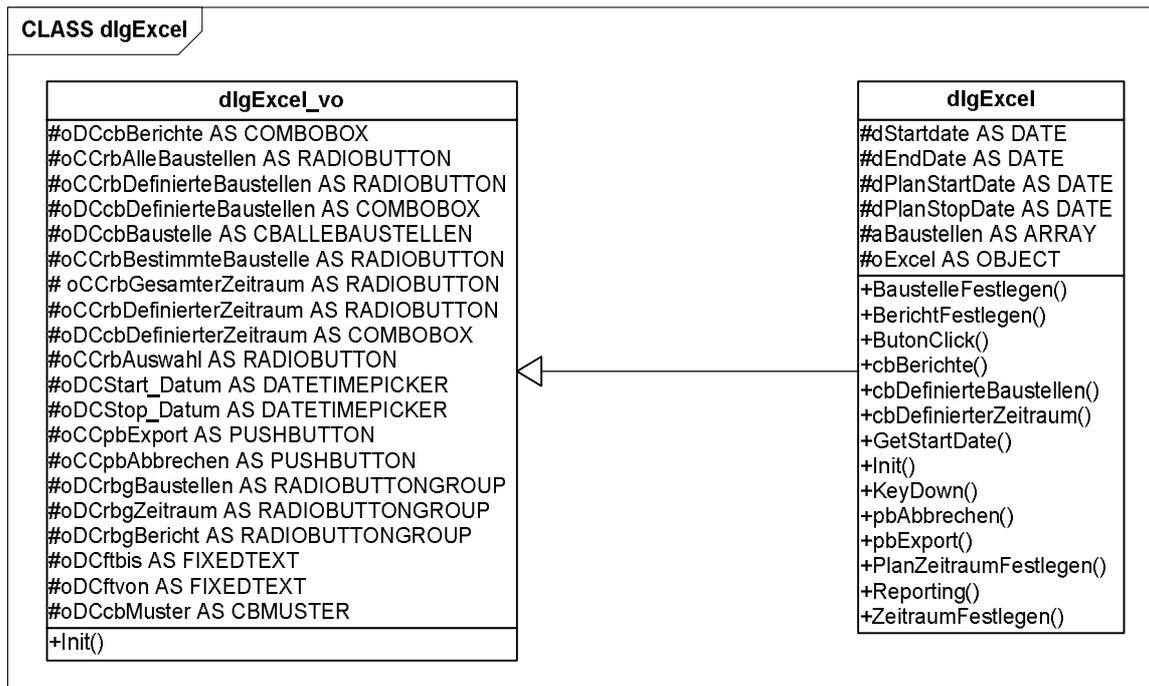


Abbildung 73: Klasse dlgExcel

Der manuell erstellte Code wird in die abgeleitete Klasse dlgExcel eingebaut. Dazu werden einige Attribute hinzugefügt.

Die Operation Init() wird überschrieben, wobei die ursprüngliche Operation mit SUPER:Init() aufgerufen wird. So wird sichergestellt, dass die gesamte Kette der Vererbung in der korrekten Reihenfolge ausgeführt wird.

13.4.2. CLASS EXCELREPORT

Die Klasse ExcelReport und ihre abgeleiteten Klassen stellen die Berichte für Indigo zusammen. Die Daten werden nach den Eingabeparametern Typ des Berichts, Baustellen, Berichtszeitraum strukturiert und in ein Array geschrieben. Dieses wird via OLE an MS Excel übertragen. Dann werden ebenfalls via OLE je nach Bericht Formatierungen vorgenommen und Diagramme erstellt.

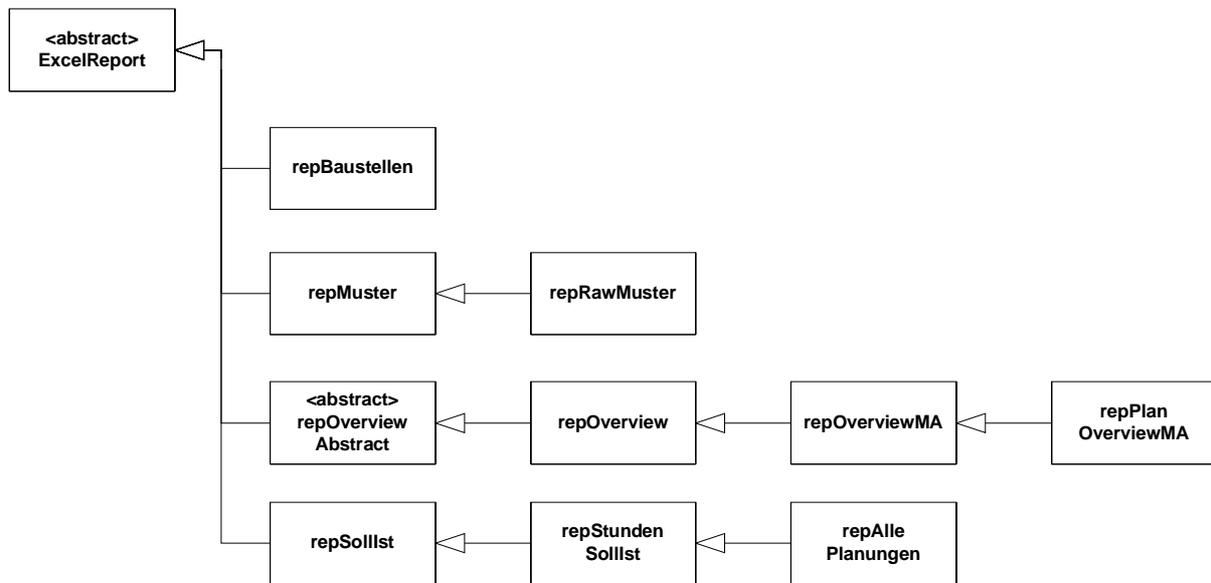


Abbildung 74: Klassen und Vererbung bei ExcelReport

Die <abstract> Klasse ExcelReport enthält die grundlegenden Attribute und Operationen (z.B. das Laden von benötigten Daten). Diese werden teilweise von den vererbten Klassen überschrieben. Als Beispiel dafür kann die abgeleitete Klasse repBaustellen herangezogen werden, die nur wenige Operationen polymorph verändert. Im Diagramm unten sind auch die Klassen repSollIst, repStundenSollIst und repAllePlanungen zu sehen. Hier werden sowohl Attribute und Operationen hinzugefügt als auch bestehende überschrieben.

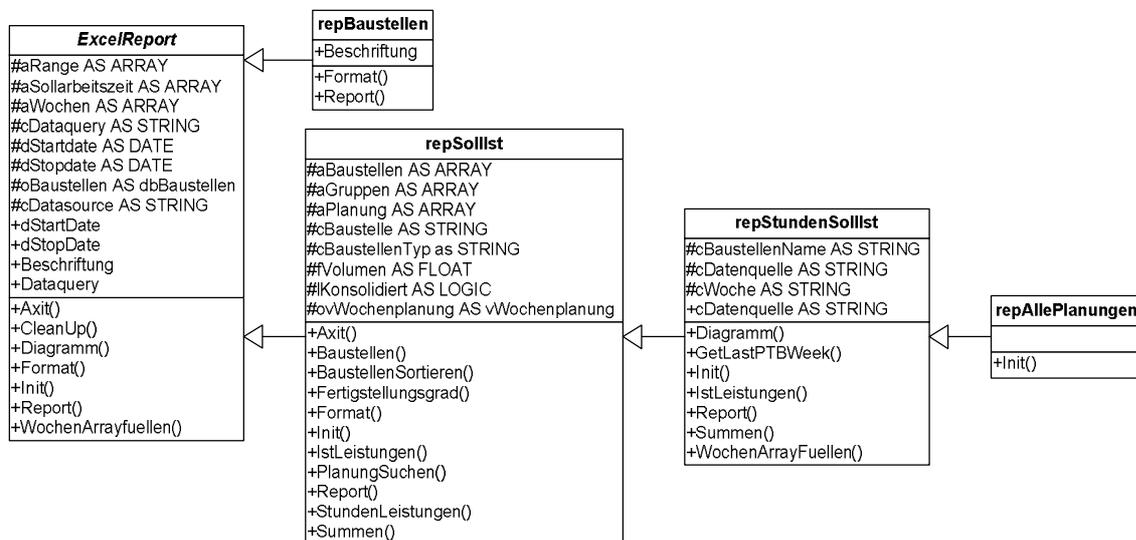


Abbildung 75: ExcelReport – Polymorphie bei Attributen und Operationen

13.4.3. ZUSAMMENSPIEL DER KLASSEN DLGEXCEL UND EXCELREPORT

Bei der Ausführung des Codes werden die Klassen instanziiert und konkrete Objekte erstellt. oDlgWin ist eine Instanz von dlgExcel und besitzt unter anderem die Objekte oReport und oExcel. In der Operation oDlgWin:Report() wird der Report erzeugt und in MS Excel ausgegeben.

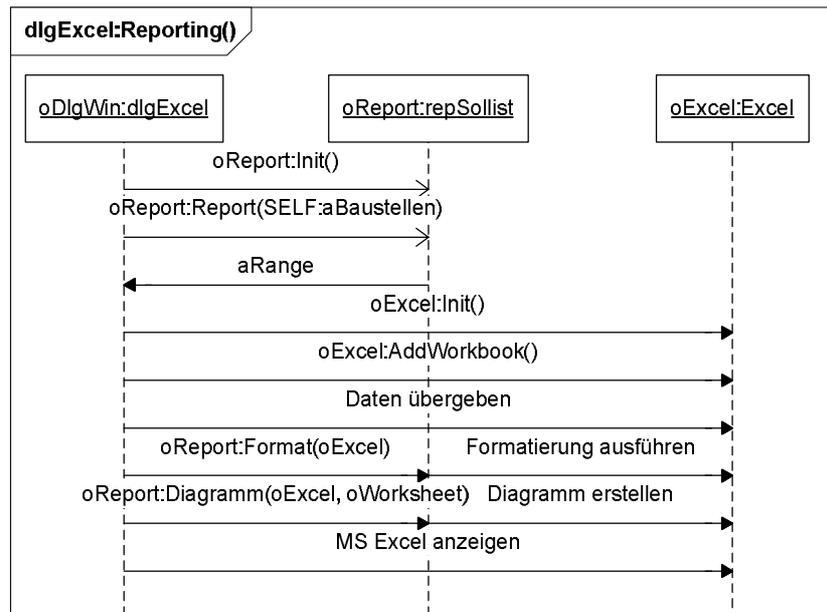


Abbildung 76: Reporting Sequenzdiagramm für die Ausgabe eines Berichts

Da jeder Report spezifische Formatierungen und Diagramme enthält, wird dem Objekt oReport die OLE Verbindung zu MS Excel mit der Referenz oExcel bzw. oWorksheet übergeben. So ist oReport in der Lage, MS Excel direkt anzusteuern.

13.5. IMPLEMENTIERUNG DES DATENBANK-MODELLS

Indigo arbeitet mit einer kleinen Anzahl von Tabellen, die mit einer Gruppe von Views für die unterschiedlichen Bedürfnisse strukturiert werden.

Die Tabellen zur Haltung der Daten sind großteils miteinander mit Foreign Keys verbunden. Der Schlüssel ist meist die Baustelle. Im Fall einer Änderung dieses Schlüssels wird der neue Wert in allen abhängigen Tabellen kaskadiert. Bei der Planung wird zusätzlich sichergestellt, dass nur Muster verwendet werden, die tatsächlich existieren. Ebenso bei der Detailplanung, die nur für Mitarbeiter erfolgen kann, die in der Tabelle *Mitarbeiter* mit dem Attribut *Planbar* aufscheinen.

Das Entity-Relationship-Diagramm (ERD)⁹⁶ gibt einen Überblick über den Aufbau der Tabellen und ihrer Beziehung zueinander.

⁹⁶ Das Entity-Relationship-Diagramm wird für die Darstellung von Datenbank Strukturen und Beziehungen verwendet.

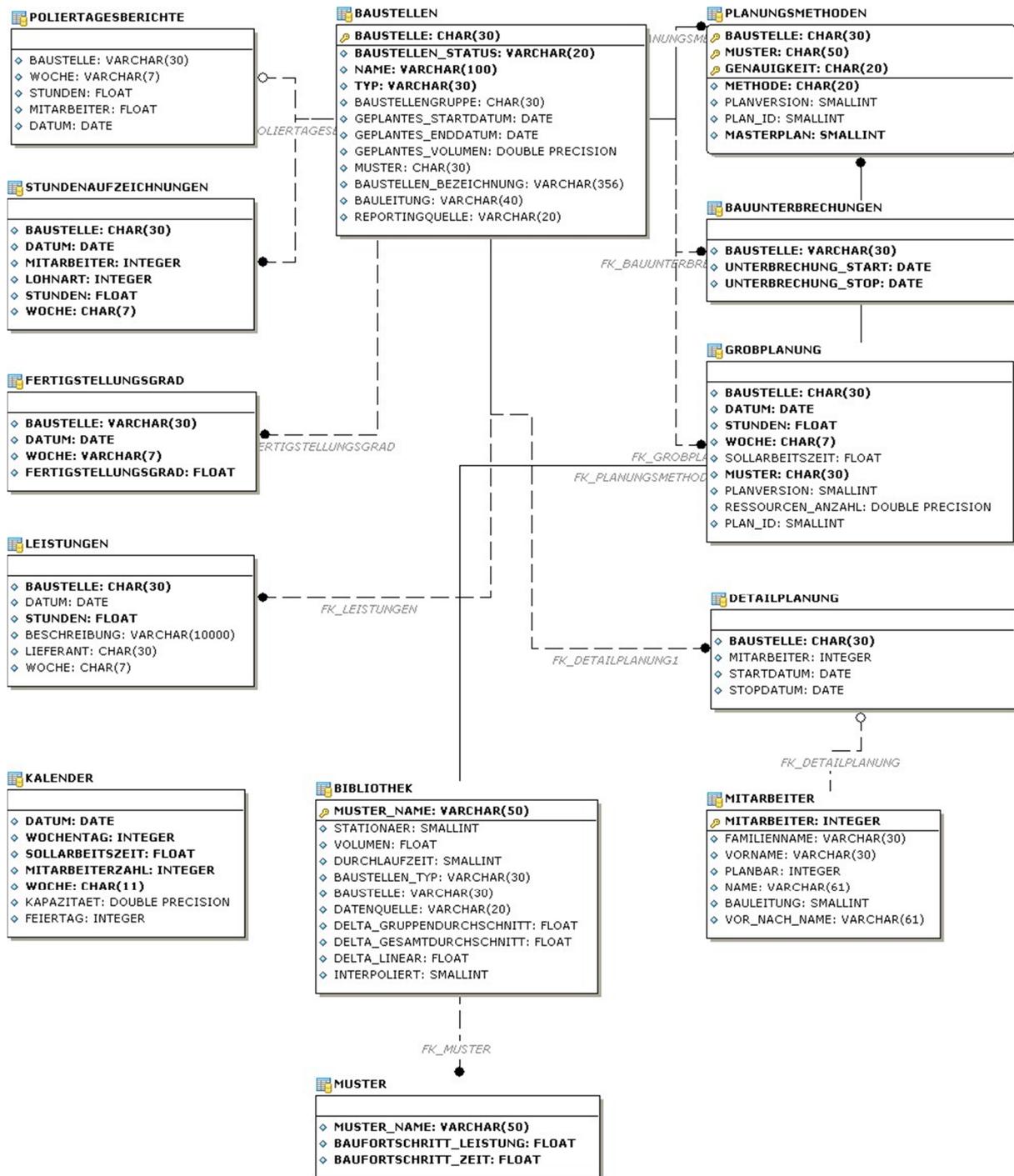


Abbildung 77: ERD Diagramm Indigo

Es wurden bewusst Verletzungen der 3. Normalform in Kauf genommen, um die Abfragen in den Datenbank Views einfacher zu gestalten. Das Feld *Woche* ist zum Beispiel redundant, da die Information bereits in der Tabelle *Kalender* vorliegt und über das Feld *Datum* verknüpft werden könnte.

Da Firebird SQL DB keine logischen (boolean) Felder unterstützt, werden diese Felder als Integer mit einem möglichen Bereich [0|1] abgebildet.

In den nächsten Unterabschnitten wird eine kurze Beschreibung der Tabelle geliefert.

13.5.1. BAUSTELLEN

Die Tabelle **Baustellen** beschreibt die grundlegende Eigenschaft von Baustellen, Regie- und Hilfsstellen und Anboten (die sozusagen Baustellen in einer früheren Stufe sind): Kostenstellen-Nummer, Name der Baustelle, Bauleitung, Start- und Fertigstellungsdatum, Baustellen-Typ etc.

Das Feld *Baustelle* wird bei vielen Tabellen als Foreign Key verwendet.

Geplantes Volumen: Anzahl der kalkulierten Stunden bei Anboten und „normalen“ Baustellen. Sonderfall Regie- und Hilfsstellen: Das Volumen wird pro Kalenderjahr entweder geschätzt oder aus den vorherigen Jahren abgeleitet. In dieser Arbeit wurde der arithmetische Mittelwert zur Bildung des Volumens herangezogen (siehe Abschnitt 12.1.2 *Stammdaten für Kleinbaustellen und Hilfsstellen*).

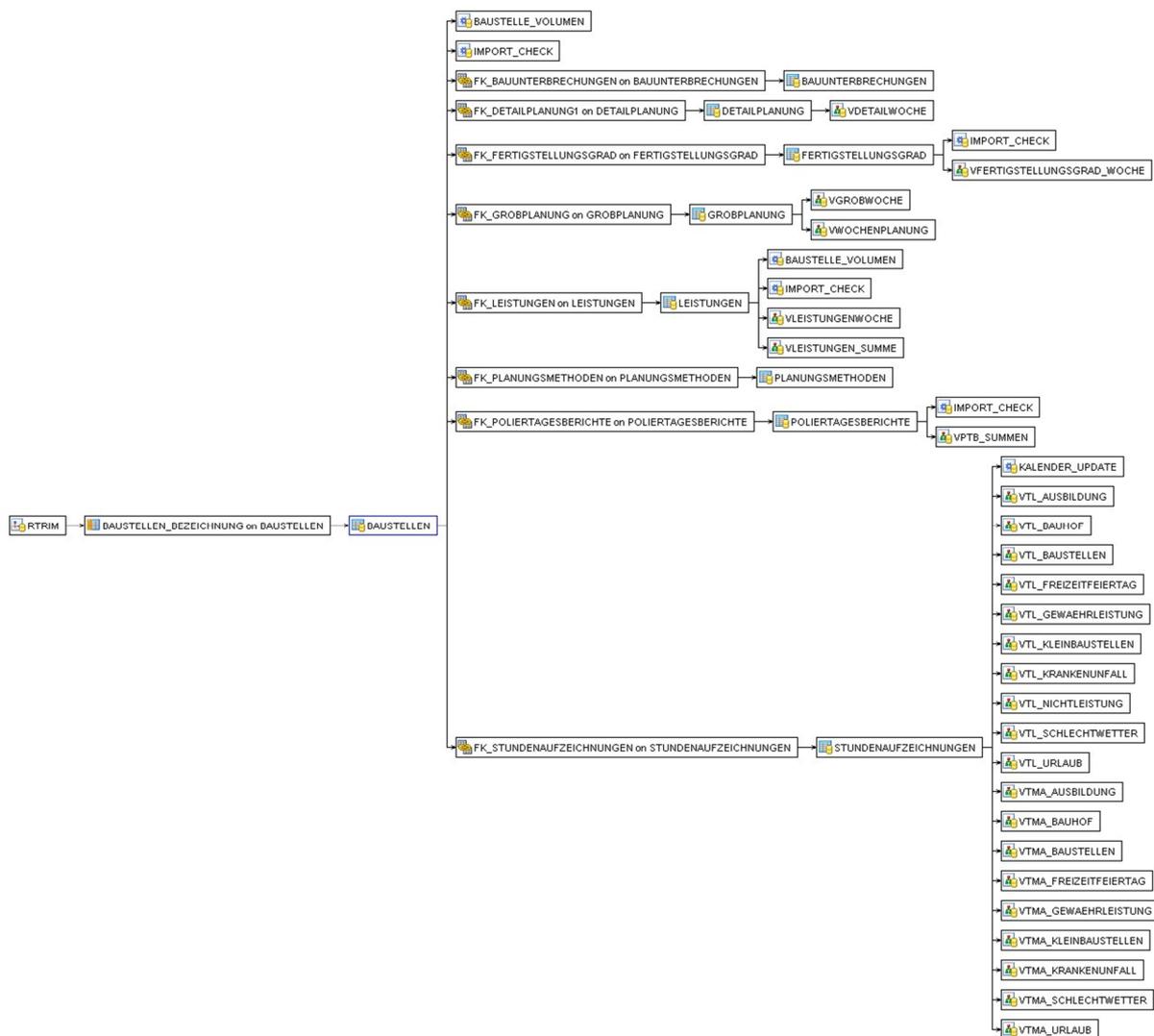


Abbildung 78: Abhängigkeiten der Tabelle Baustellen

Da die Tabelle **Baustellen** von vielen Tabellen als Foreign Key verwendet wird, ist die Anzahl der Abhängigkeiten entsprechend groß.

13.5.2. POLIERTAGESBERICHTE

Die *Poliertagesberichte* werden wöchentlich durch eine Sachbearbeiterin erfasst. Es existiert ein Datensatz pro Baustelle und Datum. Es werden lediglich die Summe der Stunden und die Summe der Mitarbeiter pro Baustelle und Tag eingetragen. Die Granularität der Daten ist also größer als bei den Stundenaufzeichnungen.



Abbildung 79: Abhängigkeiten Tabelle Poliertagesberichte

13.5.3. STUNDENAUFZEICHNUNGEN

Die Tabelle *Stundenaufzeichnungen* enthält die Daten aus der Lohnverrechnung. Es gibt einen Datensatz pro Tag, Mitarbeiter, Baustelle und Lohnart. Weitere Attribute sind die Anzahl der Stunden, sowie die Kalenderwoche.

Wenn ein Mitarbeiter an einem Kalendertag an mehreren Baustellen und/oder mehreren Lohnarten tätig war, gibt es pro Baustelle bzw. Lohnart einen eigenen Datensatz.

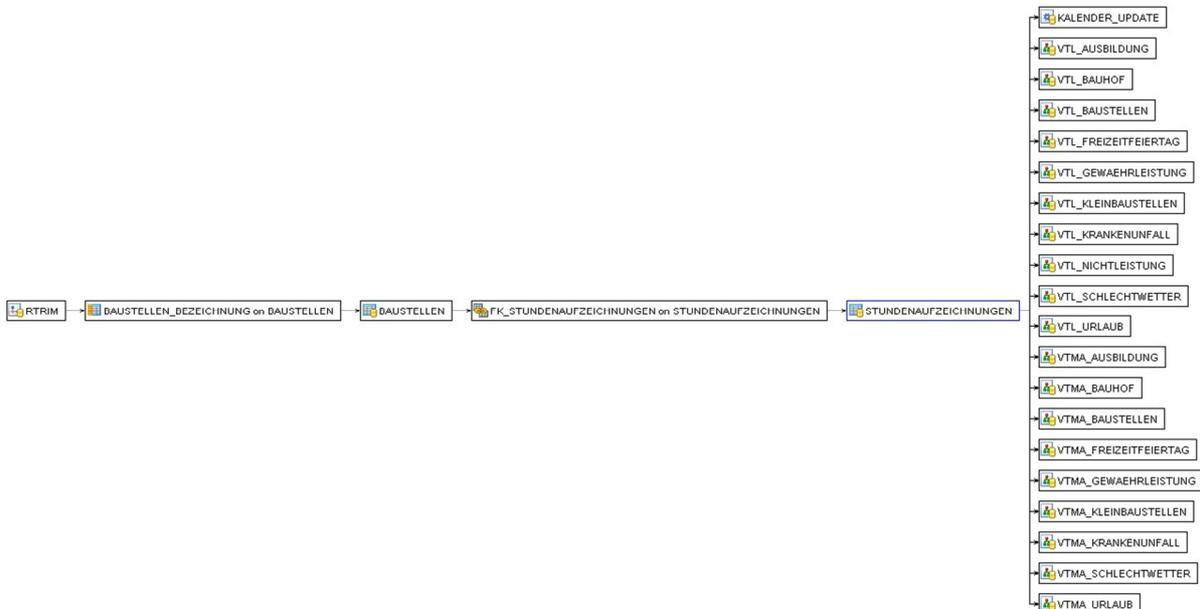


Abbildung 80: Abhängigkeiten der Tabelle Stundenaufzeichnungen

Da die Daten beim Import ungefiltert übernommen werden, erfolgt die Strukturierung in den verschiedenen Views. Details dazu im Abschnitt 13.6 *Konsistenzprüfung der Stundenaufzeichnungen*.

13.5.4. FERTIGSTELLUNGSGRAD

Die Schätzung des Fertigstellungsgrades erfolgt durch einen Bauleiter und wird von einer Sachbearbeiterin eingegeben.

Der Fertigstellungsgrad wird in Prozent des gesamten, zum Feststellungszeitpunkt bekannten Auftragsumfanges (100% der Leistung) angegeben. Wenn der Umfang angepasst wird (z.B. zusätzlicher Auftrag, Vergabe an Subunternehmer) hat der Fertigstellungsgrad eine neue Bezugsgröße.



Abbildung 81: Abhängigkeiten Tabelle Fertigstellungsgrad

13.5.5. LEISTUNGEN

In der Tabelle *Leistungen* werden alle Veränderungen des kalkulierten Volumens gespeichert:

- Zusatzaufträge
- Entfernen von optionalen Leistungen
- Vergabe an Subunternehmer
- Eigene Ausführung eines ursprünglich für Subunternehmer vorgesehenen Arbeitspaketes

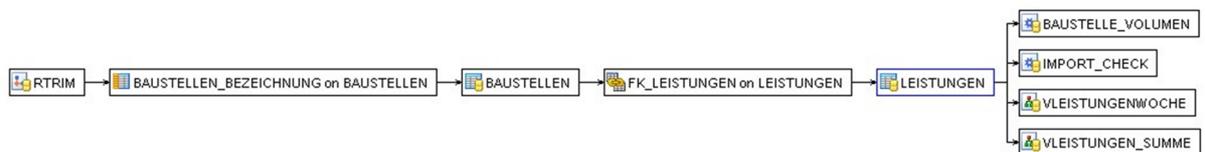


Abbildung 82: Abhängigkeiten Tabelle Leistungen

13.5.6. PLANUNGSMETHODEN

Diese Tabelle enthält alle Planungsmethoden einer Baustelle bzw. Hilfsstelle. Es kann pro Baustelle mehrere Planungen geben, jedoch nur eine mit dem Attribut *Masterplan*. Nur dieser wird dann in der Gesamtplanung berücksichtigt.

Jede Planungsmethode enthält einen eindeutigen Schlüssel, sowie Angaben zum verwendeten Muster bzw. manueller Planung und der Genauigkeit (Rohplanung, Tagesplanung, Wochenplanung).

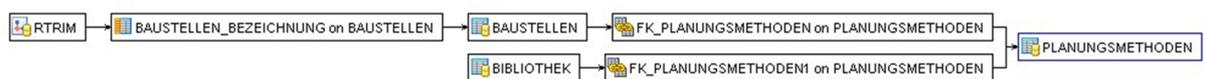


Abbildung 83: Abhängigkeiten Tabelle Planungsmethoden

13.5.7. BAUUNTERBRECHUNGEN

Um die Planungen robuster gegenüber bekannten produktions- oder witterungsbedingten Unterbrechungen zu machen, wird diese Information in dieser Tabelle gespeichert. Der Bezug zur Baustelle wird über deren Schlüssel hergestellt. Mit Start- und Enddatum wird der Zeitraum der Unterbrechung dokumentiert.



Abbildung 84: Abhängigkeiten Tabelle Bauunterbrechungen

13.5.8. GROBPLANUNG

In der Tabelle *Grobplanung* werden pro Baustelle, Planungsmethode und Planungsversion die Anzahl der Bauarbeiter und die geplanten Stunden für jeden Tag gespeichert.

Die Daten werden von der automatischen Planung in Indigo erzeugt oder mit der Eingabe der manuellen Planung angelegt.

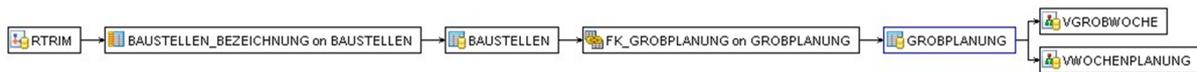


Abbildung 85: Abhängigkeiten Tabelle Grobplanung

13.5.9. DETAILPLANUNG

Die Detailplanung erlaubt die Speicherung von Zuordnungen bestimmter Mitarbeiter zu Baustellen an definierten Terminen bzw. Zeiträumen. Damit können frühzeitig bekannte Einteilungen (z.B. Ausbildungen, Urlaub) in die Grobplanung einfließen.

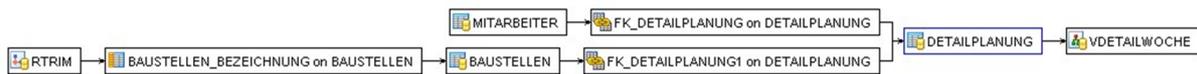


Abbildung 86: Abhängigkeiten Tabelle Detailplanung

13.5.10. KALENDER

Die Tabelle **Kalender** enthält alle Angaben zur Sollarbeitszeit (gemäß Arbeitszeitkalender) und die Anzahl der Mitarbeiter. Diese wird von einer Sachbearbeiterin manuell in Indigo eingetragen.

Für die Bestimmung der Soll-Leistung pro Tag wird die Sollarbeitszeit mit der Anzahl der Mitarbeiter multipliziert. Dieser Berechnung liegt die Annahme zugrunde, dass jeder Mitarbeiter mindestens die Sollarbeitszeit leistet. Selbst wenn die Erbringung der Sollarbeitszeit in Nicht-Leistungskategorien wie zum Beispiel Urlaub oder bezahlter Freizeit erfolgt.

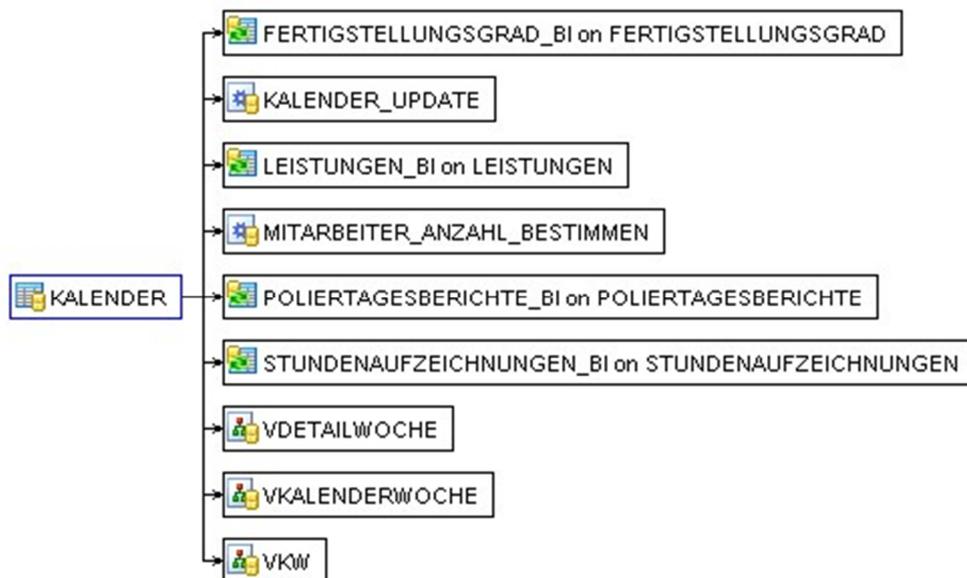


Abbildung 87: Abhängigkeiten Tabelle Kalender

13.5.11. MITARBEITER

Hier sind alle Mitarbeiter gespeichert, die entweder direkt auf den Baustellen eingesetzt werden können, im Bauhof bzw. anderen Hilfsstellen arbeiten oder als Bauleiter tätig sind.

Nicht mehr verfügbare Personen (z.B. aus dem Unternehmen ausgeschieden) werden mit dem Attribut *Planbar* = 0 gekennzeichnet.



Abbildung 88: Abhängigkeiten Tabelle Mitarbeiter

13.5.12. BIBLIOTHEK

Die Tabelle **Bibliothek** enthält die Beschreibung der verfügbaren Muster. Bei der Auswahl eines Musters in einer Planungsmethode wird damit die Verbindung zum Muster hergestellt. Mit dem Foreign Key auf *Muster_Name* wird sichergestellt, dass nur Datensätze in der Tabelle Muster angelegt werden, die auch in der Tabelle Bibliothek definiert sind.



Abbildung 89: Abhängigkeiten Tabelle Bibliothek

13.5.13. MUSTER

In dieser Tabelle sind die erzeugten und importierten Muster enthalten. Es wird bei linearisierten Mustern der kumulative Leistungsfortschritt in 1% Zeitschritten gespeichert. Bei Mustern aus Rohdaten ist die Struktur gleich, die Anzahl der Datenpunkte hängt von jener der mustergebenden Baustelle ab.

13.5.14. WEITERE TABELLEN

Es gibt noch zwei weitere Tabellen, die jedoch keine Daten längerfristig speichern, sondern als temporäre Tabellen zur Abwicklung von bestimmten Transaktionen dienen:

- TMP_AUSWERTUNG: Zur Erstellung von Mustern aus abgeschlossenen Baustellen
- TMP_GROBPLANUNG: Berechnung der automatischen Planungen.

13.6. KONSISTENZPRÜFUNG DER STUNDENAUFZEICHNUNGEN

Die importierten Daten werden nicht verändert, um weiterführende Berichte zu ermöglichen. Zur besseren Verwaltung werden die Daten in der Stammtabelle **Stundenaufzeichnungen** mit mehreren Views dargestellt.

Für den Abgleich der Plan-Ist-Daten sind zwei Aspekte zu beachten:

- Anzahl der Mitarbeiter auf der Baustelle: Auch bei Schlechtwetter und ohne eine Leistungsstunde zu berücksichtigen
- Geleistete Stunden: Nur jene Stunden, an denen tatsächlich Leistungen erbracht wurden. Schlechtwetter und andere Nicht-Leistungsstunden werden entfernt

Um diese Abfragen zu ermöglichen, wurde eine Anzahl von Views erstellt, mit denen die Daten in geeigneter Form angeboten werden

Die Summe aller Stunden in der Tabelle **Stundenaufzeichnungen** muss der Summe allen Views entsprechen. Die Kriterien zur Selektion in den einzelnen Views müssen sich gegenseitig ausschließen. Die automatische Kontrolle wird weiter unter beschrieben.

Die Views vTL_x (= viewTagesLeistung_[Baustelle|Hilfskostenstelle] und die Views vTMA_x (= viewTagesMitarbeiter_[Baustelle|Hilfskostenstelle] stellen die Leistungen in Stunden pro Tag bzw. die Anzahl der Mitarbeiter pro Tag dar. Bei den vTMA_x views sind die Schlechtwetterstunden **enthalten**, da hier gezählt wird, wie viele Mitarbeiter auf der Baustelle sind. Ob dann tatsächlich gearbeitet wurde oder Schlechtwetter das verhindert hat, ist eine zweite Frage.

vTL_x		vTMA_x	
Feld	Datentyp	Feld	Datentyp
BAUSTELLE	VARCHAR(30)	BAUSTELLE	VARCHAR(30)
DATUM	DATE	DATUM	DATE
WOCHE	VARCHAR(7)	WOCHE	VARCHAR(7)
		ARBEITSTAGE	INT
STUNDENSUM	FLOAT	STUNDENSUM	FLOAT
		AVGMA	FLOAT

Tabelle 36: Datenstruktur der Views vTL_x und vTMA_x

Zusätzlich wird ein Auffangbecken für die Kontrolle benötigt: Alle Lohnarten, die keine Leistung auf einer Baustelle erbringen, noch einer Hilfskostenstelle zugeordnet werden können, werden so zusammengezählt. Es handelt sich dabei um Lohnarten wie Zuschläge, die von der Lohnverrechnung bereitgestellt wurden.

Baustelle Hilfskostenstelle	Kostens stelle	Kriterien	db View/Tabelle	Stunden summe	db View/Tabelle	Tages summen
Kleinbaustellen Regie	10xx - 1099	Lohnart 10,12, 31,32,33	vTL_KLEINBAUSTELLEN	26.487,10	VTMA_KLEINBAUSTELLEN	27.334,60
Leistungsbaustellen	11yy - 3998, 4000	Lohnart 10,12, 31,32,33	vTL_BAUSTELLEN	406.309,25	VTMA_BAUSTELLEN	418.068,25
Gewährleistung	3999	Lohnart 10,12, 31,32,33	vTL_GEWAEHRLEISTUNG	499,80	VTMA_GEWAEHRLEISTUNG	504,80
Bauhof	8100	Lohnart 10,12, 31,32,33	vTL_BAUHOF	33.418,60	VTMA_BAUHOF	33.425,60
Ausbildung	alle	Lohnart 15,37,39	vTL_AUSBILDUNG	25.232,50	VTMA_AUSBILDUNG	25.232,50
Krankenstand	alle	Lohnart 35,36,45,46	vTL_KRANKENUNFALL	15.974,00	VTMA_KRANKENUNFALL	15.974,00
Urlaub	alle	Lohnart 71,73,76,79	vTL_URLAUB	69.911,00	VTMA_URLAUB	69.911,00
Schlechtwetter	alle	Lohnart 80	vTL_SCHLECHTWETTER	12.618,50	bereits in vTMA_x enthalten	
Freizeit Feiertag	alle	Lohnart 34,38,42,43	vTL_FREIZEITFEIERTAG	30.351,50	VTMA_FREIZEITFEIERTAG	30.351,50
Nicht-Leistung	alle	Lohnart 11,48, Kostenstellen 8101- 8999	vTL_NICHTLEISTUNG	17.129,20	vTL_NICHTLEISTUNG	17.129,20
SUMME aller Teile				637.931,45		637.931,45
Alle Stunden	alle	alle	STUNDENAUFZEICHNUNGE N	637.931,45	STUNDENAUFZEICHNUNGE N	637.931,45

Tabelle 37: Validierung der Stundenaufzeichnungen

Die Tabelle zeigt die Daten der Jahre 2001 – 2008 und bestätigt die Anforderung an die Konsistenz: Die einzelnen Selektionskriterien schließen sich gegenseitig aus und die ursprünglichen Daten wurden dabei nicht verändert.

13.7. RELEASE NOTES

Build 16 vom 31.05.2009:

1. Soll-Ist Berichte: Die letzte Kalenderwoche wurde manchmal abgeschnitten. Jetzt ist sichergestellt, dass die letzte Woche auch am Report sichtbar ist
2. Bauunterbrechungen werden eingeführt
3. Neuer Bericht „Ist-Mitarbeiter“ eingeführt

Build 15 vom 16.02.2009:

1. Bei den Berichten Gesamtplanung und Soll-Ist-Stunden wird automatisch ein Auslastungsdiagramm erstellt
2. Ein neuer Bericht „Gesamtplanung Mitarbeiter“ wurde erstellt

Build 14 vom 09.02.2009:

1. Bei den Berichten Gesamtplanung und Soll-Ist-Stunden wird automatisch ein Auslastungsdiagramm erstellt
2. Ein neuer Bericht „Gesamtplanung Mitarbeiter“ wurde erstellt
3. Baustellen Übersicht: Sortierung bei Klick auf Spaltenkopf
4. Bauleiter konfigurierbar: In der Tabelle MITARBEITER wird das Feld Bauleitung hinzugefügt. Wenn dieses Feld gesetzt wird, scheint der Mitarbeiter in der Liste der möglichen Bauleiter (im Fenster Baustellen) auf
5. Auswahl von Baustellen ist konfigurierbar: Eine vordefinierte Abfrage kann zum Erstellen der Baustellen-Liste verwendet werden (die Verwaltung der Abfragen wird in einer späteren Version bereitgestellt)
6. Angebote werden bei der Gesamtplanung korrekt der Sektion „Angebote“ zugeordnet.

Bekannte Probleme:

- MS Excel #NAME? Problem: Die Formeln (z.B. SUMME()) werden nicht korrekt angezeigt. Ersetzen alle "=" durch "=" korrigiert die fehlerhafte Fehlermeldung von #NAME? auf die korrekte Formel. Shortcut STRG+H öffnet das Dialogfenster „Suchen und Ersetzen“. Das Problem tritt nur bei bestimmten MS Office Installationen auf und kann auf anderen PCs nicht reproduziert werden. Ein ähnliches Thema wird bei bestimmten Analyse-Funktionen berichtet: <http://support.microsoft.com/kb/291058>.
- Wenn keine Planung existiert, wird das Diagramm bei Soll-Ist-Vergleich nicht korrekt erstellt
- Wenn eine Planung in einer Woche nicht an jedem Arbeitstag Mitarbeiter einteilt, ist die Berechnung der Mitarbeiter im Soll-Ist-Report nicht korrekt.

Build 13 vom 17.01.2009:

1. Hinzufügen von Wochen bei manueller Planung ist möglich. Wenn die Kalenderdaten nicht die nächste Woche enthalten, wird eine Fehlermeldung angezeigt

Build 12 vom 12.01.2009:

1. Neuer Menüpunkt STAMMDATEN - MITARBEITER - ANZAHL DER MITARBEITER... Eingabe der Mitarbeiter Anzahl: Von Datum x (bis optional Datum y) z Mitarbeiter inkl. Leasingkräfte
2. Automatisches Update der Mitarbeiter Anzahl beim Import der LVR Daten entfernt
3. Die Taste „ESC“ bewirkt bei allen Dialog-Fenstern das Schließen des Fenster
4. Beim Öffnen der Baustellen wird automatisch der Filter „laufende Baustellen“ aktiviert
5. PBT und LVR Berichte: korrekte Summen, wenn die Baustelle noch nicht begonnen wurde.
6. Der Inhalt des Feldes „REPORTINGQUELLE“ (LVR oder PTB) wird von den Stammdaten in das Tab PLANUNGSMETHODEN übernommen. Für den Zweck der automatischen Planung kann es dort verändert werden. Der Eintrag in den Stammdaten der Baustelle bleibt dadurch unverändert.
7. Alle Veränderungen des Stundenvolumens werden bei der automatischen Planung einbezogen
8. Eingaben von mehr/weniger Stunden sind nur mehr mit einem Datum innerhalb der Laufzeit der Baustelle möglich

Build 11 vom 09.01.2009:

1. Automatische Planung: Korrektur bei Division durch 0
2. Beschriftung der Reports in Excel hinzugefügt

Build 10 vom 08.01.2009:

1. Berechnung der Ist-Mitarbeiter im Soll-Ist-Vergleichsbericht korrigiert
2. vGROBWOCHEN Variable von GROBSTUNDEN auf STUNDENSUM umbenannt und die verwendeten Variablen im Code angepasst
3. Whats new im Menü Hilfe

Build 9 vom 07.01.2009:

1. Berechnung der Kalenderwochen korrigiert
2. Bearbeiten der Arbeitsstunden in das Formular „BAUSTELLE“ integriert
3. Überarbeitung der Reports: Übersichtsreports mit einheitlichem Aufbau
4. Kombiniertes Auslastungsreport nach Datenquelle LVR oder PTB oder gemischt
5. Umstieg auf CAVO 2.8 SP2 b2830 Runtime dlls

Build 8 vom 01.12.2008:

1. Erstellen von Mustern mit stationärem und nicht-stationärem Verlauf
2. Automatische Planung mit Mustern

3. Soll-Ist-Report entweder mit PTB oder Lohnverrechnungsdaten
4. Bewertung der einzelnen Planungsmethoden
5. Neuer Baustellen-Typ „Tiefbau“
6. Einbauen der PTB und FSG in die Baustellen Form
7. Formatierung der Planung korrigiert

Build 7 vom 31.08.2008:

1. Excel Formel Bug
2. PTB Summe Formatierung

Build 6 vom 25.08.2008:

1. Ist-Stunden im Diagramm schwarz eingefärbt
2. Bug bei der Erstellung von Excel-Diagrammen behoben

Build 5 vom 24.08.2008:

1. Hybrid Verlauf erstellen: PTB + Planung in einer Zeile kombinieren. (Stundensumme + prozentueller Verlauf)
2. Automatische Erstellung der Excel Diagramme
3. Formatierung der Excel Reports:
 - a. PTB Stunden Simple

Build 4 vom 05.08.2008:

1. EndPositionBestimmen() durch ExcelCellDefinition() ersetzt. Ausdruck mit mehr als 26 Spalten jetzt korrekt bei repSollistSimple
2. Neuen Bauleiter Markus Wahlmüller hinzugefügt
3. Baustellen-Übersicht: Prozent des Volumens im Vergleich zum Ausgangswert, Ist-Stunden, extra Spalten für Sub-Vergaben und Zusatzaufträgen, Letzter FSG inkl. Datum. Sortierung nach Bauleiter

Build 3 vom 12.05.2008:

1. Datenkonsistenz auf der Datenbank verbessert (Berechnung der Kalenderwoche)
2. Reporting überarbeitet
3. Errormeldung bei fehlender Datenbank-Anbindung
4. Manuelle Planung: Überprüfung der Start- und Enddaten
5. PTB Summen Bericht eingebaut
6. DB view für PTB Summen Bericht erstellt
7. Baustellen-Bericht zur Abfrage aller Daten

Build 2 vom 08.05.2008:

1. Baufortschritt eingebaut

Build 1 vom 05.05.2008:

1. Initial build

14. PRAKTISCHE ANWENDBARKEIT UND ZUSAMMENFASSUNG

Bevor die praktische Anwendbarkeit der in dieser Arbeit gewonnen Erkenntnisse diskutiert wird, kommt eine kurze Wiederholung der Fragenstellung und Anforderungen. Damit liegt ein klarer Bezugspunkt für das Resultat der Untersuchungen vor.

In den Abschnitten 5 *Einleitung* und 7 *Problemstellung, Zielsetzung und methodische Fragen* wurden die zentrale Fragestellung und die Anforderungen für diese Arbeit festgehalten.

Die zentrale Fragestellung wird wie folgt beschrieben:

- Wie kann die Ressourcenplanung in der Bauwirtschaft durch die Verwendung historischer Daten verbessert werden?
- Welche Prognosemethoden sind dafür geeignet?
- Wie wird der Wert einer Prognose validiert?

Die in die Fragestellung hinein gepackte Hypothese, dass durch die Verwendung von historischen Daten die Ressourcenplanung verbessert werden kann, wurde im Rahmen dieser Arbeit nicht ausreichend bestätigt.

Bei der Erzeugung der Muster als auch ihrer Anwendung im Planungsprozess werden dreimal Linearisierungen vorgenommen:

1. Die vorhandenen Daten werden für ein Muster auf hundert 1%-Schritte umgelegt. Die Zwischenräume werden linear interpoliert bzw. Mittelwerte bei mehreren vorliegenden Datenpunkten gebildet.
2. Die Bildung der Durchschnittsmuster erfolgt mit dem Mittelwert pro Prozentschritt.
3. Die Anforderungen der zu planende Baustelle benötigen jedoch andere Datenpunkte, die im Muster wiederum interpoliert werden.

Aus diesen Gründen neigen die historischen Durchschnittsmuster stark zum linearen Muster.

Der Aufwand für die Erstellung und Pflege der Muster aus historischen Daten ist zwar überschaubar, die Planungsgenauigkeit jedoch in Relation zum linearen Muster zu gering, um sie zu rechtfertigen.

Es könnte möglicherweise eine höhere Planungsgenauigkeit mit manuell erstellten Mustern erzielt werden, die von den Bautechnikern als kumulative Zeit-Leistungskurve beschrieben werden. Das erwartete Profil – kurze Zeit flacher Anstieg, dann sehr steil mit abschließendem Long tail – konnte aus den historischen Daten im Durchschnitt nicht sichtbar extrahiert werden, da die Effekte der Linearisierung zu stark wirksam geworden sind.

Das Diagramm unten zeigt zwei Möglichkeiten von manuell definierten Mustern, die zur Überprüfung ebenfalls einer Testreihe unterworfen werden müssten.

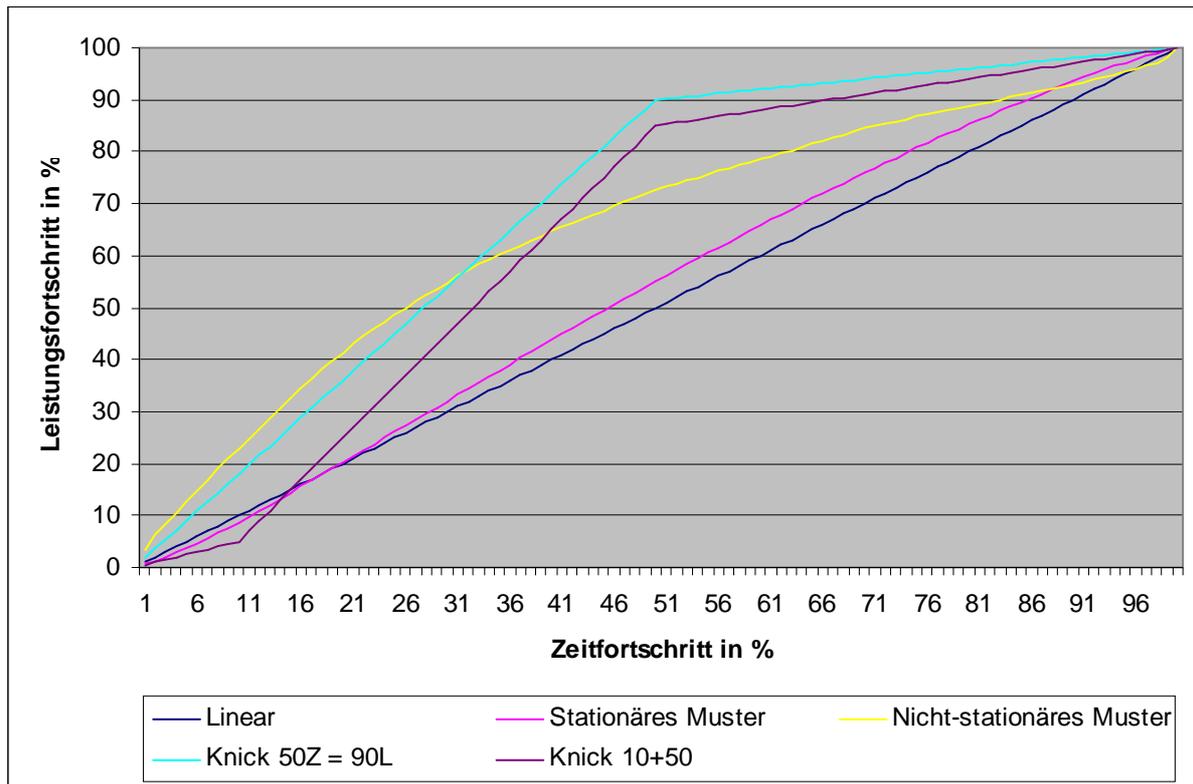


Abbildung 90: Durchschnittsmuster und manuell erstellte Muster

Die Einführung der strukturierten Ressourcenplanung hat jedoch wesentliche Vorteile gezeigt:

- Deutliche Erweiterung des Planungshorizontes von 1-2 Wochen auf mehrere Monate
- Die Ressourcenauslastung wird wöchentlich überarbeitet und sichert damit einen aktuellen Status der Planung
- Die Annahme von neuen Aufträgen wird mit der Kapazitätsplanung abgestimmt.

Die manuelle Planung zeigt durchgehend die geringste Abweichung von den Ist-Daten. Ein zentrales Ergebnis dieser Arbeit ist es jedoch auch, den Unterschied zwischen der manuellen Planung und dem tatsächlichen Verlauf zu quantifizieren. Das erlaubt einerseits die Verbesserung bzw. Präzisierung der manuellen Planung vorzunehmen, als auch den Abstand zu den automatischen Planungsmethoden zu sehen. So wird es möglich, die Balance zwischen weitläufiger automatischer Planung und damit einhergehend geringerer Genauigkeit zu finden.

Die Validierung der (manuellen und automatischen) Planungen kann erst sinnvoll nach Abschluss der Baustelle durchgeführt werden. Dazu wurde im Abschnitt 10.7 *Berechnung eines zentralen Wertes für die Abweichung Plan- und Ist-Daten* eine entsprechende Methode definiert. Während der Laufzeit sind die Unterschiede zwischen Plan- und Ist-Daten pro Woche zu verfolgen. So ist zwar der Planungserfolg auf Wochenbasis zu sehen, aber es kann noch keine Aussage über die Genauigkeit über die gesamte Laufzeit der Baustelle getroffen werden.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass die zentrale Fragestellung dieser Dissertation erfolgreich bearbeitet wurde. Der Nutzen der historischen Daten für die automatische Planung war deutlich geringer als angenommen, welche durch die oben beschriebenen

Linearisierungseffekte aber auch durch die Besonderheit im Verlauf jeder einzelnen Baustelle erklärt werden kann.

Bei der Beantwortung der zentralen Fragestellung gab es eine Menge von methodischen Fragen zu beachten, die im Abschnitt 7 *Problemstellung, Zielsetzung und methodische Fragen* dokumentiert wurden.

Im folgenden Abschnitt werden die Lösungen der methodischen Fragen im Detail erörtert.

14.1. UMGANG MIT METHODISCHEN FRAGEN

Für diese Dissertation wurden methodische Fragen formuliert. Die Lösungen wurden durch Prozessdefinitionen, Regeln für die Interpretation der Ergebnisse und die Software Indigo selbst erzielt.

14.1.1. VALIDIERUNG DER STUNDENAUFZEICHNUNGEN

Die Validierung wurde in zweifacher Hinsicht durchgeführt:

- Definition und Bestätigung der Lohnarten (siehe Abschnitt 6.4.1 *Lohnarten*)
- Die Selektionskriterien für die Zuordnung von Stunden zu Kostenstellen bzw. Hilfsstellen schließen sich gegenseitig aus (siehe Abschnitt 13.6 *Konsistenzprüfung der Stundenaufzeichnungen*).

Die Definition der Lohnarten spielt eine wesentliche Rolle beim Trennen von produktiven und nicht-produktiven Stunden. Die Logik für die Aufteilung ist in den Datenbank-Views definiert und kann damit unabhängig vom Code der Client-Applikation für andere Baufirmen angepasst werden.

14.1.2. UMGANG MIT DER LATENZ ZWISCHEN ERFASSUNG DER IST-DATEN UND NEUPLANUNG

Der Ausgangspunkt ist die Bereitstellung der Daten aus der Lohnverrechnung in der Mitte des Folgemonats. Die Leasingkräfte sind in diesen Daten nicht enthalten, was entweder zu fehlenden Daten oder manueller Nacherfassung führt.

Durch die Erfassung der Ist-Daten aus den Poliertagesberichten werden die meisten Leistungsbaustellen auf wöchentlicher Basis überwacht. Damit kann innerhalb einer Woche auf Veränderungen der Baustelle mit einer angepassten Planung reagiert werden.

Die Daten aus der Lohnverrechnung werden ca. 2 Wochen nach Monatsende ins System importiert. Damit sind auch jene Kostenstellen (z.B. Kleinbaustellen und Hilfsstellen) erfasst, die nicht jede Woche über die Poliertagesberichte eingegeben werden. Die Datenquelle (Lohnverrechnung oder Poliertagesberichte) kann pro Baustelle festgelegt werden.

Der Schwerpunkt des Baustellen-Controllings liegt bei den Leistungsbaustellen. Dort besteht das Risiko eines Verlustes (durch den Verbrauch von zu vielen Stunden) viel höher als bei einer Hilfsstelle wie dem Bauhof.

14.1.3. KRITERIEN FÜR DIE AUSWAHL EINER PLANUNGSMETHODE UND EINES MUSTERS

Im Abschnitt 9.5 *Vergleichen und Auswählen der Muster* wurden mögliche Kriterien (z.B. ähnliche Größe und Durchlaufzeit bei mustergebender und aktueller Baustelle) vorgestellt.

Die Unterschiede zwischen den einzelnen Baustellentypen waren zu gering, um die Verwendung spezifische Muster zu rechtfertigen.

In den Testläufen wurden Durchschnittsmuster für alle Baustellentypen (Hochbau Neubau, Umbau Aussen+Innen, Umbau nur Innen) verwendet.

Aufgrund der geringeren Planungsgenauigkeit der Durchschnittsmuster ist die Frage nach der Auswahl des geeigneten Muster nachrangig geworden. Historische Muster haben sich nicht in dem Umfang bewährt, so dass ein weiteres Vertiefen dieser Frage nicht sinnvoll erscheint.

14.1.4. INTERPRETATION DER ERGEBNISSE

Die Interpretation der Ergebnisse der automatischen Planungen wurde in den Testläufen durchgeführt. Mit der Entwicklung einer zentralen Kennzahl für die Planungsgenauigkeit einer Planung liegt ein Kriterium vor, die Methoden zwischen unterschiedlichen Baustellen zu vergleichen.

Die Ergebnisse der automatischen Planung bedürfen auf jeden Fall der Überprüfung durch den Bauleiter. Dieser ist auch in der Lage, eventuelle Anpassung (z.B. produktionsbedingte Bauunterbrechungen) anzugeben und so eine höhere Genauigkeit der automatischen Planung zu ermöglichen.

Bei der unternehmensweiten Planung ist auf einen Blick zu erkennen, wann Überkapazitäten bestehen. Auch hier ist die Überprüfung durch die Bauleiter notwendig, um eventuelle Lücken zu erkennen. Die Vollständigkeit der Planung wurde im Untersuchungszeitraum noch nicht erreicht.

14.1.5. AUFRUNDEN BEI DER PLANUNG AUF WOCHENBASIS

Bei der automatischen Planung wird die Anzahl der Mitarbeiter aus den geplanten Stunden berechnet. Dann wird dieser Wert kaufmännisch gerundet. Bei den Testläufen hat sich herausgestellt, dass das System eine Tendenz zu Unterzeichnung zeigt.

Bei der manuellen Planung ist eine Tendenz zum Überzeichnen sichtbar: Die Abweichung bei den Mitarbeiter sind je zur Hälfte zu hoch bzw. zu niedrig. Bei den Stunden sind $\frac{3}{4}$ der Abweichung auf zu viele Stunden zurückzuführen. Es ist zu berücksichtigen, dass die Mitarbeiter geplant werden, die Soll-Stunden jedoch über die Soll-Arbeitszeit abgeleitet werden.

14.1.6. SCHÄTZEN DES FERTIGSTELLUNGSGRADES DER BAUSTELLE

Der Fertigstellungsgrad ist das zentrale Element der Earned-value-Analyse, das vom Bauleiter bereitgestellt werden muss. Alle anderen Informationen liegen in den Stammdaten der Baustelle vor oder können aus den Ist-Daten abgeleitet werden.

Wie bereits im Abschnitt *12.6 Validieren der Prognose aus der* beschrieben, ist es auch die Schwachstelle in diesem Bereich. Zum Zeitpunkt des Abschlusses dieser Arbeit sind die Schätzungen (besonders in der Anfangsphase der Baustellen) zu ungenau, um sinnvoll eingesetzt werden zu können.

Das Potential der Earned-value-Analyse kann erst bei einer zuverlässigeren Schätzung zum Einsatz gebracht werden: Die automatische Planung kann dann EAC (= Estimate at completion) als Bezugspunkte für die weitere Planung verwenden und nicht mehr die nominale Größe der kalkulierten Stunden (inkl. Stunden hinzu/hinweg). Damit würde ein abschätzbarer Minderverbrauch an Stunden in die automatische Planung einbezogen werden.

Die Verbesserung der Schätzgenauigkeit kann unter anderem durch das Ausprobieren von verschiedenen Methoden (siehe Abschnitt 8.3.1 *Methoden des Projektcontrollings*) vorangetrieben werden.

14.1.7. VERÄNDERUNGEN DES VOLUMENS WÄHREND DER LAUFZEIT DER BAUSTELLE

Die zentralen Parameter der Planung (Start-, Enddatum, geplantes Volumen) können während der Laufzeit der Baustelle geändert werden.

Die manuelle Planung nimmt implizit darauf Bezug. Bei einem Durchlauf der automatischen Planung wird zuerst justiert – der neue Bezugspunkt für das Volumen berechnet – und dann eine Planung im aktuellen Umfeld durchgeführt.

Die Veränderung des Volumens (hinzufügen als auch entfernen) wird vom System Indigo unterstützt.

14.1.8. AUFWAND FÜR DIE ERFASSUNG DER IST-DATEN UND PLANUNG

Eine Anforderung an das Projekt war die effiziente Gestaltung der Software und des Ablaufs, da bei Baufirmen mittlerer Größe nur eingeschränkt Mitarbeiter für Baustellen-Controlling und Ressourcenplanung verfügbar sind.

Der aktuelle, regelmäßige Aufwand besteht aus folgenden Tätigkeiten:

- Erfassen der Ist-Daten aus den Poliertagesberichten: ca. 15 Minuten pro Woche
- Ausdrucken der PTB-Summen (wie viele Stunden wurden bereits auf die Baustelle gebucht) für die Bauleiter: ca. 10 Minuten pro Woche
- Abgleichen der manuellen Planung: Eine Besprechung mit allen Bauleitern ca. 1-2 Stunde pro Woche

Die Verwendung der Software zum Planen eines Anbots bzw. einer neuen Baustelle kann nicht direkt quantifiziert werden, da es direkt von der Anzahl dieser Tätigkeiten abhängt. Das Anlegen eines Anbots, einer Baustelle und die Durchführung der automatischen Planung benötigen wenige Minuten.

Der zusätzliche Aufwand für die Bedienung des Systems hat einen konkreten Aspekt, bei dem der administrative Arbeit reduziert wurde: Die Bauleiter brauchen die PTB-Summen nicht mehr selbst zu berechnen. Diese Tätigkeit wurde in die Software übernommen und ist Teil des laufenden Baustellen-Controllings.

Der Aufwand an Arbeitszeit, der durch die Verwendung des Systems notwendig geworden ist, steht einem deutlichen Nutzen gegenüber:

- Unternehmensweite Auslastungsplanung
- Sofort einsetzbare Daten für die Bauleiter über die bereits verbrauchten Stunden
- Informationen für das Baustellen-Controlling, um problematische Baustellen (z.B. Risiko für die Überschreitung der kalkulierten Stunden) frühzeitig zu erkennen.

14.1.9. ERFOLGSKRITERIEN: WORAN WIRD DIE ERREICHUNG DES ZIELS GEMESSEN?

Die zu Beginn der Dissertation formulierten Anforderungen an den Output des Systems wurden erfüllt:

- Berichte über den Baufortschritt
- Planungen mit einer ausgewählten Methode
- Berichte über die Auslastung der Vergangenheit und die geplante der Zukunft

Der praktische Erfolg für das Unternehmen und die Mitarbeiter wurde durch Befragung erhoben (Siehe Abschnitt 14.6 *Nutzen für das Unternehmen - Beitrag zur Überlebensfähigkeit*).

14.2. ÜBERBLICK DER FUNKTIONEN IN INDIGO

Ein wesentlicher Teil der Dissertation ist die Erstellung des Programms Indigo, das zur Planung der Baustellen und dem Erstellen von Berichten dient.

In diesem Abschnitt werden die Anforderungen zusammengefasst und ihre Umsetzung beschrieben.

14.2.1. ANFORDERUNGEN AN INDIGO

Um die zentrale Fragestellung dieser Arbeit beantworten zu können, musste ich ein Tool entwickeln, um die Planungen durchführen und auswerten zu können.

Im Rahmen des Projektmanagements (siehe Abschnitt 8.1 *Anforderungen*) wurden eine Menge von funktionellen Anforderungen formuliert:

- Wartung der Stammdaten: Baustellen, Muster-Vorlagen für die Planung, Kalender, Anzahl der Mitarbeiter, Feiertage
- Veränderungen während der Laufzeit (Volumen, Termine, Leistungsumfang) müssen mit der Software beherrschbar sein
- Erfassen von Ist-Daten aus Poliertagesberichten und Fertigstellungsgraden
- Verwaltung von Bauunterbrechungen
- Einlesen der Ist-Daten aus der Lohnverrechnung
- Automatische und manuelle Planung der Ressourcen
- Soll-Ist-Vergleich mit verschiedenen Planungsmethoden
- Sichtbarkeit der Planungsgenauigkeit pro Planungsmethode
- Anzeigen der Auslastung für das ganze Unternehmen
- Darstellung der produktiven, unproduktiven und für Anbote vorgesehenen Mitarbeiter bzw. Stunden, sowie die freie Kapazität. Daraus lassen sich Informationen über die notwendigen Akquisitionen ableiten.
- Erstellen von Mustern aus historischen Daten
- Nachvollziehbarkeit der Ist-Daten und Planungen
- Berücksichtigung der Leasingarbeiter: Sie werden in der Lohnverrechnung nicht erfasst, erbringen aber konkrete Leistungen für die Baustelle. Erfassung über Poliertagesberichte notwendig.
- Geringer administrativer Aufwand
- Einfache Methoden zum Feststellen des Leistungsfortschrittes
- Kurze Reaktionszeiten zwischen Entstehung der Daten auf der Baustelle und der Anpassung der Planung
- Operationalisierbarkeit der Information: Was bedeuteten die Daten konkret? Welche Maßnahmen werden daraus mit welchen Kriterien abgeleitet?
- Rasche Reaktion auf Einflüsse wie etwa Terminverschiebungen, Schlechtwetter, Zusatzaufträge etc.

Alle diese Funktionen stellt Indigo bereit. Sie wurden im Rahmen dieser Arbeit getestet und benutzt, um die Ergebnisse der empirischen Untersuchungen zu liefern (siehe Abschnitt 11.6 *Vergleich 1. und 2. Testlauf*). Das System wird seit Mai 2008 in einem Unternehmen

eingesetzt und laufend weiterentwickelt. Eine kurze technische Dokumentation von Indigo ist im Abschnitt *13 Überblick der Implementierung von* zu finden.

Eine weitere Anforderung konnte nicht unmittelbar erfüllt werden:

- Vorhaltekosten durch Planungsänderungen sichtbar machen: Diese „Umrüstkosten“ können im Einzelfall auch an den Bauherrn weitergegeben werden, wenn er die Veränderung verursacht hat.

Um die Kosten einer Verschiebung („Umrüsten“ des Baubetriebes zur zeitlichen Anpassung aufgrund des Bauherrn) in Euro auszudrücken, müssen noch weitere Faktoren einbezogen werden, die nicht in Indigo zur Verfügung stehen:

- Kosten für Leerlaufzeiten
- Opportunitätskosten für nicht realisierbare Baustellen, die aufgrund der zu ändernden Planung nicht mehr angenommen werden können
- Folgekosten bei Leasingkräften oder Subunternehmern
- Aufwand für die Umplanung selbst

Die Funktionen von Indigo wurden mit den Usecases dokumentiert (Siehe Abschnitt *13.3 Usecases in*). Das zentrale Fenster ist die Ansicht der Baustellen:

- Bearbeiten der Stammdaten
- Erfassen von Ist-Daten: Poliertagesberichte, Fertigstellungsgrad
- Veränderungen während der Laufzeit: Stunden hinzu/hinweg
- Planungsmethoden bearbeiten
- Automatische Planungen durchführen
- Manuelle Planung durchführen
- Berichte erstellen

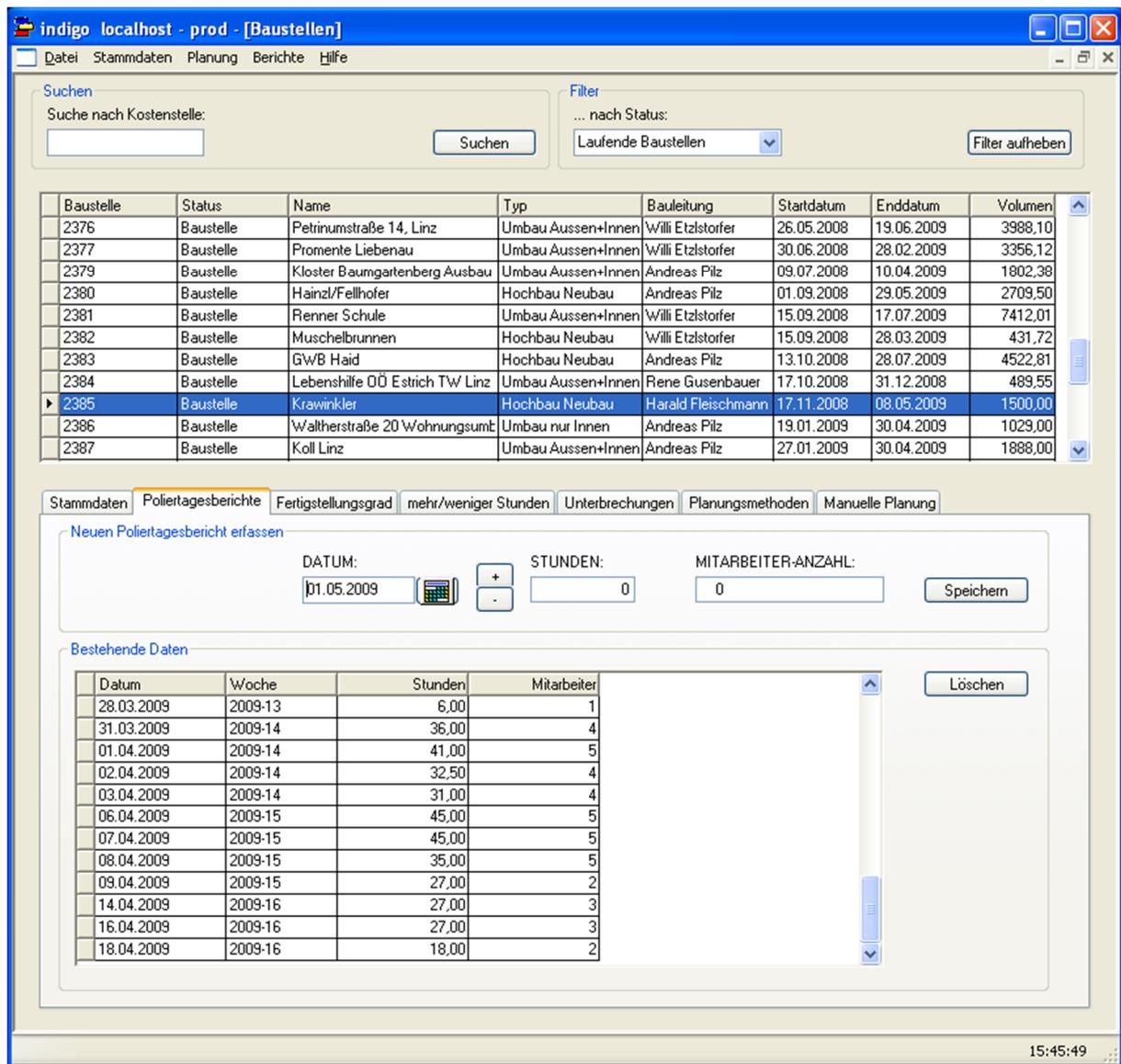


Abbildung 91: Bearbeiten von Baustellen in Indigo – Ansicht Poliertagesberichte

14.3. AUSWIRKUNGEN AUF DIE ORGANISATION

Die Einführung des Systems Indigo wurde aus der Position der systemischen Analyse und des Projektmanagements gestartet. Die Umsetzung wurde mit Unterstützung einer internen Teilzeitkraft, die für den Bereich Baustellen-Controlling zuständig ist, durchgeführt.

Neben den analytischen und technischen Herausforderungen zeichneten sich im Lauf der Umsetzung folgende Aspekte ab:

- Anfangs fehlende Unterstützung bei den Bauleitern
- Überschneidungen mit anderen Bereichen wie Betriebs- und Steuerberatung
- Schwierigkeiten bei der Schätzung des Fortschrittes bei einer Baustelle

Die erbrachte Leistung liegt nicht nur in der Erstellung und Dokumentation der Methoden und Software, sondern auch in der Beratungstätigkeit, für die Einführung des Baustellen-Controllings und der integrierten Ressourcenplanung.

Diese Einschätzung wurde auch von einem Berater⁹⁷ außerhalb des Unternehmens bestätigt:

- Die Einführung eines Baustellen-Controllings ist vor allem ein Kulturwandel, der über mehrere Jahre läuft
- Die Mitarbeiter sind der Ansicht, ohnehin alles Mögliche für das Unternehmen zu leisten und können die Nutzen einer langfristigen Planung und des Baustellen-Controllings vorerst nicht sehen
- Jene Probleme, die durch Überlastung oder freie Kapazität entstehen, werden aus Sicht der Bauleiter der Akquisition = Geschäftsleitung zugeordnet
- Widerstand aus der Sorge vor Überwachung und Kontrolle: Bauleiter wollen sich nicht in die Karten schauen lassen
- Nachtragsmanagement als Werkzeug wird zu wenig eingesetzt
- Die Themen Kapazitätsplanung und Baustellen-Controlling wurden in mehreren Klausuren bearbeitet. Schließlich gab es auch die Unterstützung der kritischen Bauleiter, die dem Projekt die notwendige Datenqualität (z.B. Bedarf an Mitarbeitern für eine bestimmte Baustelle) zugeführt hat.

Wenngleich im Rahmen dieser Dissertation der Aufwand für Methoden/Software und Beratungstätigkeit in etwa gleich groß war, ist bei nachfolgenden Projekten der Schwerpunkt in der Analyse und Einführung anzunehmen.

14.4. ERGEBNISSE FÜR DAS BAUSTELLEN-CONTROLLING

In der zusammengefassten Literatur zu den Bereichen Projektmanagement und –Controlling sowie Baubetrieb wurde eine Anzahl von Anforderungen an ein Baustellen-Controlling-System gestellt. Wie weit wurden diese Anforderungen in dieser Arbeit und dem Programm Indigo umgesetzt?

Die bereits mehrfach angemerkte Reduktion des Baustellen-Controllings auf den Faktor Arbeitsstunden grenzt die Anforderungen deutlich ein. Weitere Themen wie Aktualität, Abgleich mit Lohnverrechnungs- und kaufmännischen Systemen wurden umgesetzt. Die Trennung des Ist-Standes und der weiterführenden Planung ist zwar vorhanden, wurde aber mit einer hybriden Darstellung (Ist-Daten und die weitere Planung) zusammengeführt.

Baustellen-Controlling ist ein Teilgebiet dieser Arbeit, in dem die Methoden der Earned-value-Analyse eingesetzt werden.

Neben den bereits vorhandenen Stammdaten der Baustellen (z.B. kalkulierte Stunden, Poliertagesberichte) wurde ein neuer Parameter bei den Bauleitern abgefragt, der Fertigstellungsgrad. Dieser Wert beschreibt in Prozent den Baufortschritt in Relation zum kalkulierten Volumen das am Beobachtungszeitpunkt vorliegt. Veränderungen in der Zukunft, wie zum Beispiel zusätzliche Aufträge, werden damit noch nicht berücksichtigt.

Die Schätzung des Fortschrittsgrades hat die Bauleiter durchaus vor neue Herausforderungen gestellt, da diese Methode der Beurteilung bisher in dieser Form nicht eingesetzt wurde. Auf Basis der Schätzungen wurden mit der Earned-value-Analyse Prognosen (bei Fortsetzung der aktuellen Performance) über den Bedarf an Stunden erstellt. Liegt der so berechnete Aufwand an Stunden über der kalkulierten Menge, tritt das Baustellen-Controlling mit dem Bauleiter in Kontakt, um die Situation zu klären. Hierbei sind folgende Punkte zu beobachten:

- Es lagen bereits Zusatzaufträge vor, die noch nicht berücksichtigt werden konnten

⁹⁷ Telefongespräch mit Siegfried Zellinger am 24. April 2009

- Die Performance der Vergangenheit ist nicht repräsentativ

Es zeichnete sich im Untersuchungszeitraum eine Tendenz bei den Bauleitern ab, den prozentuellen Fortschritt (vor allem in der Anfangsphase der Baustelle) zu optimistisch einzuschätzen.

14.5. EMPIRISCHE FELDPHASE

Während der Einführung des Systems zum begleitenden Baustellen-Controlling und zur weitreichenden Kapazitätsplanung gab es auf Seiten der Mitarbeiter unterschiedliche Reaktionen. Während die Bauleiter vorerst überwiegend ablehnend reagierten (keine Zeit, zu viel Aufwand, etc.), wurde das Vorhaben vom Controlling gut unterstützt.

Mögliche Hintergründe der Reaktionen:

- Controlling wird sicher nach wie vor einfach mit „Kontrolle“ übersetzt, was die Akzeptanz eines solchen Systems verschlechtert.
- Der Nutzen des Baustellen-Controllings ist für den Bauleiter nicht klar genug.

Die empirische Feldphase (laufendes Erfassen aller Daten im Rahmen des Baubetriebes) hat Anfang Mai 2008 begonnen. Im folgende eine kurze Zusammenstellung des Verlaufs.

Status per 4. Juni 2008

- Die Daten werden erfasst und erfordern nur einen geringen Aufwand (weniger als 1 Stunde pro Woche)
- Die Schätzungen der Bauleiter zum Fertigstellungsgrad erscheinen mitunter optimistisch, möglicherweise ist der Einsatz der Drei-Punkt-Schätzung hilfreich.
- Bei der Eingabe der Daten passieren wenige Fehler, die rasch entdeckt werden können (z.B.: geplantes Abschlussdatum in 2009 oder PTB Eintragungen in der Zukunft)
- Die Formatierung der Auswertungen in Excel erfordert den größten Aufwand, um ein rasches Bild zu erhalten.
- Zwei Bugs bzw. fehlende Datenkonsistenz-Einstellungen entdeckt.
- Die Formeln für die Prognose des weiteren Fortschritts sind ebenfalls noch in Excel zu erstellen.

Status per 9. Juni 2008

- Zusatzaufträge werden entweder als Regie oder Leistung definiert, eine Mischung ist ebenfalls möglich.
- Eingabe der PTB in 10 Minuten
- Zusätzliche Erfassung der Regie- bzw. Bautagesberichte in Bezug auf Regiestunden mit geringem Mehraufwand möglich
- Datenfluss von den Technikern/Bauleitern zum Baustellen-Controlling muss definiert werden, so dass die eine Gruppe nicht von der anderen blockiert bzw. im eigenen Arbeitsprozess unterbrochen wird
- Schätzung des Leistungsfortschrittes ist noch schwierig
- Handhabung von Zusatzaufträgen und Nachträgen muss noch definiert werden
- Einige Bugs in der Software Indigo festgestellt.

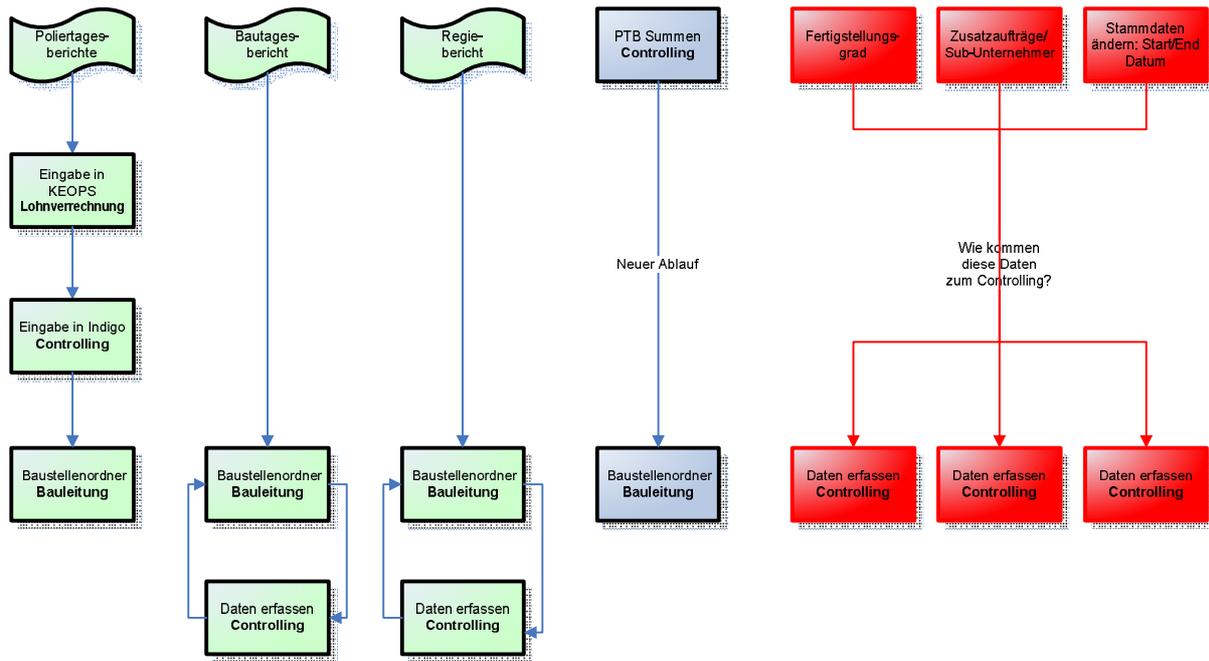


Abbildung 92: Datenerfassung – bestehende und neue Prozesse

Status per 2. Juli 2008

- Eintragung der PTB funktioniert einwandfrei
- Fortschrittsgrad wird von den Technikern nicht geliefert
- Veränderungen beim Auftragsvolumen (z.B. Zusatzaufträge oder Vergabe an Sub-Unternehmen) werden von den Bauleitern nicht an Controlling mitgeteilt, da es einen zu großen Aufwand darstellt

Was ist der unmittelbare Nutzen des Baustellen-Controllings heute:

- Ausdruck der Stundenzusammenfassungen

Der Ausdruck wird unaufgefordert vom Baustellen-Controlling jede zweite Woche in den Baustellen-Akt eingelegt

Status per 31. Juli 2008

- PTB Summen-Bericht noch nicht in den Baustellen-Ordner eingehängt, da das Baustellen-Controlling noch alle Daten einzeln überprüfen will, um die Qualität der Daten sicherzustellen. (Akzeptanz bei den Bauleitern): Bis Mitte August 2008 erledigt.
- Änderungswünsche von den Bauleitern zum Überblicks-Report: Ist-Stunden, konkrete Fragen (Vergabe an Subunternehmer, zusätzliche Aufträge) und Veränderungen des Stunden-Volumens sollen hinzugefügt werden.
- Die Vergabe an Subunternehmer ist entweder bereits als Subleistung (= nicht mehr in den kalkulierten Stunden enthalten) in der Kalkulation enthalten (kein Aufwand in Indigo) oder die zugeordnete Anzahl der Stunden der jeweiligen Position werden vom Stunden-Volumen der Baustelle abgezogen.
- Regiestunden sind **nicht** in der Anzahl der kalkulierten Stunden enthalten, möglicherweise aber im Anbot. Regiestunden werden dem Regiebericht bzw. Bautagesbuch entnommen und als zusätzliche Stunden in Indigo erfasst.
- Die Bauleiter wollen die ursprünglich kalkulierten Stunden als 100% Basis und Bezugspunkt verwenden. Das kann auch zu korrekten Fertigstellungsgraden von über

- 100% führen, da das Stunden-Volumen durch Zusatzaufträge ebenfalls über 100% gehoben wurde.
- Zusatzaufträge werden häufig als Pauschalsummen beauftragt. Um die Stunden zu extrahieren, wird folgende Methode verwendet:
 - Anteil des Lohn an der Pauschalsumme muss vom Bauleiter geschätzt werden: Nur der Lohnanteil ist für die weitere Berechnung von Bedeutung, die Aufwendungen für Material etc. sind in diesem Zusammenhang nicht weiter relevant
 - Einschätzung der Arbeiten: einfache Arbeit, mit Maschinen, mit LKW.
 - Zuordnung eines Stundensatzes zum gesamten Zusatzauftrag, mit dem der Lohnanteil dividiert wird: Das Ergebnis ist die Anzahl der Stunden, die als Zusatzauftrag in Indigo erfasst werden.
 - Zieldefinition: Frühwarnsystem, mit dem Aussagen über den Verlauf einer Baustelle gemacht werden können und eine unternehmensweite Ressourcenplanung der Mitarbeiter
 - Die Arbeit am Baustellen-Controlling führt auch zu positiven Nebeneffekten bei den Bauleitern. Es gibt selbständiges Arbeiten an der Planung der Mitarbeiter, die in einer Excel Tabelle gewartet wird. Diese Planung ist an den Vorarbeitern bzw. Polieren als Engpassressource orientiert. Die Aktualisierung wird auf taktischer Ebene vorgenommen: Die konkreten Mitarbeiter werden einmal pro Woche den Baustellen zugewiesen. Die längerfristige Planung stimmt hier nicht überein. Die Verbindung dieser Planung mit den Daten in Indigo ergibt ein genaueres Bild der Ressourcenlage.
 - Die Beschäftigung der Bauleiter mit den Baustellen hat sich im Lauf der Arbeit deutlich verbessert, was sich auch in der einfacheren Mitarbeiterplanung in der wöchentlichen Besprechung zeigt.
 - Es wurden einige Baustellen zur exemplarischen Beobachtung ausgewählt. Es handelt sich dabei um Risiko-Baustellen und ein Beispiel für eine gut geleitete Baustelle.
 - Die Dateneingabe ist einfach und kann in kurzer Zeit (ca. 15 – 30 Minuten für 20 Baustellen) durchgeführt werden.

Status per 24. August 2008

- Besprechung der Auswertungen und Diagramme: Einige Umbenennungen der Felder (Leistungswert vom Bauleiter, kombinierte Ist-Stunden + Planung); Formatierung des Diagramms angepasst (Ist-Daten in Schwarz)
- PTB Summen wurden aus Zeitmangel noch nicht ausgedruckt und den Bauleitern nicht zur Verfügung gestellt. (Ab KW35 vorgesehen)
- Unterschiede zwischen PTB und Lohnverrechnungen müssen noch analysiert werden
- Zeitplanung vom Beginn einer Baustelle bis zum Abschluss:
 - Bauleiter gibt die Anzahl der Mitarbeiter an
 - Polier gibt die Anzahl der Mitarbeiter an
- Es werden somit mehrere „Zukünfte“ für die Planung möglich: Auswertung, welche Planung (manuell bzw. von wem erstellt, automatisch) sich am besten bewährt
- Wie können die Bauleiter angehalten werden, die Ressourcenplanung mit entsprechender Aufmerksamkeit durchzuführen?

Status per 15. Oktober 2008:

- Bug beim Anzeigen von Formeln in MS Excel noch vorhanden – MS Office Version wird zur Reproduktion des Problems bereitgestellt
- PTB Summen werden einmal pro Monat ausgedruckt und in die Baustellen-Ordner eingheftet

- Abgleich PTB – Lohnverrechnung durchgeführt. Unterschiede kamen von Leasingarbeitern
- Fertigstellungsgrad wird jede zweite Woche von den Bauleitern abgefragt

Status per 23. Oktober 2008:

- Dateneingabe dauert ca. 15 Minuten pro Woche
- Der Ausdruck (Soll-Ist-Vergleich der Daten aus den Poliertagesberichten) wird verwendet, um auf mögliche Überschreitungen des Volumens aufmerksam zu machen. Dabei kommt es vor, dass der Bauleiter zusätzliche Aufträge deklarieren kann, um den weiteren Verlauf abzusichern.
- Beim Ausdruck der Baustellen-Liste nicht den vollen Namen des Bauleiters, sondern nur das Kurzzeichen verwenden.

Status per 30. Oktober 2008:

- Kostenstelle 4000: Wie Leasingarbeiter zu behandeln, aus dem System entfernen
- Einteilung der Baustellen: Baustellen-Controlling trägt heute in Indigo nach
- Eine Baustelle werden wir am 8.11.2008 (KIGA UW) anschauen, um die EVA/EVM Prognosen zu validieren.
- End2end Planung mit Bauleiter und Polier wurde nicht durchgeführt
- Arbeitszeitkalender wird erst erstellt, BUAK Kalender existiert bereits

Status per 8. November 2008:

- PTB Summen werden ausgedruckt
- Fertigstellungsgrade werden von Bauleitern geliefert
- Die Bauleiter sehen den größten Nutzen bei der automatischen Erstellung des PTB Summen Berichtes
- Starke Auslastung der Bauleiter im operativen Geschäft – kein Raum für strategische Arbeiten
- Die neue Baustelle 2385 Krawinkler wird als Beispiel für die manuelle Planung verwendet. (1400 Stunden, Start 17.11.2008. Laufzeit 8 Arbeitswochen)
- 2383 GWB Haid wird ebenfalls als Beispiel für eine End2end Planung verwendet.
- Neuer Arbeitszeitkalender voraussichtlich bis Ende der nächsten Woche fertig.
- Nächster Schritt: Neue Baustellen erhalten eine end2end **vor** Beginn der Baustelle. Als Vorlage wird der Soll-Ist-Vergleichs-Bericht verwendet.
- PTB Eingabe und Stundenvolumen (Zusatzaufträge) sollen direkt bei der Baustelle eingegeben werden

Status per 1. Dezember 2008

- Neue Version b8 installiert und Anpassungen des Datenmodells vorgenommen
- Abgeschlossene Baustellen bearbeitet
- Vergleich einer manuellen Planung mit den erbrachten Leistungen: Deutliche Unterschiede bei der Anzahl der Mitarbeiter festgestellt
- Der Vorschlag, eine Planung der Bauleiter vorzunehmen, wurde wieder verworfen, da das zu erwartende Ergebnis in keiner Relation zum administrativen Aufwand stehen würde.
- Der Bug mit den Excel Formeln (#NAME?) besteht nach wie vor, auch nach Installation des Office 2003 SP3.
- Nächster Schritt: Eingabe der Arbeitseinteilung für alle laufenden Baustellen bzw. die Planung bis zum voraussichtlichen Ende der Baustellen durch die Bauleiter.
- Zubau/Sanierung Innen -> Umbau nur Innen

- Umbau/Sanierung Aussen -> Umbau Aussen+Innen
- Bug bei manueller Planung: Daten in 2009 werden abgeschnitten
- Berechnung der Kalenderwochen nicht mit dem Arbeitszeitkalender 2009 abgestimmt

Status per 8. und 9. Jänner 2009

- PTB werden laufend erfasst
- Arbeitseinteilung wird ebenfalls eingetragen
- Allgemeine Regie = Kleinbaustellen werden immer weniger, die Kostenstellen 1000 bis 1090 werden in der Planung nicht berücksichtigt
- Status aller offenen Baustellen durchgearbeitet
- Die Arbeitseinteilung wird in Indigo übertragen
- Beim Baustellen-Controlling sind weitere Schritte mit der Betriebsberatung geplant. Die Daten aus Indigo bilden eine Datenquelle dafür.
- Unterschiede zwischen Arbeitsplanung, PTB und Lohnverrechnungsdaten stichprobenartig untersucht:
 - Leasingarbeiter
 - Die Berechnung der Ist-Mitarbeiter berücksichtigt jetzt nur die tatsächlich geleisteten Arbeitstage. Es müssen jedoch alle potentiellen Arbeitstage der Woche einbezogen werden, um den korrekten Durchschnittswert zu berechnen.
- MS Excel #NAME? Problem: Alle Zeichen “=” müssen durch das Zeichen “=” ersetzt werden. So wird die fehlerhafte Fehlermeldung von #NAME? auf die korrekte Formel entfernt.
- testdb.fdb auf dem Server KERN4 und Alias in aliases.conf von Firebird eingerichtet
- Regressionstest für die gesamte Applikation Indigo durchgeführt
- Die Anzahl der Mitarbeiter umfasst auch die Leasingkräfte und werden einmal pro Woche in Indigo eingetragen
- Überschreiben der MA Anzahl beim Import der LVR Daten muss entfernt werden
- Die Stammdaten der laufenden Baustellen werden vom Baustellen-Controlling bis zum 17. Jänner 2009 erfasst

Status per 1. Februar 2009

- Unternehmensweite Gesamtplanung erstellt und zur Begutachtung ausgeschickt.
- Unmittelbarer Nutzen für Baustellen-Controlling: Erstellen von Auswertung pro Baustelle, um Risiken (höherer Stundenverbrauch, fehlende Zusatzaufträge etc.) sichtbar zu machen.

Status per 15. Februar 2009

- Im Rahmen einer Klausur wird festgestellt, dass zurzeit drei ähnliche Planungsmethoden im Unternehmen im Einsatz sind. Es folgt der Beschluss durch die Mitarbeiter (Bauleiter), dass nur mehr ein System - Indigo - verwendet werden wird.
- Anfrage einer Planungsübersicht, die statt Stunden die Anzahl der Mitarbeiter pro Baustelle bzw. Hilfsstelle darstellt.

Status per 7. März 2009

- Die Grafik zur Darstellung der Auslastung wird gut aufgenommen und entspricht den Anforderungen der Geschäftsleitung
- Es fehlen noch die Planungen für die Hilfsstellen und Anbote, die nächste Woche erfasst werden
- Zurzeit laufen vielen Kalkulationen von Anboten, die auch noch in die Planung einfließen werden

Status per 17. März 2009

- Gesamtplanung wird im Rahmen der Arbeitsplanung verwendet
- Anfrage zu Features: Bei manueller Planung die Anzahl der noch nicht verplanten Stunden anzeigen
- Überstunden werden weder bei der manuelle noch automatischen Planung berücksichtigt, es wird immer die Sollarbeitszeit laut Arbeitszeitkalender verwendet
- Einige Fragen zur Anwendung des Programms: Wie werden geschlossene Baustellen wieder geöffnet, wie sollen Angebote erfasst werden?
- Es wird einmal pro Woche die Planung mit den Bauleitern abgestimmt
- Nachfragen der Bauleiter zu bestimmten Berichten (z.B. bereits verbrauchte Stunden pro Baustelle)
- Die Akzeptanz des Tools im Unternehmen steigt

Status per 3. April 2009

- Angebote werden in die Planung eingetragen: Damit wird die Aufteilung zwischen fixen Baustellen, den Hilfsstellen und den Angeboten deutlich dargestellt

Status per 24. April 2009

- Die Gesamtplanung wird jede Woche mit allen Bauleitern aktualisiert
- Das Eintragen der Angebote im Tool war noch nicht klar, es wurde bisher direkt im Excel eingetragen. Wird ab nächster Woche in Indigo durchgeführt
- Die Earned-value-Analyse wird punktuell eingesetzt. Die Markierung der kritischen Baustellen (mit einem ETC größer als das Volumen) im Übersichts-Bericht wird eingebaut werden.

Die Dokumentation des praktischen Einsatzes wird mit Ende April 2009 beendet.

Das Programm Indigo befindet sich weiterhin im Einsatz und wird weiterentwickelt.

14.6. NUTZEN FÜR DAS UNTERNEHMEN - BEITRAG ZUR ÜBERLEBENSFÄHIGKEIT

Eine der Zielsetzungen für diese Arbeit ist die Erhöhung der Überlebensfähigkeit des Unternehmens. Die unmittelbare und einfache Antwort darauf ist: Wenn die Ressourcen zielgerichteter und damit effizienter eingesetzt werden, dann werden Kosten gespart und Möglichkeiten für den weiteren, ertragbringenden Einsatz der Ressourcen geschaffen.

Sebastian Firlinger hat in seiner Dissertation unterschiedliche Modelle zur Überlebensfähigkeit von Unternehmen und deren Erosion bearbeitet. Er kommt zu folgendem Schluss:

Ein Unternehmen ist genau dann lebensfähig, wenn...
... es über eine Kultur – und damit über ein Wertegerüst – verfügt, in der der Unternehmenszweck fest verankert ist, und die dem System die Fähigkeit verleiht, alle relevanten Vorgänge erkennen und beurteilen zu können;
... adäquate Strukturen und ausreichende Ressourcen zur Umsetzung der – durch den Systemzweck – definierten strategischen und operativen Aufgaben vorhanden sind;
... es in der Lage ist seine gewählte strategische und operative Konfiguration kontinuierlich zu erneuern und dadurch latente Erstarrungs- und Verschleissprozesse rechtzeitig zu unterbinden;

*... es ein Mindestmaß an Agilität besitzt, um Diskontinuitäten zu überwinden sowie deren potenzielle Erneuerungswirkung in organisationaler bzw. leistungsmäßiger Hinsicht zu erkennen und zu nutzen.
Fehlt auch nur eine dieser vier genannten Voraussetzungen im Unternehmen, kann dessen Lebensfähigkeit nicht dauerhaft erhalten werden.⁹⁸*

Damit ist die Fragestellung auf eine viel abstraktere Ebene gehoben worden, von der aus ein weiterer Blick möglich ist.

Welche Bereiche betrifft die Ressourcenplanung im Baugewerbe? Es gibt organisatorische Aspekte, die auch die **Kultur** des Unternehmens betreffen. Die Einführung des Baustellen-Controllings und der unternehmensweiten Ressourcenplanung ist ein Veränderungsprozess und geht über die fachlichen Elemente hinaus. Die Veränderung geht in Richtung mehr Transparenz und strukturierter Planung.

Im Bereich der **Strukturen und Ressourcen** wird die größte Hebelwirkung entwickelt: Die Auslastung der Ressourcen ist jederzeit für jeden Bauleiter und die Geschäftsführung abrufbar.

Damit wurde auch die **operative Konfiguration** erneuert, indem ein Prozess der Ressourcen-Planung wurde eingeführt wurde.

Die **Agilität** bei der Anpassung der Planung wurde nicht verändert, sie wird durch den Soll-Ist-Vergleich aber sichtbar gemacht.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass die Einführung des Baustellen-Controllings und der unternehmensweiten Ressourcenplanung einen Beitrag zur Überlebensfähigkeit eines Bauunternehmens leistet. Es muss jedoch eindeutig klar sein, dass selbst eine Optimierung dieser unterstützenden Funktionen niemals Defizite in anderen – von Firlinger beschriebenen – Bereichen ausgleichen könnte.

Aus Sicht einer Mitarbeiterin im Baustellen-Controlling und den Bauleitern stellt sich die Arbeit wie folgt dar:

Wir nutzen die gesamten Funktionen, die man bei einer Baustelle eingeben kann. D.h. jetzt wird ein Anbot gleich mit der Anbotsnummer erfasst, und eine lineare Planung darübergefahren, aufgrund des Stundenvolumens und des Start- und Enddatum werden die Mitarbeiter aufgrund von Erfahrungswerten aufgelistet, die benötigt werden. Wir können dann besser sagen, wann uns die Baustelle am besten passt. Auch bei Auftragsverhandlungen ist es sicher nicht schlecht, wenn man mit der Liste hingehen kann und sagen kann: So schaut es aus, und wir können da oder da am besten beginnen. Ich glaube die Auftraggeber wissen dann auch, dass unsere Firma super organisiert ist. Wir müssen dann auch nicht jede Baustelle zu jeden Preis annehmen. Oder letzten Sommer hatten wir 20 Leasingkräfte, das dürfte uns nicht mehr passieren weil wir ja alles planen. Unsere Techniker erhalten Ausdrucke über die bis jetzt verbrauchten Stunden, was ihnen sehr gut gefällt, früher musste das händisch zusammengetippt werden. Auch der Ausdruck mit dem Fertigstellungsgrad ist sehr gut, man kann genau sagen, wenn man so weiterarbeitet, werden wir zu viel Stunden brauchen. Die Schätzung des Fertigstellungsgrades ist immer noch ein heikles Thema. Die Bauleiter können den Fortschritt nicht genau definieren, aber es wird immer ein Wert bekanntgegeben. Meistens kommt dann beim Report heraus, dass der Grad doch eine Fehleinschätzung war, aber sie oder wir werden immer besser.

⁹⁸ Firlinger, Die Erosion der Lebensfähigkeit von Unternehmen. Seite 248.

Ich glaube, wenn wir weiterhin alles so eingeben und noch genauer werden, ist es sicher für die Kalkulation der Baustellen und die Auftragsannahme verschiedener Baustellen sehr wichtig und nicht mehr wegzudenken.⁹⁹

Die zentralen Punkte hier:

- Automatische Planung für die erste Positionierung einer neuen Baustelle in der Kapazitätsplanung
- Information für die Verhandlungen über Termine mit Bauherrn: Gewinn an Souveränität
- Es wird eine gleichmäßigere Auslastung erwartet, ein überraschender Bedarf an zusätzlichen Arbeitskräften sollte nicht mehr auftreten
- Der Bericht mit den Ist-Daten für die Bauleiter reduziert deren manuellen Rechenaufwand
- Die Schätzung des Fertigstellungsgrades wird auch von den Beteiligten als Problem gesehen

Die bisherigen Erfahrungen der beteiligten Mitarbeiter stützen die Erwartungshaltung, dass mit der verbesserten Planung eine ausgeglichene Kapazitätsauslastung möglich sein wird.

Das unmittelbare Werkzeug des Baustellen-Controllings – die Earned-value-Analyse – hat in bei der täglichen Anwendung einen geringeren Stellenwert als die unternehmensweite Planung.

Die unternehmensweite Ressourcenplanung soll die Geschäftsführung in die Lage versetzen, eine gleichmäßigere, hohe Auslastung der Mitarbeiter herbeizuführen. Zusätzlich sollen mit dem Baustellen-Controlling kritische Baustellen frühzeitig erkannt werden, um korrigierend eingreifen zu können.

Der Nutzen aus Sicht der Geschäftsführung spiegelt die Ergebnisse auf einer anderen Ebene wider:

Einer meiner Gedanken seit langer Zeit war die kontinuierliche Auslastung der Firma. Nicht zu viel und nicht zu wenig.

Ich habe immer wieder festgestellt, dass die Vorlaufzeit Anbotabgabe bis der erste Mann auf der Baustelle arbeitet in unserer Firma mindestens 3 Monate beträgt. Daher muss der Planungshorizont mindestens diese 3 Monate umfassen. Besser ist natürlich ein noch längerer Zeitraum.

Wenn man zu einer Auftragsverhandlung fährt und dort dem Auftraggeber mitteilen muss, dass wir zu dem geforderten Termin nicht beginnen können braucht man ordentliche Argumente für den späteren Beginn. Was gibt es da besseres als eine Grafik für das ganze Jahr, wo ein Strich bei der Kalenderwoche ist, wo man mit der Baustelle anfangen kann. Außerdem muss es im Prinzip jedem Auftraggeber egal sein wann der Baubeginn ist. Der Fertigstellungstermin des Auftrages bzw. der Teilleistung ist wichtig.

Es ändert sich immer was – Beginn der Baustelle wird nach hinten verschoben. Daher muss man meines Erachtens die Auslastung immer mit knapp über 100% fahren.

Wir denken und reden derzeit eigentlich nur über zu viel Arbeit. Ich glaube, dass das Programm auch beim Gegenteil – zu wenig Arbeit – sehr wichtig ist. So kann

⁹⁹ Email vom 30. April 2009 mit der Zusammenfassung aus der Sicht des Baustellen-Controllings (Romana Hofbauer) und der Bauleiter.

man frühzeitig mit Kollegen, Auftraggebern etc. in Kontakt treten ob jemand Mitarbeiter brauchen kann oder eine Baustelle hat, die er aus Kapazitätsgründen selber nicht ausführen kann. So etwas 1 oder 2 Wochen vorher zu regeln ist (fast) unmöglich, wenn ich es 2 Monate vorher weiß kann man besser darauf reagieren. Eines der wichtigsten Ergebnisse ist, dass sich die Bauleiter, Techniker und Geschäftsführung mehr mit dem Thema Auslastung auseinandergesetzt haben und mehr darüber nachgedacht und diskutiert wird.

Ganz wichtig ist, dass eine Person für die Wartung der Daten und Auswertungen zuständig sein muss. Das soll oder darf kein Techniker sein sondern ist bei uns die Kostenrechnerin. Bei einem Techniker sind die Prioritäten immer so gelagert, dass die Auslastungsplanung so lange genug Arbeit da ist immer hinten ansteht.

Es müssen die Techniker und Bauleiter vom Nutzen des Programms überzeugt sein. Ein „Abfallprodukt“ ist die Summe der Stunden lt. PTB. Das haben früher die Bauleiter selber zusammenrechnen müssen, wenn Sie die Summe der bisherigen Stunden wissen wollten.

Um die kalkulierten Stunden bzw. einen Soll-Ist-Vergleich der Stunden zu bekommen (zB über Auer) ist es wichtig, dass in der Kalkulation ein sauberes K7 Blatt existiert. Wenn dort Lohn Diverses und Sonstiges Diverses steht ist schon die Angabe der kalkulierten Stunden schwierig wenn nicht unmöglich. Alleine diese saubere K7 Kalkulation mit Ansätzen, die auf unsere Firma zugeschnitten sind hat einige Zeit gebraucht. Das ist allerdings vor den ersten Gesprächen über die Auslastungsplanung passiert. [...]

Eine Weiterentwicklung ist für mich die Planung der Schlüsselressourcen. Das sind die namentliche Planung der Poliere und Vorarbeiter sowie der Schlüsselgeräte (z.B. Kräne, Aufzüge etc.) und die Auslastungsplanung der Bauleiter. So ist der Bauleitungs- und Abrechnungsaufwand beim Neubau einer Wohnanlage wesentlich weniger als bei einer Umbaubaustelle mit gleicher Auftragssumme.¹⁰⁰

Bei der Beurteilung durch die Geschäftsleitung gibt es folgende zentrale Punkte:

- Auslastungsplanung mit weiterem Horizont gibt die Möglichkeit, auf Über- und auch Unterkapazitäten rechtzeitig zu reagieren.
- Aktuelle Daten für die Verhandlungen mit dem Auftraggeber
- Intensive Auseinandersetzung mit dem Thema Auslastung bei allen beteiligten Funktionen (Controlling, Bauleitung, Geschäftsführung), die mit konkreten Zahlen hinterlegt ist
- Die eigene Rolle des Baustellen-Controllings ist ein wesentlicher Erfolgsfaktor
- Zusätzlicher Nutzen für die Bauleiter durch die aktuelle Vorhaltung von Ist-Stunden aus den Poliertagesberichten.
- Saubere Kalkulation ist die Voraussetzung für das Baustellen-Controlling: Eine korrekt berechnete Anzahl von Stunden kann auch korrekt nachverfolgt werden.
- Mögliche Weiterentwicklungen werden im Bereich der Planung von Schlüsselressourcen bei Mitarbeitern als auch Maschinen gesehen.

Es wurden einerseits die Erreichung der Ziele durch das Programm bestätigt (Planungshorizont, genaue Daten, Auslastungsplanung) als auch zusätzliche Punkte für die Weiterentwicklung genannt. Diese geht in Richtung einer Ausdifferenzierung der Ressourcen.

¹⁰⁰ Zusammenfassung des bisherigen Verlaufs aus Sicht des Geschäftsführers Baumeister Philipp Kern. Email vom 17. Mai 2009

14.7. ZUSAMMENFASSUNG DER WISSENSCHAFTLICHEN NEUERUNGEN

Nach der Betrachtung der Ergebnisse aus Sicht der methodischen Fragen und in Hinblick auf das Unternehmen soll noch einmal auf die wissenschaftliche Fragestellung und den Neuerungswert eingegangen werden.

Die zentrale Fragestellung sucht nach Möglichkeiten für die Verbesserung der Ressourcenplanung in der Bauwirtschaft. Dabei wird die mögliche Verwendung von historischen Daten bereits abgeschlossener Baustellen als auch die Messung der Prognosegüte einbezogen.

Hierzu wurde zuerst das System Baufirma beschrieben, dann die Methoden zu Extraktion der historischen Daten dokumentiert.

Die Suche in der Baubetriebs-Literatur zum Thema Kapazitätsplanung hat lediglich Anforderungen und Kriterien hervorgebracht (Siehe Abschnitt 6.5 *Bestehende Planungsmethoden*), jedoch keine Lösungsansätze. Bei der Planung des Mitarbeiterereinsatzes in KMUs ist der Einsatz von Expertenwissen die zentrale Methode. Hilfsmittel wie etwa Tabellen dienen lediglich der Dokumentation, unterstützen den Vorgang selbst aber kaum.

Als nächsten Schritt wurden die Ansätze aus dem Projektmanagement (Schwerpunkt Earned-Value-Analyse) und Baustellen-Controlling (z.B. Ö-NORM 1801-5) zusammengefasst. Die angepasste Earned-Value-Analyse für das Baustellen-Controlling ist die Synthese aus Elementen des Projektmanagements und des Baubetriebs (Siehe Abschnitt 8.11 *Anwendung auf Baustellen-Controlling: Herleitung der angepassten EVA/EVM*):

- Reduktion des Controllings auf Stunden
- Methoden des Baubetriebs zur Bestimmung der Soll- und Ist-Werte (z.B. Arbeitskalkulation für Soll-Stunden, Bautagesbuch/Regiebericht für Ist-Stunden)
- Berechnung des Earned-Value, um die Relation zwischen verbrauchten Stunden und der erbrachten Leistung vergleichen zu können

Damit ist eine Methode definiert, mit der die Steuerung einer Baustelle über einen zentralen Wert – der Anzahl der Stunden – systematisch ermöglicht wird.

Die Erfahrungen bei der Schätzung des Fertigstellungsgrades (ein zentraler Parameter für die Bestimmung des Earned-Value) wurden als Teil der Dissertation dokumentiert.

Die Verwendung von historischen Daten bereits abgeschlossener Baustellen ist der Versuch, Vorgänge der Vergangenheit im Rahmen der Planung auf die Zukunft zu übertragen. Durch eine Anzahl von Transformationen und Linearisierungen (Siehe Abschnitt 9 *Muster aus Definitionen und abgeschlossenen Baustellen erstellen*) führt die ex-post Anwendung eines solchen Musters auf die mustergebende Baustelle bereits zu Abweichung von durchschnittlich 40%. Woher kommt diese Abweichung:

- Linearisierung bei der Erstellung des Musters: die Daten werden auf 100 Messpunkte reduziert bzw. erweitert, um die Muster miteinander vergleichbar zu machen
- Rundung bei der Planung auf Wochenbasis: Die geplanten Stunden werden durch die Sollarbeitszeit der jeweiligen Woche dividiert und dann auf ganze Einheiten (= Mitarbeiter) gerundet.

Wenn man berücksichtigt, dass der Unterschied zwischen Soll und Ist bei der manuellen Planung im Durchschnitt 40% (Mitarbeiter) bzw. 50% (Stunden) beträgt, bedarf dieser Punkt einer weiteren Betrachtung.

Bei der Bearbeitung des Projektmanagements (Abschnitt 8 *Projekt- und Baustellen-Controlling*) wurde festgehalten, dass Baustellen die Kriterien für ein Projekt erfüllen: Die Aspekte Neuartigkeit, Zielorientierung, Komplexität und Interdisziplinarität liegen vor. Die Frage der Anwendbarkeit von historischen Daten hängt also unmittelbar mit dem Spannungsfeld Einzigartigkeit – Ähnlichkeit der Baustellen zusammen.

Baustellen mit gleichem oder sehr ähnlichem Inhalt und Umfang weisen keineswegs eine ähnliche Zeit-Leistungskurve auf. Die exogenen Faktoren, die den Verlauf der Baustelle beeinflussen, sind stärker als Ähnlichkeiten der Baustellen zueinander.

Wesentliche exogene Faktoren für den Verlauf einer Baustelle sind:

- Entscheidungen und Vorgaben des Bauherrn in Bezug auf Leistungszeitraum und Umfang
- Abhängigkeiten zu andere Gewerken
- Witterungsverhältnisse

Die Ergebnisse bei der Anwendung der Muster unterstützen die Hypothese, dass durch den Projektcharakter einer Baustelle die Einzigartigkeit im Vergleich zur Ähnlichkeit überwiegt.

Die Folgerung daraus ist, dass sich der Einsatz von historischen Daten zur Planung von Baustellen nicht ausreichend bewährt hat, um als hilfreiches Instrument in der Praxis eingesetzt zu werden. Die Methode zur Berechnung des Unterschieds zwischen Soll- und Ist-Daten für Mitarbeiter und Stunden stellt jedoch ein zusätzliches Werkzeug bereit. **Diese neue quantitative Methode zur Bestimmung der Planungsgenauigkeit ermöglicht die kritische Betrachtung der vorhandenen Planungsmethode und bietet die Grundlage für ein Benchmarking zwischen Unternehmen.**

Ausgehend von den vorliegenden Ergebnissen der automatischen Planungen (Siehe Abschnitt 11.6 *Vergleich 1. und 2. Testlauf*) stellt sich die Frage, ob und wie eine Verbesserung der automatischen Planungsgenauigkeit möglich ist. Einerseits können hand-modellierte Muster verwendet werden, die das Expertenwissen in einen voraussichtlichen Verlauf übertragen. (Beispiele siehe *Abbildung 90: Durchschnittsmuster und manuell erstellte Muster*). Weiters kann das Verfahren zum Runden der geplanten Mitarbeiter angepasst werden, so dass auch der tageweise Einsatz vom System vorgesehen ist. Wenngleich der Großteil der Mitarbeiter über den Planungszeitraum einer Woche auf der gleichen Baustelle arbeitet, gibt es doch einzelne Mitarbeiter, die auf unterschiedlichen Baustellen tätig sind.

Ein weiteres Ergebnis dieser Dissertation ist die Entwicklung einer unternehmensweiten Kapazitätsplanung (Siehe Abschnitt 12 *Integrierte, unternehmensweite Planung*). Die strategische Planung mit diesem neuen Werkzeug erweitert den Planungshorizont eines Unternehmens deutlich:

- Die Kapazitätsplanung erfolgt über einen längeren Zeitraum
- Alle Baustellen und Anbote, sowie interne Hilfskostenstellen (z.B. Bauhof), werden berücksichtigt

- Die Auslastung kann ausgeglichener geplant werden: Potentielle Über- und Unterkapazitäten werden frühzeitig sichtbar gemacht und das Unternehmen kann darauf reagieren (z.B. Veränderung des Mitarbeiterstandes inkl. Leasingkräfte)
- Steuerung der Unternehmensgröße (Aufnahme oder Abbau von Leasingkräften und/oder eigenen Mitarbeitern)
- Die Akquisition von neuen Aufträge kann anhand der Auslastung erfolgen und zeitgerecht begonnen werden

Dieses neue Werkzeug stellt eine Multi-Projekt-Planung auf Basis der Mitarbeiter bzw. der Stunden bereit und ermöglicht es Unternehmen, auf die strategischen Aspekte (z.B. Unternehmensgröße, Akquisition) der Kapazitätsauslastung rechtzeitig einzugehen.

14.8. SCHLUSSFOLGERUNGEN

Die Einführung des Baustellen-Controllings und der unternehmensweiten Kapazitätsplanung unterstützen die Lebensfähigkeit des Unternehmens.

Bereits das Vorhandensein von Datenmaterial über den Fortschritt von Baustellen und dem Soll-Ist-Abgleich erhöht die Bereitschaft der Bauleiter, sich mit ihren Baustellen bereits während der Laufzeit intensiver als zuvor auseinander zu setzen. Das betrifft vorrangig die Aspekte des Stundenverbrauchs möglicher oder tatsächlicher Zusatzaufträge. Die fachlich-technische orientierte Auseinandersetzung mit der Baustelle bleibt davon unberührt.

Die historischen Muster haben die von den Experten erwarteten Eigenschaften (rascher Anstieg und Long tail) nicht gezeigt. Die Charakteristika wurden bei der Erstellung der Durchschnittsmuster wesentlich verändert. Mögliche Lösungen:

- Neue Muster aus den Daten der Poliertagesberichte erstellen (z.B. Leasingarbeiter berücksichtigt)
- Ein „hand-modelliertes“ Muster verwenden, das die erwarteten Eigenschaften aufweist

Automatische Planungen haben sich als wertvolles Hilfsmittel erwiesen, neue Angebote bzw. Baustellen im Rahmen der Ressourcenplanung zu betrachten. Auch das Zusammenführen und strukturierte Überprüfen der manuellen Planung hat zur höheren Transparenz und zur Erweiterung des Planungshorizontes geführt.

Die Ergebnisse aus den Testläufen haben gezeigt, dass die manuellen Planungen eine deutliche höhere Planungsgenauigkeit als automatische Planungen aufweisen. Das war durchaus zu erwarten, da die manuelle Planung auch implizite Informationen verarbeiten kann, die der automatischen nicht zugänglich sind.

Die Methoden des Baustellen-Controllings hängen wesentlich von der Qualität der Schätzung des Fertigstellungsgrades ab. Eine Optimierung in diesem Bereich würde die Warnfunktion des Baustellen-Controllings stark verbessern.

Die analytischen und technischen Aspekte der Einführung des Baustellen-Controllings und der unternehmensweiten Planung stehen hinter den organisatorischen zurück. Der Nutzen für den einzelnen Mitarbeiter, die Bauleitung allgemein, die Kunden und damit für das Unternehmen im Ganzen muss in aller Deutlichkeit vermittelt werden. Die Kommunikation mit den Mitarbeitern muss sicherstellen, dass die Botschaft der Verbesserung und des Nutzens ankommt.

15. LITERATURLISTE

- Ahrens Hannsjörg/Bastian, Klemens/Muchowski, Lucian: Handbuch Projektsteuerung – Baumanagement. Ein praxisorientierter Leitfaden mit zahlreichen Hilfsmitteln und Arbeitsunterlagen auf CD-ROM. 2. Auflage. Fraunhofer, Stuttgart 2006.
- Bauer, Hermann: Baubetrieb. 3. Auflage. Springer, Berlin 2007
- Borrie, Helen: The firebird book. A reference for database developers. Apress, Berkely 2004
- DIN 69901-5: Projektmanagement – Projektmanagementsysteme – Teil 5: Begriffe. Ausgabe Jänner 2009.
- DIN 69904: Projektwirtschaft. Projektmanagementsysteme. Elemente und Strukturen. November 2000.
- Drews, Günter/Hillebrand, Norbert: Lexikon der Projektmanagement-Methoden. 2. Auflage. Haufe, Freiburg 2010.
- Firlinger, Sebastian: Die Erosion der Lebensfähigkeit von Unternehmen. Über die Wirkung degenerativer Prozesse in soziotechnischen Systemen und deren Begegnung durch organisationale Gestaltung. [Diss] Wien 2007.
- Fleming, Quentin W./Koppelman, Joel M.: Earned Value Management. Mitigating the Risks Associated with Construction Projects (<http://www.dau.mil/pubs/pm/pmpdf02/fle-ma2.pdf> Download am 24. Mai 2008)
- Forrester, Jay W.: Industrial Dynamics. M.I.T. Press, Cambridge Massachusetts, 1969.
- Gareis, Roland: Projektmanagement im Maschinen- und Anlagebau. Handbuch im Auftrag des Fachverbandes der Maschinen- und Stahlbauindustrie Österreichs. Manz, Wien 1991.
- Gehri, Markus/Raffetseder, Otmar/Lessmann, Heimo: PC-Einsatz für die Baustellenkontrolle. Beispiel Baustelle Richard-Strauss-Strasse U-Bahn München. Zürich 1987.
- Greene, Jennifer/Stellman, Andrew: Head First PMP. O'Reilly, 2007.
- Grote, Heinz: Kosten senken mit KOPF. Kybernetische Organisation, Planung und Führung. Die Revolution des Baumanagements. Patzer Verlag, Berlin, Hannover, 2002.
- Hager, Hubert/ Pfanner, Martin: Kostenplanung und Kostencontrolling im Tiefbau. In: Oberndorfer, Wolfgang [Hrsg.]: Organisation & Kostencontrolling von Bauprojekten. Bauherrnaufgaben, Kostenplanung/-verfolgung, Risikomanagement. Manz, Wien 2007. Seite 321 – 358.
- Hintz Martin, Kappel Gerti, Kapsammer Elisabeth, Retschitzegger Werner: UML @ Work. Objektorientierte Modellierung mit UML 2.0. 3. Auflage. dpunkt.verlag, Heidelberg 2005.
- Jodl, Hans Georg/ Oberndorfer, Wolfgang (Hrsg.): Handwörterbuch der Bauwirtschaft. Interdisziplinäre Begriffswelt des Bauens. ON Österreichisches Normungsinstitut. Wien, 2010.

Kropik, Andreas: Nachtragsmanagement. Skriptum zum SE 234.046. WS 2006/07. TU-Wien. Institut für interdisziplinäres Bauprozessmanagement.

Kropik, Andreas/Krammer, Peter: Mehrkostenforderungen beim Bauvertrag. Ansprüche aus Leistungsänderungen, ihre Geltendmachung und Abwehr. Österreichischer Wirtschaftsverlag, Wien 1999.

Leimböck, Egon: Bauwirtschaft. Teubner, Stuttgart 2000.

Mathoi, Thomas: Durchgängiges Baukostenmanagement. Ein Leitfaden für systemische Kostenplanung und -kontrolle bei Bauprojekten im Hochbau aus der Sicht des Planers bzw. Auftraggebers. Books on Demand, Norderstedt 2005.

Mathoi, Thomas: Kostenplanung und Kostenverfolgung im Hochbau. In: Oberndorfer, Wolfgang [Hrsg.]: Organisation & Kostencontrolling von Bauprojekten. Bauherrnaufgaben, Kostenplanung/-verfolgung, Risikomanagement. Manz, Wien 2007. Seite 273 – 317.

Meredith, Jack R./Mantel, Samuel J. jr.: Projekt Management. A managerial approach. 6th edition. John Wiley & Sons, New York 2006.

Micksch, Konrad: Praxis-Kompodium Bauprojekte. Handbuch für die Durchführung von Bauvorhaben. C.F. Müller. Heidelberg, 2009.

Microsoft (<http://www.microsoft.com/germany/epm/investitionsprojekte.msp> Download am 10. September 2010)

Oberndorfer, Wolfgang [Hrsg.]: Organisation & Kostencontrolling von Bauprojekten. Bauherrnaufgaben, Kostenplanung/-verfolgung, Risikomanagement. Manz, Wien 2007.

Oesterreich, Bernd: Die UML 2.0 Kurzreferenz für die Praxis. 3. Auflage. Oldenbourger Wissenschaftsverlag, München 2004.

Oracle: Earned Value „lite“ – So kann die Leistungswertanalyse für jedes Projekt angewendet werden. Oracle White Paper, Mai 2009.
(http://www.oracle.com/de/products/applications/primavera/063352_de.pdf Download am 10. September 2010)

Österreichisches Normungsinstitut: ÖNORM B1801-5. Bauprojekt- und Objektmanagement. Projektmanagementsysteme. (Ausgabe 2001-06-01)

Österreichisches Normungsinstitut: ÖNORM B2110. Allgemeine Vertragsbestimmungen für Bauleistungen – Werkvertragsnorm (Ausgabe 2009-01-01)

Patzak, Gerold/Rattay, Günter: Projektmanagement. Leitfaden zum Management von Projekten, Projektportfolios, Programmen und projektorientierten Unternehmen. 5. Auflage. Linde, Wien 2009.

Project Management Institute: A guide to the project management body of knowledge. Third edition. (PMBOK Guide). PMI 2004.

Steinle, Claus/Bruch, Heike/Lawa, Dieter: Projektmanagement. Instrument moderner Dienstleistung. Frankfurter Allgemeine Zeitung, Frankfurt am Main 1995.

Stöger, Roman: Wirksames Projektmanagement. Mit Projekten zu Ergebnissen. Schäffer Poeschel, Stuttgart 2004.

Straka, Klaus: Baucontrolling unter besonderer Berücksichtigung des Leistungsfortschritts-Controlling aus Sicht des Bauherrn. Diplomarbeit, Wien, 1992.

Torgersen, Helge: Wozu Prognosen? Beitrag zu den Salzburger Pfingstgesprächen 2000: Ist das Ende absehbar? – Zwischen Prognose und Prophetie. IAT/ÖAW, 6.8.2000 (www.oeaw.ac.at/ita/ebene5/HTPfingst.pdf Download am 24. Mai 2008)

Wessel, Ivo/Bless, Gunnar: CA-Visual Objects. Effektive Programmierung. Hanser, München Wien 2002.

Wirth, Volker u.a.: Baustellen-Controlling. EDV-gestützte Planung, Kontrolle und Informationsversorgung von Baustellen unter Berücksichtigung des Unternehmens-Controlling. 3. Auflage. Linde, Wien, 1998.

Wirth, Volker: Controlling in der Baupraxis. So sichern Sie Ihre Baustellengewinne. 2. Auflage. Werner Verlag, München 2006.

Wirtschaftskammer Vorarlberg: Branchenvergleichszahlen www.wkv.at/service/Kredit/ (Download am 21. Mai 2010)

Zöfel, Peter: Statistik für Wirtschaftswissenschaftler im Klartext. Pearson Studium, München 2003.