

MASTERARBEIT



REFA-Untersuchungen zu Bewehrungsarbeiten bei Ortbetondecken

Johannes Wagner, BSc.

Vorgelegt am
Institut für Baubetrieb und Bauwirtschaft
Projektentwicklung und Projektmanagement

Betreuer
Assoc.Prof.Dipl.-Ing.Dr. Christian Hofstadler

Graz am 29. September 2010

Ehrenwörtliche Erklärung

Ich erkläre hiermit ehrenwörtlich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und ohne fremde Hilfe verfasst, andere als die angegebenen Quellen nicht benutzt und die den Quellen wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe. Die Arbeit wurde bisher in gleicher oder ähnlicher Form keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegt und auch noch nicht veröffentlicht. Die vorliegende Fassung entspricht der eingereichten elektronischen Version.

(Ort), am (Datum)

(Unterschrift des Studenten)

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich allen Personen danken, die mir während meiner Diplomarbeit mit Rat und Tat zur Seite standen.

Für die Betreuung von universitärer Seite bedanke ich mich bei Herrn Assoc.Prof.Dipl.-Ing.Dr. Christian Hofstadler. Besonderer Dank gebührt Herrn Ing. Mag. Gerald Franzl, MBA, der als Auftraggeber dieser Arbeit wesentlichen Anteil am Gelingen hatte.

Zum Abschluss möchte ich meiner Familie danken, die mich die gesamte Ausbildungszeit hindurch unterstützte.

(Ort), am (Datum)

Kurzfassung

Durch die Weiterentwicklung in der Baubranche und die damit verbundenen Rationalisierungsmaßnahmen haben sich Bewehrungsarbeiten in den letzten Jahrzehnten erheblich verändert. Vor allem der hohe Anteil an Lohnkosten veranlasst immer mehr Baufirmen dazu, Bewehrungsarbeiten an spezialisierte Betriebe weiterzuvergeben. Diese Spezialisierung führte in weiterer Folge dazu, dass sich Aufwandswerte für das Bewehren in den letzten Jahren deutlich verringert haben. In der großteils veralteten Literatur finden sich kaum Aufwandswerte, die diese Entwicklung berücksichtigen.

Diese Arbeit gibt einen allgemeinen Überblick über das Bewehren von Stahlbetondecken und erläutert die baubetriebliche- und bauwirtschaftliche Bedeutung von Bewehrungsarbeiten. Hauptaufgabe ist die Analyse der anfallenden Arbeiten nach den gängigen *REFA*-Methoden an vier ausgewählten Bauprojekten. Ermittelte Leistungswerte werden unter Zuhilfenahme der Fehlerbereinigung von den wesentlichen Einflüssen getrennt, um sie direkt miteinander vergleichen zu können. Das Bereinigungsverfahren lässt in weiterer Folge nicht nur einen Vergleich der Baustellen untereinander zu, sondern ermöglicht auch eine Beurteilung von Mehr- bzw. Minderleistungen durch den Einsatz verschiedener Bewehrungssysteme.

Abstract

The process for constructing concrete slabs needs to be planned carefully. Especially a large amount of in-situ concrete in buildings increases labour costs. In order to reduce assembly time and costs, the constructing process and first of all reinforcement assembly needs to be critically analysed and optimised.

Assembly of reinforcement is mainly done by specialised subcontractors. In history, the whole assembly process was conducted directly at the building sites, while during the last decades, main prefabrication steps have been outsourced to steady operations. Descriptive literature on reinforcement assembly is rather rare to evaluate this favourable development adequately.

The main task of this thesis is to find out performance factors for assembly workings. Therefore, four building sites were analysed in detail. Because of individual influences, performance records of different building sites are not directly comparable among each other. To solve this problem, a special calculation method needs to be used to exclude the main influences. After the elimination process, calculated data allow drawing a valuable comparison between lose and prefabricated reinforcement.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Zielsetzung.....	1
1.2	Geschichtliche Entwicklung von Bewehrung und Bewehrungsarbeiten	1
1.3	Einteilung von Decken	2
1.3.1	Einteilung der Decken nach dem Herstellungssystem.....	3
1.3.2	Einteilung nach Material.....	3
1.3.3	Einteilung nach der statischen Tragwirkung	3
1.3.4	Einteilung nach der Ausführung	5
1.4	Einteilung der Bewehrung	6
1.4.1	Einteilung nach Herstellform	6
1.4.2	Einteilung nach dem Herstellverfahren	8
1.4.3	Einteilung nach statischer Tragwirkung	8
1.5	Grundlegendes zum Bewehren von Stahlbetondecken.....	10
1.5.1	Grundlegender Ablauf beim Verlegen von Deckenbewehrung.....	11
2	Baubetriebliche und bauwirtschaftliche Bedeutung von Bewehrungsarbeiten	13
2.1	Baubetriebliche Bedeutung	14
2.1.1	Arbeitsvorbereitung	15
2.1.2	Wahl des Bewehrungssystems	15
2.1.3	Baustelleneinrichtung.....	16
2.1.4	Logistik der Bewehrung.....	19
2.2	Bauwirtschaftliche Bedeutung.....	21
2.2.1	Bewehrungsarbeiten als Eigenleistung	21
2.2.2	Bewehrungsarbeiten werden ausgelagert (Outsourcing).....	21
2.2.3	Anteil der Bewehrungs- an den gesamten Stahlbetonkosten	22
2.2.4	Zusammensetzung der Bewehrungskosten.....	23
2.2.5	Verteilung der Bewehrung.....	25
2.2.6	Ausschreibung von Bewehrungsarbeiten.....	26
3	Grundlagen zum Arbeitsstudium nach REFA	27
3.1	Einleitung	27
3.1.1	Definition Arbeit.....	27
3.2	Das Arbeitssystem	28
3.3	Grundlagen der Datenermittlung.....	30
3.3.1	Verwendungszweck von Daten.....	30
3.3.2	Reproduzierbarkeit von Daten	30
3.3.3	Gliederung der Daten.....	31
3.4	Vorgehensweise bei der Zeitdatenermittlung.....	32
3.4.1	Grundzeit.....	34
3.4.2	Erholungszeit	34
3.4.3	Verteilzeit	35
3.4.4	Zeit je Einheit	35
3.4.5	Rüstzeit	35
3.4.6	Auftragszeit	36
3.5	Zeitaufnahmen	37
3.5.1	Einzelzeitaufnahme/Fortschrittszeitaufnahme	37
3.5.2	Multimomentaufnahme.....	39
4	Aufandswerte für Bewehrungsarbeiten	42
4.1	Grundlegende Begriffe	42

4.1.1	Produktivität	42
4.1.2	Leistungswerte	43
4.1.3	Aufandswerte.....	43
4.2	Aufandswerte für Bewehrungsarbeiten aus der Literatur	45
4.2.1	Aufandswerte aus <i>ARH</i> Tabellen	45
4.2.2	Aufandswerte nach <i>VÖBV</i>	48
4.2.3	Aufandswerte nach <i>Toffel</i>	49
4.2.4	Aufandswerte nach <i>Platz</i>	51
4.2.5	Aufandswerte nach <i>Fritsche/Blasy</i>	53
5	Konzept zur Baustellenanalyse	54
5.1	Einflussgrößen für das Verlegen von Bewehrung.....	54
5.1.1	Allgemeine Einflussgrößen	54
5.1.2	Einflussgrößen von Personal und Betriebsmittel	55
5.1.3	Einflussgrößen der Baustellenlogistik	55
5.1.4	Bauteilspezifische Einflussgrößen	55
5.1.5	Einflussgrößen der Einbaustelle	56
5.1.6	Einflussgrößen der Einbauart.....	56
5.1.7	Einflussgrößen des Konstruktionsbüro und der Biegefirma	56
5.1.8	Einflussgrößen der Bewehrung.....	57
5.1.9	Einflussgrößen der Verlegefirma.....	57
5.1.10	Unvorhersehbare Einflüsse.....	57
5.2	Auswahl der Zeitaufnahmemethoden	58
5.2.1	Erforderlicher Beobachtungsumfang.....	58
5.3	Ablaufarten bei Verlegearbeiten.....	59
5.3.1	Haupttätigkeiten (MH)	60
5.3.2	Nebentätigkeiten (MN)	65
5.3.3	Zusätzliche Tätigkeiten (MZ)	71
5.3.4	Ablaufbedingte Unterbrechungen (MA).....	71
5.3.5	Störungsbedingte Unterbrechungen (MS)	71
5.3.6	Erholungsbedingte Unterbrechungen (ME).....	71
5.3.7	Persönlich bedingte Unterbrechungen (MP)	72
5.3.8	Nicht erkennbare Tätigkeiten	72
5.4	Messung der Kranbindung	72
5.5	Ziel der Auswertungen	73
6	Auswertungen der Baustellenbeobachtungen	74
6.1	Gemeinsamkeiten im Arbeitssystem.....	74
6.1.1	Arbeitsgruppen.....	75
6.2	Baustelle: Park and Ride Anlage Wien, Aderklaaerstrasse	76
6.2.1	Arbeitsorganisation auf der Baustelle	77
6.2.2	Erster Beobachtungsabschnitt	78
6.2.3	Zweiter Beobachtungsabschnitt	83
6.2.4	Dritter Beobachtungsabschnitt	85
6.2.5	Zusammenfassung der Ergebnisse	87
6.2.6	Interpretation der Ergebnisse.....	89
6.3	Baustelle: Wohnbau Graz, Untere Teichgasse	90
6.3.1	Arbeitsorganisation auf der Baustelle	91
6.3.2	Erster Beobachtungsabschnitt	92
6.3.3	Zweiter Beobachtungsabschnitt	98
6.3.4	Zusammenfassung der Ergebnisse	100
6.3.5	Interpretation der Ergebnisse.....	103
6.4	Baustelle: Bezirkspensionistenheim Traun/St. Dionysen.....	104

6.4.1	Arbeitsorganisation auf der Baustelle	105
6.4.2	Erster Beobachtungsabschnitt	106
6.4.3	Zweiter Beobachtungsabschnitt	109
6.4.4	Zusammenfassung der Ergebnisse	111
6.4.5	Interpretation der Ergebnisse	114
6.5	Baustelle Musiktheater Linz	115
6.5.1	Arbeitsorganisation auf der Baustelle	116
6.5.2	Erster Beobachtungsabschnitt	117
6.5.3	Zweiter Beobachtungsabschnitt	119
6.5.4	Dritter Beobachtungsabschnitt	121
6.5.5	Zusammenfassung der Ergebnisse	123
6.5.6	Interpretation der Ergebnisse	126
6.6	Vergleich der Ergebnisse	126
6.6.1	Vergleich: lose Stabstahlbewehrung-Elementbewehrung	126
6.6.2	Vergleich: hohe Kranbindung-niedrige Kranbindung	127
6.6.3	Vergleich: hohe Einarbeitung-niedrige Einarbeitung	128
7	Beurteilung und Angleichung der Aufwandswerte	129
7.1	Konzept zur Beurteilung der Aufwandswerte	129
7.1.1	Eliminierung der Ausreißer	131
7.1.2	Berücksichtigung des Haupttätigkeitsanteils	131
7.1.3	Einfluss des Stabdurchmessers/Mattengewichts	133
7.1.4	Einfluss des Bauteils	134
7.1.5	Einfluss des Bügelanteils	135
7.1.6	Einfluss der Baustelle	136
7.1.7	Berücksichtigung der Verteilzeit	137
7.1.8	Kranbindung	138
7.2	Bereinigung der gemessenen Ergebnisse für Stabstahl	140
7.2.1	Eliminierung des Einflusses: Stabdurchmesser	140
7.2.2	Eliminierung des Einflusses: Bügelanteil	142
7.2.3	Eliminierung des Einflusses: Kranbindung	144
7.2.4	Eliminierung des Einflusses: Verteilzeit	146
7.2.5	Schlussfolgerungen	148
7.3	Bereinigung der gemessenen Ergebnisse für Mattenstahl	150
7.3.1	Eliminierung des Einflusses: Ausreißer	150
7.3.2	Eliminierung des Einflusses: Mattengewicht	150
7.3.3	Eliminierung des Einflusses: Verteilzeit	152
7.3.4	Schlussfolgerungen	153
7.4	Sensitivitätsanalyse zur Beurteilung der Verlege- Produktivitäts- steigerung bei Einsatz von Elementen	154
7.4.1	Interpretation der Ergebnisse	155
7.5	Sensitivitätsanalyse zur Überprüfung der Soll- Aufwandswerte der VÖBV Kurven	156
7.5.1	Interpretation der Ergebnisse	158
8	Zusammenfassung	159
9	Abkürzungsverzeichnis	160
10	Literaturverzeichnis	161
11	Linkverzeichnis	163

12	Anhang	164
12.1	Beispiel für einen Aufnahmebogen	164
12.2	Baustelle Wien Aderklaaerstrasse	165
12.2.1	Baustellen Datenblatt	165
12.2.2	Zusammengefasster Aufnahmebogen	168
12.2.3	Arbeitskräfteverteilung	169
12.3	Baustelle Graz	171
12.3.1	Zusammengefasster Aufnahmebogen	171
12.3.2	Arbeitskräfteverteilung	172
12.4	Baustelle Traun	174
12.4.1	Zusammengefasster Aufnahmebogen	174
12.4.2	Arbeitskräfteverteilung	175
12.5	Baustelle Musiktheater Linz	177
12.5.1	Baustellen Datenblatt	177
12.5.2	Zusammengefasster Aufnahmebogen	180
12.5.3	Arbeitskräfteverteilung	181

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1.1: Festigkeitsentwicklung von Betonstahl.....	2
Abbildung 1.2: Schematischer Schnitt durch eine Plattenbalkendecke.....	5
Abbildung 1.3: Richt-, Schneide- und Biegemaschine	7
Abbildung 1.4: Dübelleisten als Durchstanzbewehrung	10
Abbildung 1.5: Ablaufreihenfolge nach Bewehrungselementen.....	11
Abbildung 1.6: Ablaufreihenfolge der Tätigkeiten beim Bewehren.....	12
Abbildung 2.1: Wertschöpfungskette der Bewehrung	14
Abbildung 2.2: Beziehung zwischen Fertigungsschwerpunkt, Lagerungs-schwerpunkt und Transportmittelschwerpunkt	17
Abbildung 2.3: Beispiel für die Anordnung eines Schneide- und Biegeplatzes auf der Baustelle.....	18
Abbildung 2.4: Kostenanteile der Stahlbetonarbeiten für 2006	22
Abbildung 2.5: Kostenanteile der Schal-, Bewehrungs- und Betonierarbeiten für 2006 Aufteilung in Lohn-und Material + Gerät	22
Abbildung 2.6: Stahlpreis Langzeitindex	24
Abbildung 2.7: Kaliberverteilung nach Bauwerkstypen	25
Abbildung 2.8: Verteilung der Biegeformen von Stabstahlbewehrung	26
Abbildung 3.1: Schematische Darstellung eines Arbeitssystems.....	28
Abbildung 3.2: Gliederung von Daten	31
Abbildung 3.3: Ablaufgliederung bezogen auf den Menschen	32
Abbildung 3.4: Zusammensetzung der Auftragszeit nach <i>REFA</i>	33
Abbildung 3.5: Faktoren zur Berechnung der erzielten Genauigkeit nach dem Variationszahlverfahren (S=95 %).....	39
Abbildung 4.1: Einflüsse auf den Aufwandswert	44
Abbildung 4.2: <i>ARH</i> Vorgabezeiten für das Verlegen von Stabstahl in flächigen Bauteilen	46
Abbildung 4.3: <i>ARH</i> Richtzeiten für das Verlegen von Betonstahlmatten in flächigen Bauteilen	47
Abbildung 4.4: Definition der Biegeformen.....	48
Abbildung 4.5: Aufwandswerte nach <i>VÖBV</i> in Abhängigkeit vom Stabdurchmesser und der Biegeform.....	48
Abbildung 4.6: Definition der Aufwandswerte aus Formel 4.5.....	49
Abbildung 4.7: Aufwandswerte nach <i>Toffel</i> in Abhängigkeit vom Stabdurch-messer und Bewehrungsgrad	50
Abbildung 4.8: Aufwandswerte nach <i>Platz</i> in Abhängigkeit von Stabdurch-messer und Bauteilform	51
Abbildung 4.9: Aufwandswerte nach <i>Platz</i> in Abhängigkeit von Mittlerem Mattengewicht und Bauteilform	51
Abbildung 4.10: Bandbreiten für Aufwandswerte nach Bauteilen gegliedert.....	53
Abbildung 5.1: Darstellung der erforderlichen Messungen in Abhängigkeit vom Vertrauensbereich und dem Anteil der Ablaufarten.....	59
Abbildung 5.2: Beispiel für das Auflegen der unteren Hauptbewehrung	60

Abbildung 5.3: Beispiel für das Auflegen von Bewehrungsmatten	61
Abbildung 5.4: Beispiel für das Einfädeln der Anschlussbewehrung.....	61
Abbildung 5.5: Arbeiter beim Verlegen von einzelnen Randbügeln	62
Abbildung 5.6: Zusammengefasste Randbügel als vorgefertigte Elemente.....	62
Abbildung 5.7: Arbeiter beim Flechten	63
Abbildung 5.8: Arbeiter beim Bewehren eines Trägers	64
Abbildung 5.9: Arbeiter beim Vorbereiten der Anschlussbewehrung	66
Abbildung 5.10: Arbeiter beim Verlegen von Abstandhaltern.....	66
Abbildung 5.11: Vorarbeiter beim Planstudium	67
Abbildung 5.12: Arbeiter beim markieren von Stababständen	67
Abbildung 5.13: Arbeiter beim Vorbereiten der Bewehrung am Arbeitsplatz	68
Abbildung 5.14: Transport der Bewehrung zur Einbaustelle (ohne Kran)	69
Abbildung 5.15: Vorarbeiter der Bewehrung mit Kranunterstützung vorbereitet	69
Abbildung 5.16: Arbeiter der Draht zum Flechten vorbereitet	70
Abbildung 5.17: Zusammensetzung der Betriebsmittelzeit	72
Abbildung 6.1: System der Bewehrungsarbeiten	74
Abbildung 6.2: Visualisierung der Park and Ride Anlage.....	76
Abbildung 6.3: Organisation auf der Baustelle	77
Abbildung 6.4: Erster Beobachtungsabschnitt mit Lagerflächen für Bewehrung.....	78
Abbildung 6.5: Aufwandswerte nach <i>VÖBV</i>	80
Abbildung 6.6: Aufwandswerte nach <i>Toffel</i>	81
Abbildung 6.7: Aufwandswerte nach <i>Platz</i>	81
Abbildung 6.8: Aufwandswerte nach <i>Fritsche/Blasy</i>	82
Abbildung 6.9: Zweiter Beobachtungsabschnitt mit Lagerflächen für Bewehrung	83
Abbildung 6.10: Dritter Beobachtungsabschnitt mit Lagerflächen für Bewehrung	85
Abbildung 6.11: Auswertung der ersten Ebene.....	87
Abbildung 6.12: Auswertung der zweiten Ebene	88
Abbildung 6.13: Verteilung der Zeitarten.....	88
Abbildung 6.14: Verteilung der Kranarbeit während der Deckenarbeiten	89
Abbildung 6.15: Visualisierung des Wohngebäudes	90
Abbildung 6.16: Makro Arbeitssystem der Baustelle.....	91
Abbildung 6.17: Erster Beobachtungsabschnitt mit Lagerflächen.....	92
Abbildung 6.18: Aufwandswerte nach <i>VÖBV</i>	94
Abbildung 6.19: Aufwandswerte nach <i>Toffel</i>	95
Abbildung 6.20: Aufwandswerte nach <i>Platz</i>	95
Abbildung 6.21: Aufwandswerte für Mattenstahl lt. <i>Platz</i>	96
Abbildung 6.22: Aufwandswerte nach <i>Fritsche/Blasy</i>	97
Abbildung 6.23: Zweiter Beobachtungsabschnitt	98
Abbildung 6.24: Gliederung der Arbeiten in der ersten Ebene.....	101
Abbildung 6.25: Gliederung der Arbeiten in der zweiten Ebene.....	101

Abbildung 6.26: Gliederung der Zeitarten	102
Abbildung 6.27: Kranbindung.....	102
Abbildung 6.28: Visualisierung des BPH Traun/St. Dionysen	104
Abbildung 6.29: Makro Organisation auf der Baustelle	105
Abbildung 6.30: Erster Beobachtungsabschnitt	106
Abbildung 6.31: Grundriss des zweiten Beobachtungsabschnitts.....	109
Abbildung 6.32: Verteilung der Arbeiten in der ersten Gliederungsstufe.....	112
Abbildung 6.33: Verteilung der Arbeiten in der zweiten Gliederungsstufe	112
Abbildung 6.34: Gliederung der Zeitarten	113
Abbildung 6.35: Kranbindung der Bewehrungsarbeiten.....	113
Abbildung 6.36: Visualisierung des Musiktheaters.....	115
Abbildung 6.37: Organisation auf der Baustelle.....	116
Abbildung 6.38: Erster Beobachtungsabschnitt mit Lagerflächen.....	117
Abbildung 6.39: Erster Beobachtungsabschnitt mit Lagerflächen.....	119
Abbildung 6.40: Dritter Beobachtungsabschnitt mit Lagerflächen.....	121
Abbildung 6.41: Auswertung der ersten Ebene.....	123
Abbildung 6.42: Auswertung der zweiten Ebene	124
Abbildung 6.43: Verteilung der Zeitarten.....	124
Abbildung 6.44: Kranbindung der Bewehrungsarbeiten.....	125
Abbildung 6.45: Zusammenfassung der Ergebnisse.....	126
Abbildung 6.46: Vergleich Elementbewehrung-loser Stabstahl	127
Abbildung 6.47: Vergleich niedrige Kranverfügbarkeit-hohe Kranverfügbarkeit.....	128
Abbildung 6.48: Vergleich des ablaufbedingten Unterbrechens und Planstudiums	128
Abbildung 7.1: Aufwandswerte in Abhängigkeit vom Stabdurchmesser lt. VÖBV...	130
Abbildung 7.2: Aufwandswert in Abhängigkeit des Haupttätigkeitsanteils	131
Abbildung 7.3: Zusammensetzung der Aufwandswerte	132
Abbildung 7.4: Zusammenhang von Durchmesser und Aufwandswert lt. VÖBV....	133
Abbildung 7.5: Zusammenhang zwischen mittleren Mattengewicht und Aufwandswert nach <i>Platz</i>	134
Abbildung 7.6: Aufwandswerte in Abhängigkeit vom Stabdurchmesser und Bügelform lt. VÖBV.....	135
Abbildung 7.7: Aufwandswerte in Abhängigkeit vom Bügelanteil.....	136
Abbildung 7.8: Zusammenhang zwischen Verteilzeit und Aufwandswert	137
Abbildung 7.9: Erhöhung des Aufwandswerts in Abhängigkeit der Krankkapazität..	138
Abbildung 7.10: Einflussfunktion der Krankkapazität.....	139
Abbildung 7.11: Veränderung der Standardabweichung durch die Bereinigung.....	149
Abbildung 7.12: Standardabweichung nach der Bereinigung	155

Tabellenverzeichnis

Tabelle 6.1: Eckdaten zum ersten Beobachtungsabschnitt	79
Tabelle 6.2: Eckdaten des zweiten Beobachtungsabschnitts	84
Tabelle 6.3: Eckdaten des dritten Beobachtungsabschnitts.....	86
Tabelle 6.4: Eckdaten des ersten Beobachtungsabschnitts.....	93
Tabelle 6.5: Eckdaten des zweiten Beobachtungsabschnitts	99
Tabelle 6.6: Daten des ersten Beobachtungsabschnitts	107
Tabelle 6.7: Daten des zweiten Beobachtungsabschnitts.....	110
Tabelle 6.8: Daten des ersten Beobachtungsabschnitts	118
Tabelle 6.9: Daten des zweiten Beobachtungsabschnitts.....	120
Tabelle 6.10: Eckdaten des dritten Beobachtungsabschnitts.....	122
Tabelle 7.1: Eingangsparameter für die erste Bereinigungsstufe	140
Tabelle 7.2: Aufwandswerte nach dem ersten Reinigungsschritt.....	141
Tabelle 7.3: Eingangsparameter für die zweite Bereinigungsstufe	142
Tabelle 7.4: Aufwandswerte nach dem zweiten Reinigungsschritt.....	143
Tabelle 7.5: Eingangsparameter für die dritte Bereinigungsstufe	144
Tabelle 7.6: Aufwandswerte nach dem dritten Reinigungsschritt.....	145
Tabelle 7.7: Eingangsparameter für die vierte Bereinigungsstufe.....	146
Tabelle 7.8: Aufwandswerte nach dem vierten Reinigungsschritt	147
Tabelle 7.9: Darstellung der Ergebnisse im Vergleich zum Mittelwert	148
Tabelle 7.10: Streichung von Ausreißern	150
Tabelle 7.11: Eingangsparameter für die erste Bereinigungsstufe	151
Tabelle 7.12: Aufwandswerte nach dem ersten Reinigungsschritt.....	151
Tabelle 7.13: Eingangsparameter für die zweite Bereinigungsstufe	152
Tabelle 7.14: Aufwandswerte nach dem zweiten Reinigungsschritt.....	152
Tabelle 7.15: Darstellung der Ergebnisse im Vergleich zum Mittelwert	153
Tabelle 7.16: Ergebnisse nach vier Bereinigungsstufen	154
Tabelle 7.17: Ergebnisse nach Bereinigung der beiden Faktoren.....	156
Tabelle 7.18: Vergleich zwischen Soll-Werten und tatsächlichen Werten.....	157
Tabelle 7.19: Vergleich zwischen Soll-Werten und tatsächlichen Werten nach der Bereinigung	157

Formelverzeichnis

Formel 1.1: Verhältnisformel	4
Formel 3.1: Grundzeit	34
Formel 3.2: Erholungszeit	34
Formel 3.3: Verteilzeit	35
Formel 3.4: Zeit je Einheit	35
Formel 3.5: Rüstzeit	35
Formel 3.6: Auftragszeit	36
Formel 3.7: Mittelwerte	38
Formel 3.8: Varianz	38
Formel 3.9: Standardabweichung	38
Formel 3.10: Variationszahl	38
Formel 3.11: relativer Vertrauensbereich	39
Formel 3.12: Multimoment Hauptformel für statistische Sicherheit von 95 %	41
Formel 4.1: Produktivität	42
Formel 4.2: Produktivität	42
Formel 4.3: Berechnung der Leistung	43
Formel 4.4: Berechnung des Aufwandswerts	43
Formel 4.5: Errechnung des Aufwandswerts nach <i>VÖBV</i>	49
Formel 4.6: Aufwandswert nach <i>Toffel</i>	50
Formel 4.7: Gesamtaufwandswert für Bauteil	52
Formel 5.1: Betriebsmittelgrundzeit	73
Formel 5.2: Ermittlung der bezogenen Kranzeit	73
Formel 7.1: Hauptformel der Bereinigung	130
Formel 7.2: Eliminierung der Haupttätigkeit	132
Formel 7.3: Berechnung der Steigung	135
Formel 7.4: Gleichung der Geraden zur Bewertung des Bügelanteils	135
Formel 7.5: Eliminierung der Verteilzeit	137
Formel 7.6: Ermittlung des Kurvenwerts für die Krankapazität	139
Formel 7.7: Ermittlung der Standardabweichung <i>s</i>	141

1 Einleitung

Der folgende Absatz beschäftigt sich mit der geschichtlichen Entwicklung der Bewehrungsarbeiten, mit der Einteilung der unterschiedlichen Decken- und Bewehrungsarten sowie mit den Grundlagen der Bewehrungsarbeiten.

1.1 Zielsetzung

Ziel dieser Arbeit ist neben der allgemeinen Betrachtung von Bewehrungsarbeiten und einer baubetrieblichen bzw. bauwirtschaftlichen Untersuchung, die Ermittlung von Aufwandswerten für das Verlegen von Bewehrungsstahl in Decken. Zusätzlich soll ein Vergleich mit gängigen Literaturwerten erfolgen.

Aufgrund der Vielzahl an unterschiedlichen Einflüssen sind die ermittelten Aufwandswerte nicht direkt miteinander vergleichbar. Um eine Vergleichbarkeit herstellen zu können, werden die einzelnen Messergebnisse mittels eines statistischen Verfahrens Schritt für Schritt von den einzelnen Einflüssen bereinigt.

1.2 Geschichtliche Entwicklung von Bewehrung und Bewehrungsarbeiten

Die Geschichte der Bewehrung begann in der Ära des französischen Gärtners Monier, der von 1823 bis 1906 lebte. Um seine Blumentöpfe bruchsicher zu machen, baute er Draht und Drahtgewebe in seine Konstruktionen ein. Baufachleute erkannten schnell das Potential und übernahmen die Technik des Bewehrens. Es entstand der sogenannte „Monierbau“. Die Bezeichnung ging mit fortschreitender wissenschaftlicher Erforschung der neuen Bauweise in „Eisenbetonbau“ über. Im Zuge der Industrialisierung entwickelte sich auch die Vergütung des Eisens weiter, so dass eine Unterteilung in Gruppen wie Stahl, Gusseisen usw. möglich wurde. Aufgrund seiner Zugfestigkeit und der hohen Elastizität fand der Stahl rasch Eingang in den Betonbau. Der heute bekannte „Stahlbetonbau“ war geboren.¹

Bis zur Entwicklung des heutzutage in Österreich verwendeten Betonstahls mit einer charakteristischen Festigkeit (f_{yk}) von 550 N/mm² war es allerdings noch ein weiter Weg. Abbildung 1.1 zeigt die Zunahme der charakteristischen Festigkeiten in der geschichtlichen Entwicklung.

¹ Vgl. GOLDAU R.: Bewehrung der Stahlbetonkonstruktionen – Band 1 – Konstruktive Grundlagen; 1981; S. 11.

Herstellungsjahr	Betonstahlgüte	f_{yk} [N/mm ²]
Vor 1930	-	130
	Handelseisen (Anm. St 37)	210
Von 1930- 1948	Hochwertiger Betonstahl (Anm. St 52)	260
Von 1948- 1968	I	245
	II, III, IV	315
Von 1968- 1999	es gilt ÖNorm B 4200-7	220- 600
Ab 1999	es gilt ÖNorm EN 10080	

Abbildung 1.1: Festigkeitsentwicklung von Betonstahl²

Neben den Materialeigenschaften haben sich auch die Bewehrungsarbeiten maßgeblich weiterentwickelt. Vor einigen Jahrzehnten war es üblich, das Schneiden und Biegen der Bewehrung auf der Baustelle durchzuführen. Im Zuge der Rationalisierung wurden jedoch immer mehr lohnintensive Arbeiten von den Bauplätzen in eigene Schneide- und Biegebetriebe ausgelagert. In Österreich entstanden die ersten auf Bewehrungsarbeiten spezialisierten Betriebe gegen Ende der vierziger Jahre³.

Heute gehören dem *Güteschutzverband für Bewehrungsstahl in Österreich* neunzehn Biegebetriebe an, in denen Baustahl in großen Mengen vorgefertigt wird.⁴

Der *Verband österreichischer Biege- und Verlegetechnik* (kurz *VÖBV*) zählt derzeit zwölf Mitglieder.⁵

1.3 Einteilung von Decken

Decken können abhängig vom Tragverhalten, der Geometrie, dem Herstellungssystem sowie von verwendeten Baustoffen unterschiedlichen Gruppen zugeordnet werden. Im Folgenden werden die unterschiedlichen Kategorien aufgelistet und beschrieben.

² Vgl. Beton Kalender 2009: Konstruktionen Hochbau, Aktuelle Massivbaunormen – Teil 2; 2009; S. 21.

³ Recherche auf den Internetseiten gängiger Schneide- und Biegebetriebe

⁴ <http://www.gueteschutzverband.at/online/view.php?MENUID=2&USERNAME=&TEMPID=>
(Datum des Zugriffs: 25.6.2010; 16:17)

⁵ <http://www.voebv.at/> (Datum des Zugriffs: 23.9.2010; 19:56)

1.3.1 Einteilung der Decken nach dem Herstellungssystem

- Ortbetondecken

Nicht belastbar, die Baulasten werden bis zur Erreichung der Tragfähigkeit der Decke von einer eigenen Konstruktion – Schalung und Rüstung – getragen. Die Verarbeitung erfolgt voll auf der Baustelle, lange Bauzeit, meist aber Auskommen mit kleineren Hebezeugen.⁶

- Teilmontagedecken

Teilweise belastbar, Balken und Füllkörper können vorerst trocken verlegt werden und alle Lasten aufnehmen, die im Zuge der Verlegung auftreten (Unterstellung erforderlich). Die endgültige Tragfähigkeit erhalten sie nach Erhärten des Füll- und/oder Aufbetons.⁷ Bsp.: Elementplattendecken

- Vollmontagedecken

Sofort belastbar, keine Unterstellungen. An der Baustelle werden nur noch Vergussarbeiten durchgeführt. Für den Transport großer Einzelteile sind schwere Hebezeuge erforderlich.⁸ Bsp.: Vollmontageplattendecken

1.3.2 Einteilung nach Material

Die Einteilung nach dem verwendeten Material ist selbsterklärend. Sie kann wie folgt getroffen werden:

- Holzdecken
- Decken aus Stahl
- Stahlbetondecken
- Verbunddecken

1.3.3 Einteilung nach der statischen Tragwirkung

Je nach Berechnungsmethode und Tragwirkung, unterscheidet man in:

- Schlaff bewehrte Decken

Im Hochbau werden in der Regel schlaff bewehrte Decken ausgeführt. Die Bewehrung nimmt dabei nach dem Ausschalen die auftretenden Zugkräfte auf. Dabei unterscheidet man zwei Zustände. Im Zustand I, dem ungerissenen Zustand, übernehmen Stahl und

⁶ RICCABONA Chr.: Baukonstruktionslehre 1 – Keller, Wände, Decken, Böden; 1994; S. 210.

⁷ RICCABONA Chr.: Baukonstruktionslehre 1 – Keller, Wände, Decken, Böden; 1994; S. 210.

⁸ RICCABONA Chr.: Baukonstruktionslehre 1 – Keller, Wände, Decken, Böden; 1994; S. 210.

Beton die auftretenden Zugkräfte. Zustand II wird als gerissener Zustand bezeichnet. Dabei werden die auftretenden Zugkräfte nur durch den Stahl aufgenommen.

- **Vorgespannte Decken**

Die Vorspannung in der Bewehrung ermöglicht größere Spannweiten von Betondecken. Durch die Vorspannung werden Kräfte in die Decke eingebracht, die der späteren Belastung entgegenwirken. Betreffend der unterschiedlichen Vorspannungsarten und Bemessungsmethoden wird auf die Vorlesung Spannbetonbau verwiesen.

- **Einachsig gespannte Decken**

Prinzipiell entstehen in Platten stets Schnittgrößen in beide Achsrichtungen. Bei einachsig gespannten Platten ist jedoch eine Tragrichtung dominant. Für einen einachsigen Zustand muss folgendes Verhältnis zwischen der Länge der Haupt- und Quertragrichtung bestehen:⁹

$$\frac{l_y}{l_x} > 2$$

Formel 1.1: Verhältnisformel¹⁰

- **Zweiachsig gespannte Decken**

Platten bzw. Decken, bei denen die Bedingung aus Formel 1.1 nicht entspricht, werden als zweiachsig gespannte Platten bemessen. In der Regel erhöht sich die Tragfähigkeit bei einem Abtrag in beide Richtungen erheblich. Die Schnittkräfte können abhängig von der Lagerung mittels Tabellen oder speziellen Berechnungsmethoden ermittelt werden. Diesbezüglich wird auf die Vorlesung Betonbau GL verwiesen.

⁹ Vgl. SPAROWITZ L.: Vorlesungsskriptum aus Betonbau; 2004; S. 103.

¹⁰ SPAROWITZ L.: Vorlesungsskriptum aus Betonbau; 2004; S. 103.

1.3.4 Einteilung nach der Ausführung

- Plattenbalkendecken

Plattenbalken bilden aus Balkensteg und mitwirkender Deckenplatte den für Stahlbetonträger idealen t-förmigen Querschnitt...¹¹ Dabei ist in der Druckzone viel Beton vorhanden. In der Zugzone fallen überflüssige Betonbereiche weg.

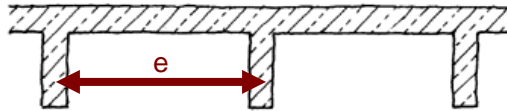


Abbildung 1.2: Schematischer Schnitt durch eine Plattenbalkendecke¹²

- Stahlbetonrippendecken

Diese sind Sonderformen von Plattenbalkendecken, bei denen der Abstand zwischen den Rippen (Abstand e , lt. Abbildung 1.2) kleiner als 75 cm ist. Aufgrund des hohen Schalungsaufwands ist eine Ausführung in Ortbetonbauweise unüblich. Anstatt der Schalung werden deshalb oft Füllkörper verlegt, die gleichzeitig Anforderungen an den Wärme- und/ oder Schallschutz erfüllen. Sind Rippen in beide Tragrichtungen vorgesehen, spricht man von Kassettendecken.¹³

- Flachdecken

Kreuzweise (zweiachsig) gelagerte Platten, die ohne Vermittlung von Balken (Unterzügen) unmittelbar auf Säulen ruhen.¹⁴ Aufgrund der hohen Beanspruchungen im Bereich der Stützen ist in der Regel die Anordnung von Durchstanzbewehrungen erforderlich.

- Pilzkopfdecken

Sind Flachdecken, bei denen der Kopfbereich der Stützen pilzkopfartig vergrößert ausgebildet wird, um die Gefahr des Durchstanzens zu vermindern.¹⁵

¹¹ RICCABONA Chr.: Baukonstruktionslehre 1 – Keller, Wände, Decken, Böden; 1994; S. 221.

¹² <http://www.ibr-online.de/bilder/baulexikon/PLATTENBALKENDECKE.gif> (Datum des Zugriffs: 28.6.2010; 10:53)

¹³ Vgl. RICCABONA Chr.: Baukonstruktionslehre 1 – Keller, Wände, Decken, Böden; 1994; S. 229f.

¹⁴ RICCABONA Chr.: Baukonstruktionslehre 1 – Keller, Wände, Decken, Böden; 1994; S. 216.

¹⁵ <http://www.ibr-online.de/Baulexikon/index.php?zg=0&BaulexikonNR=1&Buchstabe=P&pnav=2> (Datum des Zugriffs: 28.6.2010; 11:37)

1.4 Einteilung der Bewehrung

In Österreich wird Baustahl mit einer charakteristischen Streckgrenze von 550 N/mm² verbaut (BSt 550). Dabei unterscheidet man die Duktilitätskategorien A (normale Duktilität) und B (hohe Duktilität), welche zur Beschreibung die zwei Parameter „Verhältnis Zugfestigkeit zu Streckgrenze“ und „Dehnung bei Höchstkraft“ benutzen.¹⁶

Je nach Herstellung und späterer Beanspruchung kann Bewehrung in unterschiedliche Kategorien eingeteilt werden.

1.4.1 Einteilung nach Herstellform

- Stabstahlbewehrung

Betonrippenstahl ist das Ausgangsprodukt aller Bewehrungsarten und wird in Stäben, als Stabstahl oder in Ringen (Coils) geliefert. Diese werden in den Eisenbiegereien geschnitten und gebogen.¹⁷

Standard Stabstahlprodukte:¹⁸

Durchmesser: 8, 10, 12, 14, 16, 20, 26, 30, 36 [mm]

Längen: 7, 14, 15, 18 [m]

- Mattenbewehrung

Bewehrungsmatten werden häufig beim Armieren flächiger Bauteile eingesetzt. Ausgangsprodukt sind Stabstähle, welche im rechten Winkel zueinander stehen und an den Kreuzungspunkten durch elektrische Widerstandspunktschweißung scherfest miteinander verbunden werden. Neben der Schlaufenmatte (ÖMAT) sind auch noch die ARI- Matte und die herkömmliche A- Matte auf dem Markt erhältlich.¹⁹

Standard Mattenstahlprodukte:²⁰

Durchmesser: 5, 6, 7, 8, 9, 10 [mm]

Abmessungen: 5,1 x 2,4; 6,0 x 2,4; 7,2 x 2,4; 8,1 x 2,4 [m]

¹⁶ Vgl. FRITSCH G., BLASY R.: Bewehrungs Atlas – Eurocode ÖNorm EN 1992-1-1; ÖNorm B 1992-1-1; 2009; S. 149.

¹⁷ Vgl. FRITSCH G., BLASY R.: Bewehrungs Atlas – Eurocode ÖNorm EN 1992-1-1; ÖNorm B 1992-1-1; 2009; S. 149.

¹⁸ FRITSCH G., BLASY R.: Bewehrungs Atlas – Eurocode ÖNorm EN 1992-1-1; ÖNorm B 1992-1-1; 2009; S. 149.

¹⁹ Vgl. FRITSCH G., BLASY R.: Bewehrungs Atlas – Eurocode ÖNorm EN 1992-1-1; ÖNorm B 1992-1-1; 2009; S. 154.

²⁰ FRITSCH G., BLASY R.: Bewehrungs Atlas – Eurocode ÖNorm EN 1992-1-1; ÖNorm B 1992-1-1; 2009; S. 154.

- Bewehrung in Ringen

Betonrippenstahl in Ringen (Coils) wird in den Durchmessern 8 bis 16 Millimeter produziert und muss vor dem Schneiden und Biegen mittels Richtanlage gerade gerichtet werden.²¹ Großmaschinen führen das Richten dieser Coils durch und können gleichzeitig die Bewehrung in die richtige Form biegen und anschließend abschneiden. Die Lagerung in Ringen ist sehr platzsparend. Abbildung 1.3 zeigt eine Richt-, Schneide- und Biegemaschine.

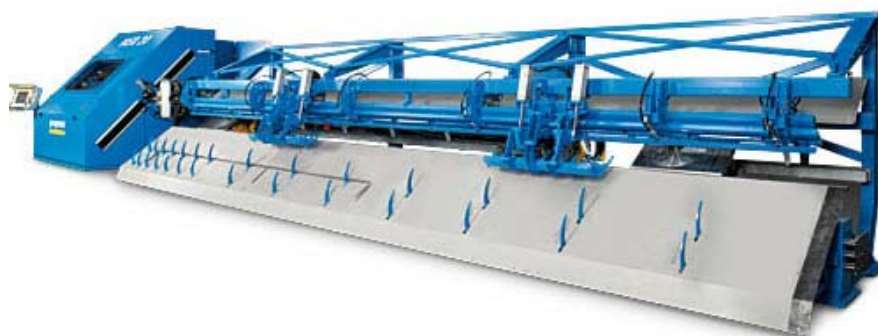


Abbildung 1.3: Richt-, Schneide- und Biegemaschine²²

- Bewehrung über Elementsysteme

Neben Baustahlmatten wurden von diversen Betrieben noch andere Systeme von verschweißter Bewehrung entwickelt. Ziel dieser Systeme ist die Arbeitseinsparung bei der Verlegung.²³

Beim Einsatz von Elementsystemen sind die Rahmenbedingungen (siehe 2.1.3 Baustelleneinrichtung) genau zu erörtern und zu prüfen. Im Rahmen dieser Arbeit wurde eine Baustelle beobachtet, an der Elementbewehrungen zum Einsatz gekommen sind. Die ermittelten Verlegeleistungen und Schlussfolgerungen sind dem Kapitel 6 Auswertungen der Baustellenbeobachtungen zu entnehmen.

²¹ FRITSCH G., BLASY R.: Bewehrungs Atlas – Eurocode ÖNorm EN 1992-1-1; ÖNorm B 1992-1-1; 2009; S. 149.

²² <http://www.progress-m.com/de/produkte/richtmaschinen/richt-schneide-biegemaschine/index.php>
(Datum des Zugriffs: 28.6.2010; 16:20)

²³ Vgl. FRITSCH G., BLASY R.: Bewehrungs Atlas – Eurocode ÖNorm EN 1992-1-1; ÖNorm B 1992-1-1; 2009; S. 155.

1.4.2 Einteilung nach dem Herstellverfahren

- Warmgewalzter Rippenstahl

Warmgewalzter Betonrippenstahl ist ein naturharter Stahl, der seine Eigenschaften durch Legierung erhält. Er wird aus Blöcken oder Knüppeln im Walzwerk bei einer Temperatur von ca. 1000 °C zu den gewünschten Durchmessern abgewalzt und erhält beim letzten Walzgang die Oberflächenausbildung in Form von Rippen.²⁴

- Warmgewalzter- und aus der Walzhitze vergüteter Rippenstahl (Tempcoreverfahren)

Beim Tempcoreverfahren (...) wird schwach legierter Stahl verwendet. Der fertig gewalzte und mit Schrägrippen versehene Stahl durchläuft nach dem letzten Walzvorgang (ca. 1000 °C) eine Kühlstrecke, in der er gezielt mit Wasser abgekühlt wird. Der durch das Abschrecken abgekühlte Oberflächenbereich wird durch die im Stahlkern verbliebene Restwärme wieder angelassen. Dadurch wird eine Verfestigung des Stahls erreicht.²⁵

- Kaltgeformter Rippenstahl

Kaltverformter Betonrippenstahl wird aus niedrig legiertem Walzdraht hergestellt. Er wird durch Prägerollen, die auch das gewünschte Profil herstellen, in seinem Querschnitt etwas verkleinert, wodurch eine Kaltverformung bzw. Anhebung der Festigkeit erzielt wird. Nach diesem Verfahren werden Rippenstähle bis 16 Millimeter erzeugt und vorwiegend dicht gewickelt in Form von Ringen (Coils) oder zu Matten weiterverarbeitet in den Handel gebracht. Beim Wickeln des Bewehrungsstahls treten plastische Verformungen auf, weshalb der Stahl vor der weiteren Bearbeitung mittels einer Richtanlage gerade gebogen werden muss.²⁶

1.4.3 Einteilung nach statischer Tragwirkung

- Druckbewehrung

Übersteigen die auftretenden Druckspannungen die dem Beton zumutbare Größenordnung, können diese durch die Anordnung einer Druckbewehrung aufgenommen werden.²⁷

²⁴ FRITSCH G., BLASY R.: Bewehrungs Atlas – Eurocode ÖNorm EN 1992-1-1; ÖNorm B 1992-1-1; 2009; S. 150.

²⁵ FRITSCH G., BLASY R.: Bewehrungs Atlas – Eurocode ÖNorm EN 1992-1-1; ÖNorm B 1992-1-1; 2009; S. 150.

²⁶ FRITSCH G., BLASY R.: Bewehrungs Atlas – Eurocode ÖNorm EN 1992-1-1; ÖNorm B 1992-1-1; 2009; S. 150.

²⁷ Vgl. GOLDAU R.: Bewehrung der Stahlbetonkonstruktionen – Band 1 – Konstruktive Grundlagen; 1981; S. 31.

- **Zugbewehrung**

Prinzipiell kann Beton bis zu 1/10 seiner Druckfestigkeit an Zug aufnehmen.²⁸ Bei reiner Zugbewehrung darf dies allerdings nicht in Rechnung gestellt werden. Reine Zugbewehrung soll möglichst nicht durch Übergreifen gestoßen werden und ist z.B. für Hängesäulen erforderlich.²⁹

- **Biegedruckbewehrung**

Durch Biegung bilden sich im Querschnitt Druck und Zugbelastungen aus. Können die auftretenden Druckspannungen nicht vom Beton allein aufgenommen werden, so ist die Anordnung von Bewehrungsstahl auch im Druckbereich nötig. Man spricht in diesem Fall von Biegedruckbewehrung.

- **Biegezugbewehrung**

Die Zugspannungen die bei Biegung auftreten müssen durch die Biegezugbewehrung aufgenommen werden.

- **Schubbewehrung**

*Bewehrung, die die sich aus der Schubbemessung ergebenden Zugkräfte wirksam aufnimmt.*³⁰ Als Schubbewehrung werden in der Regel Bügel eingesetzt.

- **Spaltzugbewehrung**

*Gedrückte Betonprobewürfel gehen durch seitliches Ausbrechen des Betons zu Bruch. Dieses seitliche Ausbrechen lässt sich durch Spaltzugbewehrung verhindern.*³¹

- **Torsionsbewehrung**

Bei Verdrehung eines Stabes um seine Längsachse entstehen Torsionsspannungen. Diese können die Anordnung von Torsionsbewehrung erforderlich machen.

- **Stanzbewehrung**

Bei punktförmig gelagerten Decken entstehen im Bereich der Stützstellen hohe Zugkräfte, die von einer Stanzbewehrung aufgenommen werden müssen. Dabei kommen entweder Bügel oder spezielle Dübelleisten (siehe Abbildung 3) zum Einsatz.³²

²⁸ Vgl. SPAROWITZ L.: Vorlesungsskriptum aus Betonbau; 2004; S. 59.

²⁹ Vgl. GOLDAU R.: Bewehrung der Stahlbetonkonstruktionen – Band 1 – Konstruktive Grundlagen; 1981; S. 32f.

³⁰ <http://www.bauwerk-verlag.de/baulexikon/index.shtml?SCHUBBEWEHRUNG.HTM>
(Datum des Zugriffs: 28.6.2010; 18:18)

³¹ GOLDAU R.: Bewehrung der Stahlbetonkonstruktionen – Band 1 – Konstruktive Grundlagen; 1981; S. 37f.

³² Vgl. GOLDAU R.: Bewehrung der Stahlbetonkonstruktionen – Band 1 – Konstruktive Grundlagen; 1981; S. 39.

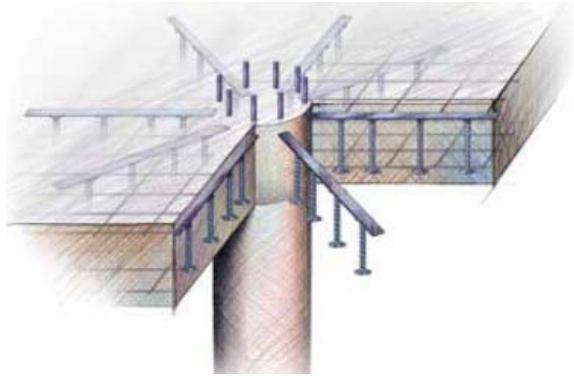


Abbildung 1.4: Dübelleisten als Durchstanzbewehrung³³

- Scherbewehrung

Bei der Vergrößerung bestehender Betonbauteile können in den Arbeitsfugen allein durch Schwinden hohe Scherkräfte auftreten. Diese können durch patentierte Kleber oder spezielle Bewehrungsdübel aufgenommen werden.³⁴ Der Unterschied zur Schubbewehrung ist, dass Schubbewehrung auch auf Zug beansprucht ist.

1.5 Grundlegendes zum Bewehren von Stahlbetondecken

Basis eines jeden Bewehrungsvorhabens ist der Bewehrungsplan. Er enthält alle erforderlichen Angaben für das Ablängen, Biegen und Verlegen der Bewehrung.³⁵

Bereits die Qualität des Bewehrungsplans hat Auswirkungen auf die spätere Wirtschaftlichkeit der Stahlbetonarbeiten. Betreffend der Darstellung von Bewehrungsplänen wird auf den Bewehrungsatlas, sowie auf einschlägige Normen verwiesen (ÖNorm A 6220, 2001; ÖNorm EN ISO 3766, 2004).

Abhängig von der Anordnung der Positionen im Plan kann der Ablauf beim Verlegen variieren. Im Folgenden werden die grundlegenden Abläufe, die beim Bewehren von Stahlbetondecken auftreten, dargestellt.

³³ http://www.jost-bautechnik.de/bewehrungszubehoer_durchstanzbewehrungen.php
(Datum des Zugriffs: 28.6.2010; 18:44)

³⁴ Vgl. GOLDAU R.: Richtig Bewehren – Band 1 – Grundwissen; 1976; S. 29f.

³⁵ vgl. FRITSCH G., BLASY R.: Bewehrungs Atlas – Eurocode ÖNorm EN 1992-1-1; ÖNorm B 1992-1-1; 2009; S. 11.

1.5.1 Grundlegender Ablauf beim Verlegen von Deckenbewehrung

Der Ablauf bei einer Gliederung nach Bewehrungselementen ist Abbildung 1.5 zu entnehmen. Zu sehen ist die Reihenfolge, in der die verschiedenen Bewehrungselemente angeordnet werden.

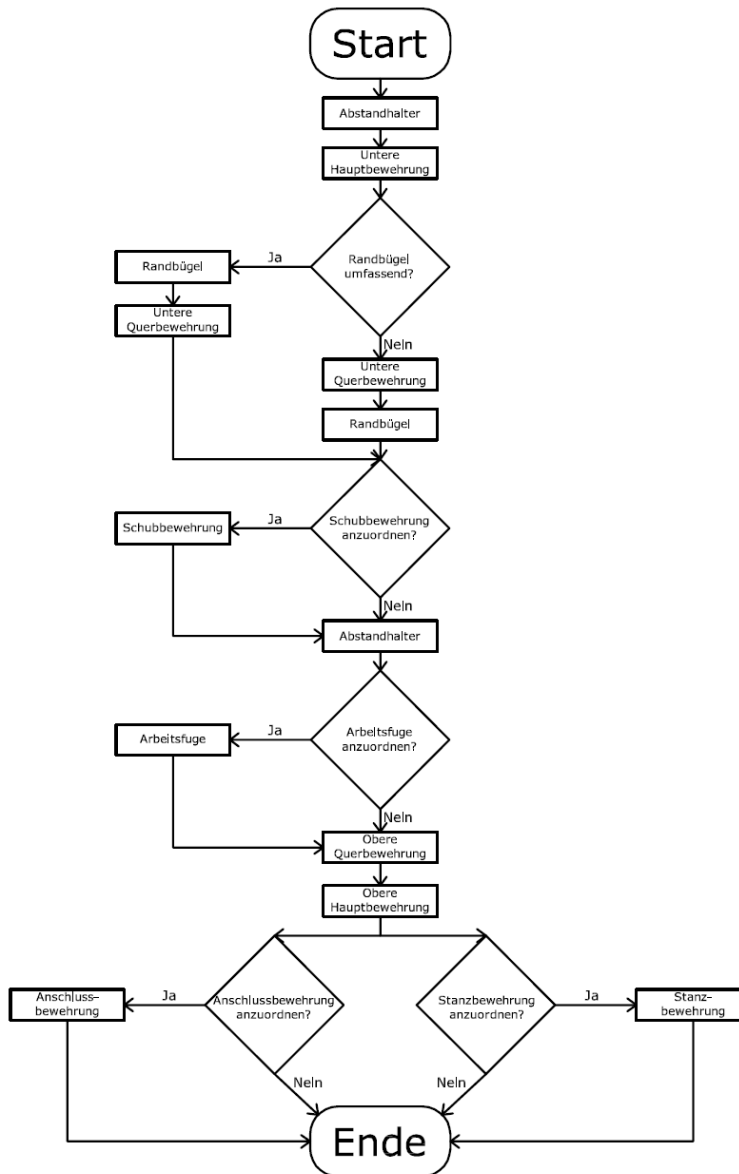


Abbildung 1.5: Ablaufreihenfolge nach Bewehrungselementen

Die Gliederung der Bewehrungsarbeiten nach Tätigkeiten ist Abbildung 1.6 zu entnehmen.

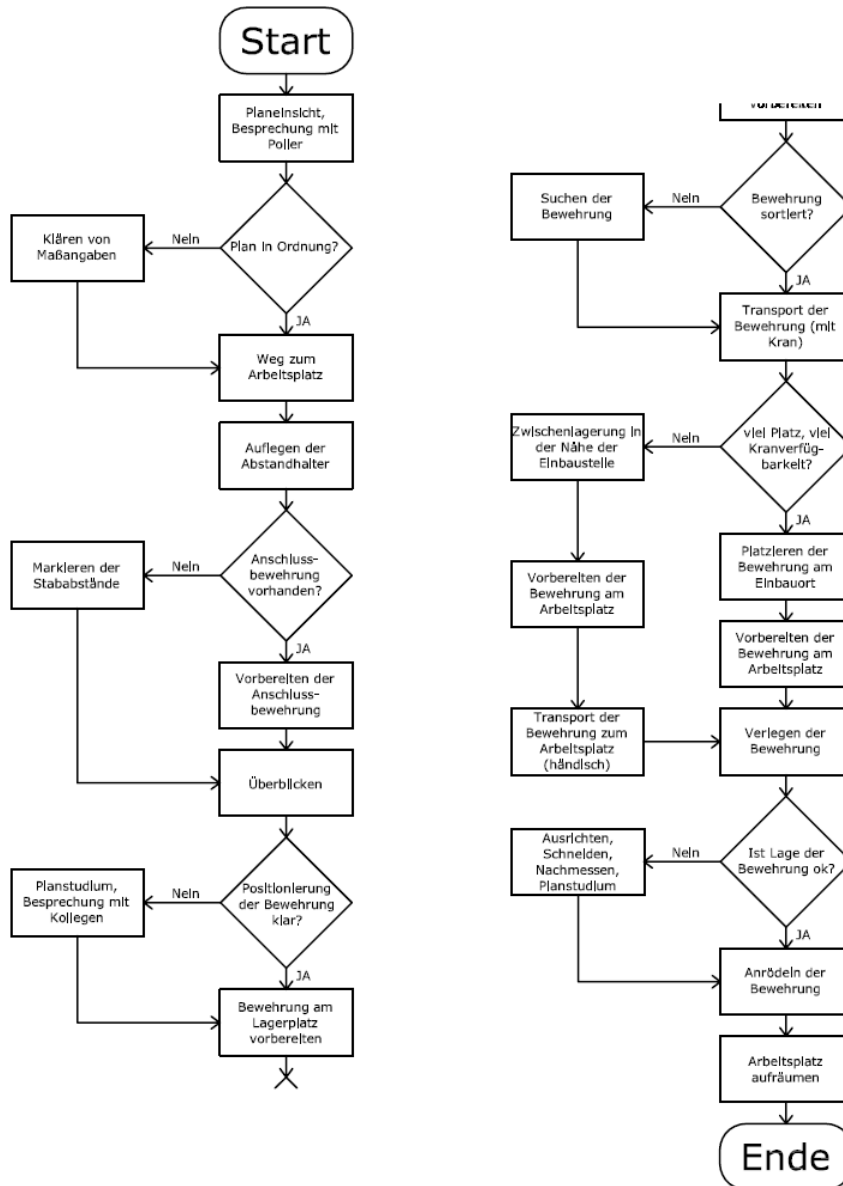


Abbildung 1.6: Ablaufreihenfolge der Tätigkeiten beim Bewehren

Die Planeinsicht bzw. die Besprechung mit dem Polier kann bis zu einer Woche vor Beginn der Arbeiten erfolgen. Der Weg zum Arbeitsplatz kann, abhängig von der Baustellengröße variieren. Die genaue Einteilung und Beschreibung der unterschiedlichen Tätigkeiten erfolgt in Kapitel 5.3 Ablaufarten bei Verlegearbeiten.

2 Baubetriebliche und bauwirtschaftliche Bedeutung von Bewehrungsarbeiten

Bewehrungsarbeiten sind Teilarbeiten für das Herstellen von Stahlbetonbauteilen. Das Erreichen des Endziels (kompletter Stahlbetonbauteil) ist also nicht nur von der Qualität der Bewehrungsarbeiten selbst abhängig.

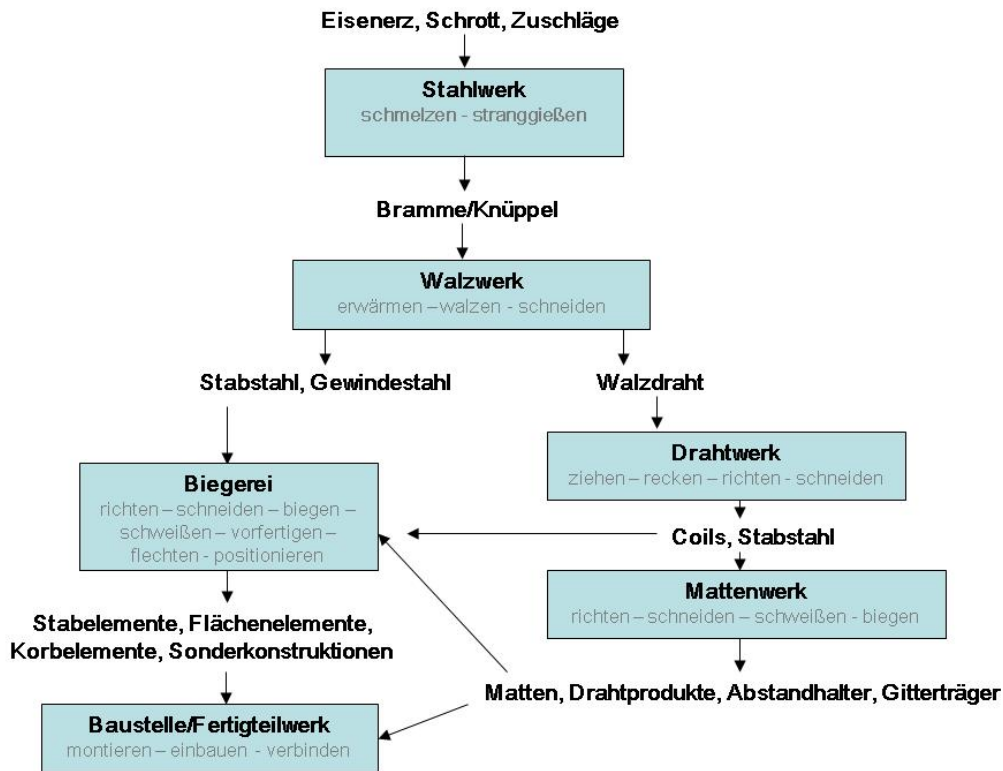
Bei Projekten, die überwiegend aus Stahlbeton bestehen, liegt die Herstellung der Betonbauteile am kritischen Weg. Die Abhängigkeiten zwischen Schalen, Bewehren und Betonieren machen eine isolierte Betrachtung dieser Disziplinen unmöglich. Um ein optimales Ergebnis zu erzielen, ist eine baubetriebliche und bauwirtschaftliche Untersuchung aller abhängigen Tätigkeiten unumgänglich.

Während Schal- und Betonierarbeiten überwiegend von den Baufirmen selbst durchgeführt werden³⁶, werden Bewehrungsarbeiten häufig an spezialisierte Verlege- und Biegebetriebe weitervergeben. Dies führt zu weiteren Schnittstellen, die in der Bauablaufplanung berücksichtigt werden müssen.

Um die Bedeutung der Bewehrungsarbeiten besser verstehen zu können, ist die Betrachtung der Abläufe von der Produktion bis hin zum Verlegen hilfreich. Denn bereits die Produktion bzw. Produktionsform hat erheblichen Einfluss auf den späteren Baubetrieb und auf die Wirtschaftlichkeit. Abbildung 2.1 zeigt den Weg von der Produktion bis hin zur Verlegung. Sie soll sich als Leitfaden durch die folgenden Absätze ziehen.

Ersichtlich ist, wie aus den Rohstoffen Eisenerz, Schrott und Zuschlägen durch unterschiedliche Vorgänge Bewehrungsstahl entsteht. Für die wirtschaftliche Betrachtung ist es sinnvoll, die komplette Wertschöpfungskette im Auge zu behalten. So nützen Einsparungen beim Verlegen (ganz unten in der Wertschöpfungskette) z.B. durch Einsatz von Fertigelementen wenig, wenn die Herstellung dieser bereits unproduktiv erfolgt oder die Materialkosten zu hoch sind.

³⁶ Vgl. HOFSTADLER Chr.: Schalarbeiten; 2008; S. 5.

Abbildung 2.1: Wertschöpfungskette der Bewehrung³⁷

2.1 Baubetriebliche Bedeutung

Im Zuge der baubetrieblichen Betrachtung geht es darum, alle Produktionsfaktoren derart zu kombinieren, dass ein wirtschaftlich optimales Bewehren ermöglicht wird. In diesem Sinne unterscheidet man zwischen Elementarfaktoren und dispositiven Faktoren. Elementarfaktoren sind:³⁸

- Arbeit
- Betriebsmittel
- Stoffe

Dispositive Faktoren sind planende, gestaltende und steuernde Aktivitäten, die sich mit einzelnen Tätigkeiten und dem gesamten Unternehmen beschäftigen.³⁹

³⁷ Vgl. KÄMPFE H.: Bewehrungstechnik; 2010; S. 11.

³⁸ Vgl. HOFSTADLER Chr.: Bauablaufplanung und Logistik im Baubetrieb; 2006; S. 14.

³⁹ Vgl. BAUER: Baubetrieb 1; 1992; S. 456.

2.1.1 Arbeitsvorbereitung

Grundlage für ein produktives Arbeiten ist eine optimale Arbeitsvorbereitung. Sie erfolgt durch die:⁴⁰

- Auswahl des wirtschaftlichsten Bauverfahrens
- Planung des Bauablaufs
- Planung der Baustelleneinrichtung
- Planung der Logistik

Außerdem wird im Zuge der Arbeitsvorbereitung eine Arbeitskalkulation erstellt und Konzepte für einen optimalen Soll-Ist Vergleich ermittelt.

Unterschieden wird zwischen globaler und lokaler Arbeitsvorbereitung. Während sich die lokale Arbeitsvorbereitung auf eine Baustelle konzentriert, werden in der globalen Arbeitsvorbereitung das ganze Unternehmen oder einzelne Sparten betrachtet. Aufgaben der globalen Arbeitsvorbereitung sind eine optimale Auslastung der Arbeitskräfte und Betriebsmittel.⁴¹ Es könnte im Sinne der globalen Arbeitsvorbereitung nötig sein, einer Baustelle mehr Arbeitskräfte oder Betriebsmittel zuzuordnen als erforderlich, obwohl dies Produktivitätsverlust nach sich zieht.

Bewehrungsarbeiten sind eine Teilleistung der Stahlbetonarbeiten und dementsprechend in der Arbeitsvorbereitung zu behandeln. Eine isolierte Betrachtung ist nicht zielführend.

Bei einer separaten Vergabe der Bewehrungsarbeiten ist es möglich, die Arbeitsvorbereitung mit zu vergeben. Dabei entstehen weitere Schnittstellen und grundlegende Faktoren. Lagerflächen sollten z.B. im Vorhinein vertraglich festgelegt werden. Zusätzlich birgt dies die Gefahr, dass die Bewehrungstrupps „stiefkindlich“ behandelt werden.

2.1.2 Wahl des Bewehrungssystems

Abhängig davon, ob Stabstahl-, Mattenstahl- oder Elementbewehrung eingesetzt wird, ergeben sich unterschiedliche Anforderungen an den Baubetrieb. Beeinflusst werden davon vor allem Aufwandswerte für das Verlegen, die Größe der benötigten Lagerflächen und Krankkapazitäten. Schlechte Krankkapazitäten bzw. wenig Lagerflächen können ausschlaggebend dafür sein, dass nur bestimmte Bewehrungssysteme für die Ausführung in Frage kommen.

⁴⁰ Vgl. HOFSTADLER Chr.: Bauablaufplanung und Logistik im Baubetrieb; 2006; S. 33.

⁴¹ Vgl. HOFSTADLER Chr.: Bauablaufplanung und Logistik im Baubetrieb; 2006; S. 33f.

2.1.3 Baustelleneinrichtung

Für einen reibungslosen Bauablauf ist häufig eine gut durchdachte, funktionierende Baustelleneinrichtung verantwortlich. Die folgenden Elemente sind dabei im Sinne einer optimalen Produktivität zu dimensionieren:⁴²

- Verkehrsflächen und Transportwege
- Ver- und Entsorgung auf der Baustelle
- Unterkünfte und sonstige Bauten der Baustelle
- Lager und Bearbeitungsflächen
- Stationäre Geräte (z.B. Kran)

Die oben genannten Faktoren gilt es im Weiteren für Bewehrungsarbeiten zu präzisieren.

Verkehrsflächen und Transportwege

Die Anlieferung der Bewehrung erfolgt in der Regel durch LKWs (siehe Abschnitt Logistik). Um die Kosten dabei so gering wie möglich zu halten ist es sinnvoll, für einen reibungslosen An- und Abtransport zu sorgen.

Ver- und Entsorgung auf der Baustelle

Dieser Punkt beinhaltet die Versorgung der Baustelle mit Wasser, elektrischer Energie, Druckluft und Treibstoff, sowie den Anschluss an Kommunikationsnetze.

Erfolgt das Biegen und Schneiden der Bewehrung direkt auf der Baustelle (z.B. durch eine stationäre Biegemaschine), so sind Kapazitäten der Energieversorgung entsprechend zu dimensionieren.

Die Entsorgung der Bewehrungsreste hat fachgerecht zu erfolgen und sollte bei Sub- Vergabe vertraglich geregelt werden.

Unterkünfte und sonstige Bauten auf der Baustelle

Bei der Planung der Baustelleneinrichtung ist darauf zu achten, dass bei einer Sub-Vergabe der Bewehrungsarbeiten auch die Anzahl der Arbeitskräfte der Subunternehmer berücksichtigt wird. Bei großen Bauvorhaben kann es auch erforderlich sein, ein Büro für die Verlegeleitung anzuordnen.

⁴² Vgl. HECK D.: Skriptum: Baubetriebslehre VU; WS 09/10; S. 16ff.

Lager und Bearbeitungsflächen

Die Verfügbarkeit von Lagerflächen hat einen bedeutenden Einfluss auf die Produktivität von Bewehrungsarbeiten. Wie im Punkt „Wahl des Bewehrungssystems“ angeführt, haben unterschiedliche Herstellformen bzw. Systeme unterschiedlichen Lagerplatzbedarf zur Folge.

Elementbewehrungen benötigen im Vergleich zu Stabstahl i.d.R. mehr Platz (bezogen auf kg/m²) bei der Lagerung. Zudem ist im Sinne der Produktionslogistik eine Anordnung nach Positionen anzustreben, wodurch der Lagerplatzbedarf von Bewehrungselementen zusätzlich erhöht wird. Die Lagerung der Elemente erfolgt in Stapeln, während Rundstahl in Bündeln gelagert wird. Betonstahlmatten können waagrecht oder senkrecht (an einem Stützgerüst anlehnend) gelagert werden.

Die Lagerung kann außerhalb oder innerhalb des Bauwerks erfolgen. Besondere Rücksicht ist dabei auf den Lagerungsschwerpunkt (LS) zu legen. Dabei gilt, dass Lagerflächen und Transportmittel (TS) so nahe wie möglich am Fertigungsschwerpunkt (FS) liegen.⁴³ Abbildung 2.2 zeigt ein Beispiel.

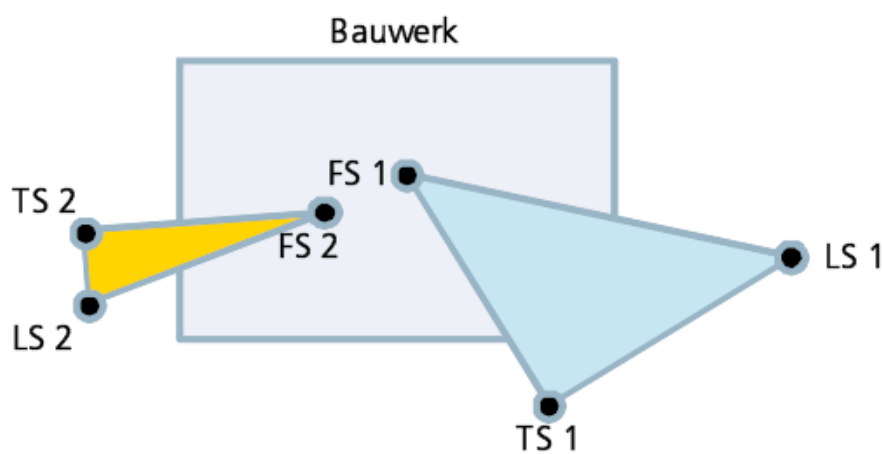


Abbildung 2.2: Beziehung zwischen Fertigungsschwerpunkt, Lagerungsschwerpunkt und Transportmittelschwerpunkt⁴⁴

Desto kleiner die Fläche der eingeschlossenen Dreiecke (TS2, LS2, FS2; TS1, LS1, FS1), desto geringer sind Transportwege und desto effektiver ist die Produktionslogistik.⁴⁵

⁴³ Vgl. HOFSTADLER Chr.: Schalarbeiten; 2008; S. 16.

⁴⁴ HOFSTADLER Chr.: Schalarbeiten; 2008; S. 17.

⁴⁵ Vgl. HOFSTADLER Chr.: Schalarbeiten; 2008; S. 16.

Falls das Schneiden und Biegen der Bewehrung auch auf der Baustelle durchgeführt wird, sind folgende Flächen in der Baustelleneinrichtungsplanung zu berücksichtigen (siehe auch Abbildung 2.3):⁴⁶

- *Stahllager in Boxen nach Durchmesser getrennt (1)*
- *Schere, stationär oder verfahrbar (2)*
- *Lagerfläche für geschnittenen Stahl (7)*
- *Lagerfläche für Abfall (6)*
- *Biegemaschine (4)*
- *Biegetische (8)*
- *Lagerfläche für gebogenen Stahl (9)*
- *eventuell Flechtplatz (10)*
- *diverse Überdachungen (3, 5)*

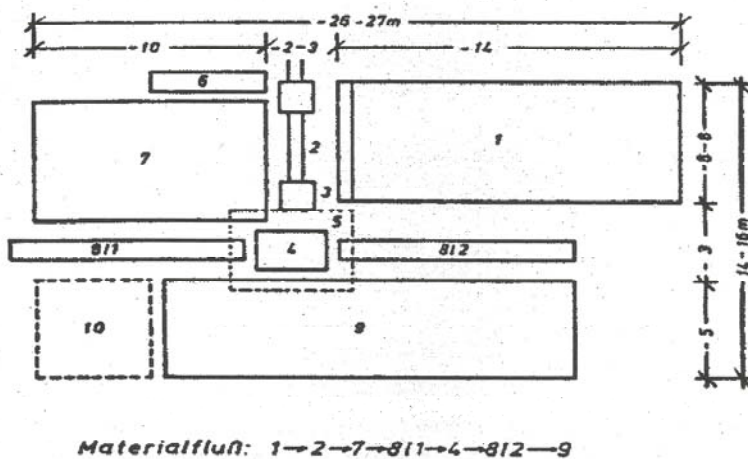


Abbildung 2.3: Beispiel für die Anordnung eines Schneide- und Biegeplatzes auf der Baustelle⁴⁷

⁴⁶ HECK D.: Skriptum: Baubetriebslehre VU; WS 09/10; S. 54f.

⁴⁷ HECK D.: Skriptum: Baubetriebslehre VU; WS 09/10; S. 55.

Stationäre Geräte

Im Zuge der Baustelleneinrichtungsplanung sollen auch die Standorte der wesentlichen stationären Geräte festgelegt werden. Besonders bedeutend ist, wie vorhin bei den Lagerflächen beschrieben, die richtige Anordnung der Krane. Neben dem Standort sind auch die zu tragenden Lasten für die Kranauswahl entscheidend.

Wie sich in weiterer Folge zeigen wird, hat die verfügbare Krankapazität auch einen Einfluss auf die Aufwandswerte beim Verlegen von Stabstahl. Mehr dazu ist Kapitel 7 zu entnehmen.

2.1.4 Logistik der Bewehrung

Im Bauwesen wird zwischen Beschaffungs-, Produktions- und Entsorgungslogistik unterschieden. Ziel ist prinzipiell das richtige Objekt, in der richtigen Qualität, der richtigen Menge, am richtigen Ort, zum richtigen Zeitpunkt, zu richtigen Kosten, ökologisch richtig bereitzustellen.⁴⁸

Beschaffungslogistik

Die Beschaffungslogistik ist das Bindeglied zwischen Baustoffhersteller bzw. -lieferant und der Baustelle (Produktionsstätte). Die Hauptaufgaben der Beschaffungslogistik am Bau sind die Ermittlung des Baustoffbedarfs auf der Baustelle, die Ermittlung der Gesamtanzahl der erforderlichen Transporte, Analyse der zeitlichen Abfolge der Transporte, Aufzeigen der Transportspitzen, Entflechtung der Transportspitzen, die Sondierung der möglichen Bezugsquellen, die Beschaffung der Baustoffe und die zeitliche und räumliche Koordination des Baustoffflusses zur Baustelle.⁴⁹

Der Antransport der Bewehrung zur Baustelle erfolgt in der Regel durch LKWs. Von ihnen wird der Baustahl mittels Hebezeug (z.B. Kran) auf den Lagerplatz abgeladen und nach Positionen aufgelegt. Idealerweise liegt die Bewehrung nur kurz am Lagerplatz und wird schnellstmöglich weiterverarbeitet.

Produktionslogistik

Die Produktionslogistik am Bau wird auch als Baustellenlogistik bezeichnet und beschäftigt sich mit der Planung der Transporte

⁴⁸ Vgl. HOFSTADLER Chr.: Bauablaufplanung und Logistik im Baubetrieb; 2006; S. 42.

⁴⁹ HOFSTADLER Chr.: Bauablaufplanung und Logistik im Baubetrieb; 2006; S. 42.

innerhalb der Lagerflächen der Baustelle und des Bauwerks. Der Übergang von der Beschaffungslogistik zur Produktionslogistik erfolgt auf den Anlieferungsflächen. Die Baustoffe werden auf den Lagerflächen oder im Bauwerk zwischengelagert bzw. direkt oder nach erforderlichen Zwischentransporten eingebaut.⁵⁰

Im Idealfall wird die Bewehrung lt. Positionen vom Lagerplatz mittels Kran zur Einbaustelle befördert und dort vom jeweiligen Arbeiter bereits so positioniert, dass sie in weiterer Folge nur mehr verlegt werden muss. Sind z.B. Lagerflächen begrenzt, so kann eine Zwischenlagerung erforderlich werden. Falls Krane nur begrenzte Kapazitäten für Bewehrungsarbeiten haben, so wird, wenn der Kran verfügbar ist, Bewehrung in der Nähe der Einbaustelle abgeladen und von dort ohne Hilfe von Hebezeugen durch die Arbeiter verteilt.

Entsorgungslogistik

Die Aufgabe der Entsorgungslogistik ist die Planung und Steuerung des Abtransports von auf der Baustelle anfallenden Baurestmassen zu den Abnehmern. Baurestmassen entstehen im Verlauf der Bauproduktion bei Neubauten, Ausbauten und insbesondere bei Umbau- und Abrissarbeiten.⁵¹

⁵⁰ HOFSTADLER Chr.: Bauablaufplanung und Logistik im Baubetrieb; 2006; S. 44.

⁵¹ HOFSTADLER Chr.: Bauablaufplanung und Logistik im Baubetrieb; 2006; S. 46.

2.2 Bauwirtschaftliche Bedeutung

Bewehrungsarbeiten sind ein Teil der Stahlbetonarbeiten. Sie haben vor allem bei Bauwerken aus Ortbeton eine erhebliche wirtschaftliche Bedeutung. Anhand der Wertschöpfungskette aus Abbildung 2.1 werden die Zusammenhänge deutlich.

Eigene Biege- und Verlegebetriebe haben sich auf Bewehrungsarbeiten spezialisiert und den Wertschöpfungsprozess weitgehend optimiert, wodurch Bewehrungsarbeiten als Eigenleistung in den heutigen Zeiten kaum noch rentabel sind.

2.2.1 Bewehrungsarbeiten als Eigenleistung

Verfügt man jedoch über die nötigen technischen und örtlichen Einrichtungen zum Biegen und Schneiden, über qualifizierte Arbeiter, sowie „Know-how“ um die Bewehrungsarbeiten produktiv gestalten zu können, so macht es Sinn, Bewehrungsarbeiten selbst durchzuführen.

Dabei ist wie bei vielen baubetrieblichen und bauwirtschaftlichen Überlegungen das Potential der Chancen und Risiken abzuwägen.⁵²

2.2.2 Bewehrungsarbeiten werden ausgelagert (Outsourcing)

Bewehrungsarbeiten können entweder als Ganzes oder zum Teil ausgelagert werden. Es ist z.B. möglich, die Ausführung der Bewehrungsarbeiten samt Arbeitsvorbereitung zu vergeben, nur die Arbeitsvorbereitung zu vergeben oder nur die Ausführung der Bewehrungsarbeiten zu vergeben.⁵³

Wird die Arbeitsvorbereitung ausgelagert, so gilt es, die angebotenen Lösungen baubetrieblich und bauwirtschaftlich zu hinterfragen. Die Vorgaben werden dann von eigenen Arbeitskräften umgesetzt. Werden die Ausführung der Bewehrungsarbeiten und die Arbeitsvorbereitung als Ganzes ausgelagert, so liegt das Ausführungsrisiko gänzlich beim Nachunternehmer. Der Hauptunternehmer trägt das Risiko, dass der Nachunternehmer zur richtigen Zeit auch die geforderte Qualität abgeliefert. Bei einer Auslagerung der Ausführung liegt das Ausführungsrisiko beim Nachunternehmer. Das Risiko einer unzureichenden Arbeitsvorbereitung hat der Hauptunternehmer allerdings selbst in der Hand.⁵⁴

⁵² Vgl. HOFSTADLER Chr.: Schalarbeiten; 2008; S. 20.

⁵³ Vgl. HOFSTADLER Chr.: Schalarbeiten; 2008; S. 21.

⁵⁴ Vgl. HOFSTADLER Chr.: Schalarbeiten; 2008; S. 21.

2.2.3 Anteil der Bewehrungs- an den gesamten Stahlbetonkosten

Betrachtet man die Zusammensetzung der Kosten für Stahlbetonarbeiten, so ergibt sich für die Bewehrungsarbeiten ein Anteil von 20 % (siehe Abbildung 2.4).

Stahlbetonarbeiten - Verteilung 2006

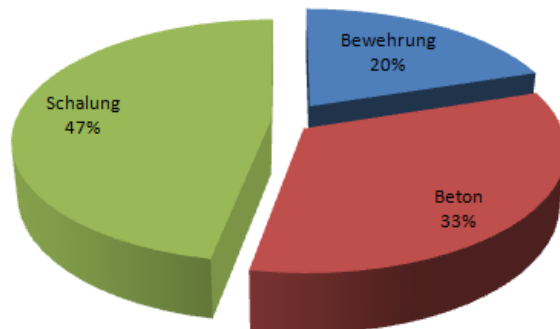


Abbildung 2.4: Kostenanteile der Stahlbetonarbeiten für 2006⁵⁵

Abbildung 2.5 zeigt, dass sich diese 20 % der Kosten aus 7 % Lohn- und 13 % Materialkosten zusammensetzen. Einsparungen sind dabei entweder bei Material oder Lohnkosten realisierbar.

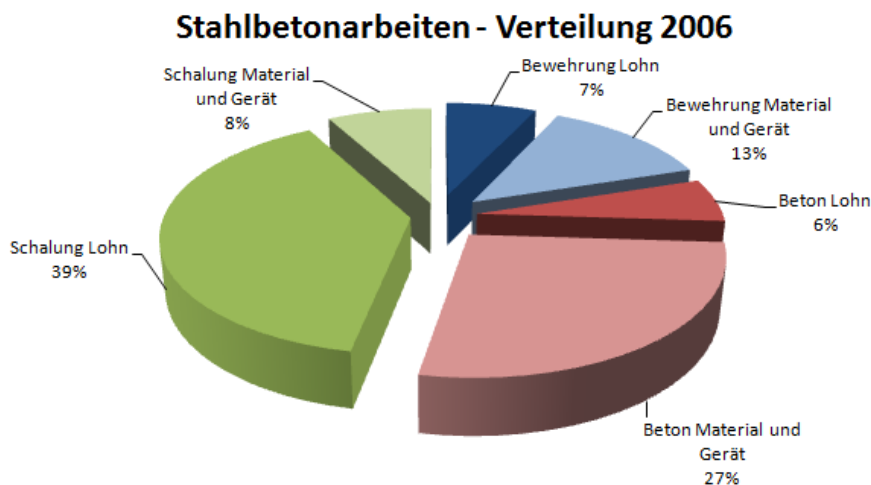


Abbildung 2.5: Kostenanteile der Schal-, Bewehrungs- und Betonierarbeiten für 2006 Aufteilung in Lohn- und Material + Gerät⁵⁶

⁵⁵ Vgl. HOFSTADLER Chr.: Schalarbeiten; 2008; S. 30.

⁵⁶ Vgl. HOFSTADLER Chr.: Schalarbeiten; 2008; S. 31.

Einsparungen bei den Bewehrungsarbeiten können durch Beachtung der folgenden Hauptregeln erzielt werden:⁵⁷

- dicke Durchmesser sind billiger als dünne
- gerade Stäbe sind billiger als gebogene
- gebogene Stäbe sollen möglichst den Standardformen entsprechen
- möglichst wenige Positionen pro Plan
- Verschnitt beachten (bei dickem Durchmesser größer)
- möglichst einfache Verlegeanordnung

Das Einhalten dieser Regeln durch den Konstrukteur kann den Rohbau um 1-5 % verbilligen.⁵⁸

Entgegen der oben angeführten Grafik (Abbildung 2.5) können die Bearbeitungskosten in manchen Fällen ein Mehrfaches der Materialkosten erreichen.⁵⁹

2.2.4 Zusammensetzung der Bewehrungskosten

*Die Kosten der Bewehrung hängen von mehreren Faktoren ab. Die zwei wesentlichen sind die Material- und Bearbeitungskosten.*⁶⁰

Materialkosten

Die Materialkosten sind vom Stahlgrundpreis, der Dimensionsauflage und vom Verschnitt abhängig.⁶¹

Der Stahlgrundpreis schwankt dabei abhängig vom Schrottpreis, den Herstellkosten der Stahlwerke und der weltweiten Nachfrage. Als Indikator kann der Stahlpreisindex herangezogen werden (siehe Abbildung 2.6). Schwankungen aufgrund der Weltwirtschaftslage sind dabei ersichtlich.

Die Dimensionsauflage ist pro Stabdurchmesser unterschiedlich. Stabdurchmesser am unteren und oberen Ende des Walzprogrammes haben höhere Dimensionsauflagen als die mittleren Stabdurchmesser.

⁵⁷ Vgl. FRITSCH G., BLASY R.: Bewehrungs Atlas – Eurocode ÖNorm EN 1992-1-1; ÖNorm B 1992-1-1; 2009; S. 147.

⁵⁸ Vgl. FRITSCH G., BLASY R.: Bewehrungs Atlas – Eurocode ÖNorm EN 1992-1-1; ÖNorm B 1992-1-1; 2009; S. 141.

⁵⁹ Vgl. FRITSCH G., BLASY R.: Bewehrungs Atlas – Eurocode ÖNorm EN 1992-1-1; ÖNorm B 1992-1-1; 2009; S. 141.

⁶⁰ FRITSCH G., BLASY R.: Bewehrungs Atlas – Eurocode ÖNorm EN 1992-1-1; ÖNorm B 1992-1-1; 2009; S. 141.

⁶¹ Vgl. FRITSCH G., BLASY R.: Bewehrungs Atlas – Eurocode ÖNorm EN 1992-1-1; ÖNorm B 1992-1-1; 2009; S. 143.

Der Verschnitt stellt vor allem bei großen Stabdurchmessern einen Kostenfaktor dar.

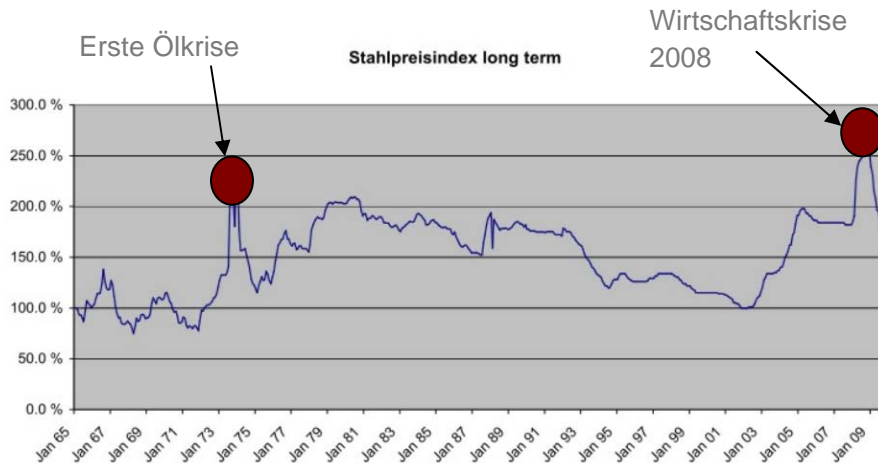


Abbildung 2.6: Stahlpreis Langzeitindex⁶²

Um optimal zu wirtschaften, sind sowohl Bewehrungshersteller, wie auch Verarbeiter dazu angehalten, die Preisentwicklung zu beobachten um zum richtigen Zeitpunkt, zu günstigen Konditionen Lagerbestände aufzufüllen. Kurzzeitige Entwicklungen können den Homepages des *Güteschutzverbands für Bewehrungsstahl* und des *Verbands Österreichischer Biege- und Verlegebetriebe* entnommen werden.

Lohnkosten

Die Lohnkosten setzen sich aus Schneide- und Biegekosten sowie aus den Verlegekosten zusammen.⁶³

*Schneide- und Biegekosten sind abhängig von:*⁶⁴

- *Stabdurchmesser*
- *Verhältnis von nur geschnittenen Stäben zu geschnittenen und gebogenen Stäben*
- *Biegeform*
- *Schenkellängen der gebogenen Eisen*
- *Anzahl der Positionen*
- *Anzahl der Stäbe pro Position*
- *Stablänge*

⁶² <http://www.btssb.ch/stahlpreisindex/stahlpreisindex.html> (Datum des Zugriffs: 7.9.2010; 19:41)

⁶³ Vgl. FRITSCHKE G., BLASY R.: Bewehrungs Atlas – Eurocode ÖNorm EN 1992-1-1; ÖNorm B 1992-1-1; 2009; S. 143.

⁶⁴ FRITSCHKE G., BLASY R.: Bewehrungs Atlas – Eurocode ÖNorm EN 1992-1-1; ÖNorm B 1992-1-1; 2009; S. 143.

Das Schneiden und Biegen erfolgt in der Regel in stationären Betrieben. Gebogene Eisen mit einer maximalen Schenkellänge von 1,50 m können mit den Durchmessern 8 bis 14 mm vom Ring mit Bügelautomaten bearbeitet werden. Das Schneiden und Biegen erfolgt in einem Arbeitsschritt. Müssen größere Durchmesser gebogen werden, so wird das Schneiden und Biegen in zwei voneinander unabhängigen Arbeitsschritten durchgeführt.⁶⁵

Die Biegeformen haben Auswirkungen auf Schneide- und Biegeaufwandswerte, sowie auf den Verlegeaufwand. Die Definition der Formen erfolgt in Kapitel 4.2.2 Aufwandswerte nach VÖBV.

Auf den Schneide- und Biegeaufwand wird in weiterer Folge in dieser Arbeit nicht eingegangen. Die stationären Betriebe gleichen Maschinenbauunternehmen, die einer entsprechenden kostenrechnerischen Betrachtung bedürfen.

Die Verlegekosten hängen maßgeblich von den Aufwandswerten ab. Einflüsse auf diese werden in den Kapiteln 5.1 und 7 näher erläutert.

2.2.5 Verteilung der Bewehrung

Für unterschiedliche Bauwerkstypen ergeben sich unterschiedliche Verteilungen der Bewehrung. Abbildung 2.7 zeigt die Kaliberverteilung in Abhängigkeit der Bauwerkstypen.

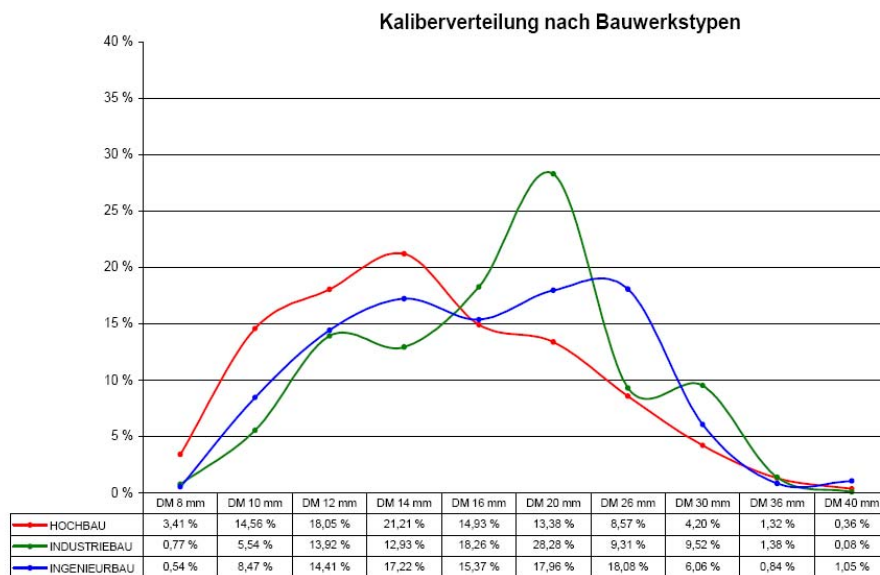


Abbildung 2.7: Kaliberverteilung nach Bauwerkstypen⁶⁶

⁶⁵ Vgl. FRITSCH G., BLASY R.: Bewehrungs Atlas – Eurocode ÖNorm EN 1992-1-1; ÖNorm B 1992-1-1; 2009; S. 143f.

⁶⁶ www.queteschutzverband.at (Datum des Zugriffs: 7.9.2010; 20:27)

Die Verteilung der unterschiedlichen Biegeformen ist in Abbildung 2.8 dargestellt.

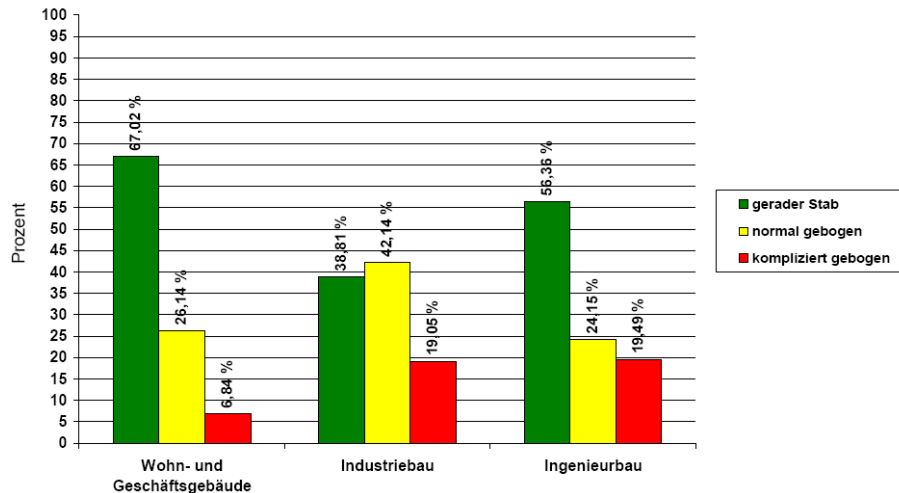


Abbildung 2.8: Verteilung der Biegeformen von Stabstahlbewehrung⁶⁷

2.2.6 Ausschreibung von Bewehrungsarbeiten

Es ist schwierig, alle Faktoren, von denen Bewehrungsarbeiten abhängen, in einer Leistungsbeschreibung zu berücksichtigen. Eine Abhängigkeit von den einzelnen Stabdurchmessern wäre jedoch anzustreben. Zusätzlich sollten für sämtliche sonstige Bewehrungsprodukte (Distanzstreifen, Anschlusselemente, Sicherheitsleisten etc.) eigene Ausschreibungspositionen vorgesehen werden. Auf jeden Fall sollte die Festigkeitsklasse BSt 550 ausgeschrieben werden, da andere Festigkeitsklassen in Österreich kaum produziert werden.⁶⁸

⁶⁷ www.queteschutzverband.at (Datum des Zugriffs: 7.9.2010; 20:29)

⁶⁸ Vgl. FRITSCH G., BLASY R.: Bewehrungs Atlas – Eurocode ÖNorm EN 1992-1-1; ÖNorm B 1992-1-1; 2009; S. 147.

3 Grundlagen zum Arbeitsstudium nach REFA

Für die Gestaltung der Arbeitsanalysen ist ein Studium der theoretischen Grundlagen erforderlich. Diese werden im folgenden Abschnitt auf das Wesentliche reduziert wiedergegeben.

3.1 Einleitung

Das Arbeitsstudium ist so alt wie die Menschheit selbst. Angefangen von der Erfindung des Rades, bis hin zur Einführung von Arbeitsplanung und einer Produktionskontrolle durch Hammurabi, den damaligen König von Babylon (1728-1686 v. Chr.), waren die Menschen stets bestrebt, Arbeitsprozesse so effizient und einfach wie möglich zu gestalten.⁶⁹

Nach jahrelanger Entwicklung und Vorbereitung wurde im September 1924 der Reichsausschuss für Arbeitszeitermittlung, kurz REFA, gegründet. Ziel des Verbandes ist es, Systeme zur Arbeitszeitanalyse und Arbeitszeitgestaltung für jedermann zugänglich zu machen.⁷⁰

Arbeitsstudien können verschiedenen Zwecken dienen. Daher ist es von großer Bedeutung, die nachfolgend dargestellte Vorgehensweise zu verfolgen:⁷¹

1. *Ziele setzen*
2. *Aufgabe abgrenzen*
3. *Ideale Lösungen suchen*
4. *Daten sammeln und praktikable Lösungen entwickeln*
5. *Lösung einführen und Zielerfüllung kontrollieren*

3.1.1 Definition Arbeit

Abhängig von der Betrachtungsweise kann der Begriff Arbeit unterschiedlich definiert werden:⁷²

- *Arbeit aus Sicht des Menschen:
Tätigkeit zur Erfüllung einer Aufgabe*

⁶⁹ Vgl. REFA: Methodenlehre des Arbeitsstudiums – Teil 1 – Grundlagen; 1984; S. 21.

⁷⁰ Vgl. REFA: Methodenlehre des Arbeitsstudiums – Teil 1 – Grundlagen; 1984; S. 29.

⁷¹ REFA: Methodenlehre des Arbeitsstudiums – Teil 1 – Grundlagen; 1984; S. 15.

⁷² REFA: Methodenlehre des Arbeitsstudiums – Teil 1 – Grundlagen; 1984; S. 19.

- *Arbeit im Sinne des Arbeitsstudiums:*
Erfüllung der Aufgabe eines Arbeitssystems durch das Zusammenwirken von Mensch und Betriebsmittel mit dem Arbeitsgegenstand.
- *Arbeit im volkswirtschaftlichen Sinne:*
Produktionsfaktor zur Herstellung von Gütern und Leistung von Diensten
- *Arbeit im ergonomischen Sinne:*
Umsatz von Energie und Verarbeitung von Information bei der Erfüllung von Arbeitsaufgaben durch den Menschen
- *Arbeit in der Mechanik und Physik:*
 $Arbeit = Kraft \times Weg$

3.2 Das Arbeitssystem

Wesentlich für die REFA-Methodenlehre ist die Betrachtung von Arbeitssystemen in ihrer hierarchischen Struktur, von der einzelnen Arbeitsstelle bis zum Gesamtunternehmen. Dementsprechend gibt es elementare und unterschiedlich komplexe Arbeitssysteme.⁷³

Die einzelnen Arbeitssysteme dienen der Erfüllung von Arbeitsaufgaben. Dabei wirken Menschen und Betriebsmittel mit der Eingabe zusammen. Umwelteinflüsse wirken dabei von außen auf das System ein.⁷⁴

Abbildung 3.1 stellt ein Schaubild eines solchen Arbeitssystems dar.

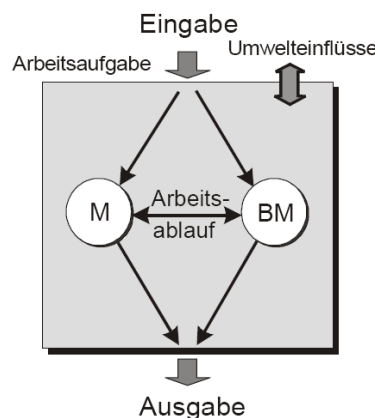


Abbildung 3.1: Schematische Darstellung eines Arbeitssystems⁷⁵

⁷³ Riedinger H.-G.; Steinmetzger R.: Rationalisierung im Baubetrieb: Möglichkeiten der REFA Methodenlehre; 2000; S. 5.

⁷⁴ Vgl. Riedinger H.-G.; Steinmetzger R.: Rationalisierung im Baubetrieb: Möglichkeiten der REFA Methodenlehre; 2000; S. 5.

⁷⁵ Riedinger H.-G.; Steinmetzger R.: Rationalisierung im Baubetrieb: Möglichkeiten der REFA Methodenlehre; 2000; S. 5.

Die **Arbeitsaufgabe** kennzeichnet dabei den Zweck des Systems. Sie kann als Aufforderung an den Menschen verstanden werden, Tätigkeiten auszuüben, die der Zielerreichung dienen (z.B. Auftrag zum Bewehren einer Stahlbetondecke). Der **Arbeitsablauf** ist das Geschehen bei der Umsetzung der Arbeitsaufgabe (z.B. Materialien vorbereiten, Bewehrung verlegen etc.). Die **Eingabe** sind Arbeitsgegenstände, Menschen, Energie und Informationen (auch Produktionsfaktoren genannt), die zur Erfüllung der Arbeitsaufgabe in ihrem Zustand, ihrer Form oder ihrer Lage verändert werden sollen (z.B. Bewehrung, Arbeiter, Bewehrungsplan, Kran, Schneidewerkzeug etc.). Die **Ausgabe** besteht aus den veränderten Arbeitsgegenständen, aber auch aus Menschen, Informationen und Energie, die zur Erfüllung der Arbeitsaufgabe verändert oder verwendet wurden. Als Ausgabe kann zum Beispiel die fertig bewehrte Decke angesehen werden. Zusätzlich können sich bei der Erfüllung der Arbeitsaufgabe Betriebsmittel abnutzen oder Menschen ihre Fähigkeiten verbessern. Also können als Ausgabe auch ein abgenutztes Schneidewerkzeug oder ein weitergebildeter Arbeiter angesehen werden. **M (Menschen)** und **BM (Betriebsmittel)** sind Kapazitäten, die im Sinne der Arbeitsaufgabe, unter einem bestimmten Arbeitsablauf, die Eingabe in die Ausgabe verwandeln (z.B. Arbeiter, Kran etc.). Zusätzlich wirken noch **Umwelteinflüsse** auf das Arbeitssystem ein. Diese können als physikalische, chemische, biologische, organisatorische und soziale Einflüsse verstanden werden, die die Umstände und Nebenwirkungen eines funktionierenden Arbeitssystems charakterisieren (z.B. Witterung, Arbeitsklima, Baustellenorganisation etc.).⁷⁶

Dabei wird zwischen Mikro- und Makro-Arbeitssystemen unterschieden.⁷⁷ Mikro-Systeme sind zum Beispiel die einzelnen Arbeitsplätze auf der Baustelle (Decken, Wände, etc.), während die Baustelle als Ganzes als Makro-Arbeitssystem verstanden werden kann.

Weil die Arbeitsaufgabe bei Bewehrungsarbeiten prinzipiell von mehreren Arbeitspersonen erfüllt wird, handelt es sich um Gruppenarbeit.⁷⁸ Diese Tatsache ist besonders bei der Datenermittlung zu berücksichtigen, da sie erheblichen Einfluss auf die Aufnahmemethoden hat.

⁷⁶ Vgl. Riedinger H.-G.; Steinmetzger R.: Rationalisierung im Baubetrieb: Möglichkeiten der REFA Methodenlehre; 2000; S. 5.

⁷⁷ Vgl. REFA: Methodenlehre des Arbeitsstudiums – Teil 1 – Grundlagen; 1984; S. 96.

⁷⁸ Vgl. REFA: Methodenlehre des Arbeitsstudiums – Teil 1 – Grundlagen; 1984; S. 116.

3.3 Grundlagen der Datenermittlung

Spricht man im Zuge von Arbeitsstudien von Daten, so sind meist:

- Zeiten für Ablaufabschnitte
- Einflussgrößen, von denen die Zeiten abhängen
- Bezugsmengen, auf die sich die Zeiten beziehen, und
- Daten der Arbeitsbedingungen

gemeint. Die Zeit ist also eine Funktion der jeweiligen Einflussgrößen. Darum ist es nicht ausreichend, ausschließlich die Zeit mit der Stoppuhr zu messen. Die jeweiligen Einflüsse, unter denen Arbeit vollbracht wird, müssen bewertet und festgehalten werden.⁷⁹

Bei der Ermittlung von Daten sind von vorne herein der spätere Verwendungszweck sowie die Reproduzierbarkeit zu berücksichtigen.

3.3.1 Verwendungszweck von Daten

*Der Verwendungszweck bestimmt, welche und wie viele Daten mit welchen statistischen Anforderungen erfasst werden müssen.*⁸⁰

Dabei unterscheidet man Daten für Planungszwecke (z.B. Kalkulation, Vergleich von Arbeitsverfahren), Daten für Steuerungszwecke (z.B. für Terminsteuerung), Daten für Kontrollzwecke (z.B. Nachkalkulation) und Daten für Entlohnung (z.B. Akkord, Prämie).⁸¹

3.3.2 Reproduzierbarkeit von Daten

Um Daten auch weit nach den Aufnahmen wiederverwenden zu können, müssen folgende Punkte beachtet werden:⁸²

- Der den Daten zugrunde liegende Arbeitsablauf muss beschrieben sein.
- Die den Daten zugrunde liegenden Arbeitsbedingungen müssen bekannt sein.
- Die erfassten Daten müssen bestimmten statistischen Anforderungen genügen.

⁷⁹ Vgl. REFA: Methodenlehre des Arbeitsstudiums – Teil 2 – Datenermittlung; 1992; S. 10.

⁸⁰ REFA: Methodenlehre des Arbeitsstudiums – Teil 2 – Datenermittlung; 1992; S. 12.

⁸¹ Vgl. REFA: Methodenlehre des Arbeitsstudiums – Teil 2 – Datenermittlung; 1992; S. 12.

⁸² Vgl. REFA: Methodenlehre des Arbeitsstudiums – Teil 2 – Datenermittlung; 1992; S. 13.

3.3.3 Gliederung der Daten

Man kann Daten unterschiedlich gliedern. So gibt es abhängige Daten (Zielgrößen; z.B. Transportzeit, Geschwindigkeit) und unabhängige Daten (Einflussgrößen; z.B. Transportmittel, Weglänge).⁸³

Die Unterscheidung zwischen quantitativen und qualitativen Daten kann lt. Abbildung 3.2 getroffen werden.

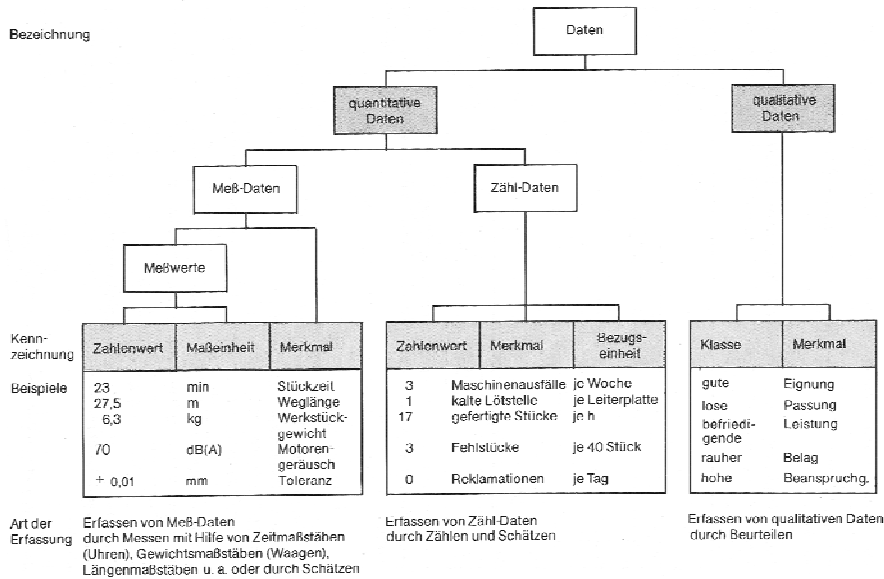


Abbildung 3.2: Gliederung von Daten⁸⁴

Weiters kann zwischen festen (konstanten) und veränderlichen (variablen) Daten unterschieden werden. Beispiele für feste Daten sind z.B. die Temperatur in einem klimatisierten Raum oder die Drehzahl einer Bohrmaschine. Veränderliche Daten sind z.B. Ermüdung von Arbeitspersonen oder die Anzahl der Beschäftigten während eines Jahres.⁸⁵

Abhängig ob Daten einer Bezugseinheit zugrunde liegen oder nicht, unterscheidet man Urdaten (absolute Daten; z.B. 500 Stück, 20 min) von bezogenen Daten (z.B. 500 Stück/ h, 20 min/ m).⁸⁶

⁸³ Vgl. REFA: Methodenlehre des Arbeitsstudiums – Teil 2 – Datenermittlung; 1992; S. 13.

⁸⁴ REFA: Methodenlehre des Arbeitsstudiums – Teil 2 – Datenermittlung; 1992; S. 15.

⁸⁵ Vgl. REFA: Methodenlehre des Arbeitsstudiums – Teil 2 – Datenermittlung; 1992; S. 18.

⁸⁶ Vgl. REFA: Methodenlehre des Arbeitsstudiums – Teil 2 – Datenermittlung; 1992; S. 19.

3.4 Vorgehensweise bei der Zeitdatenermittlung

Bevor mit den Aufnahmen auf der Baustelle begonnen werden kann, muss das Arbeitssystem genau erfasst und beschrieben werden. Dies erfolgt durch eine Definition lt. Abbildung 3.3. Dabei wird der Arbeitsablauf in einzelne Ablaufarten gegliedert.

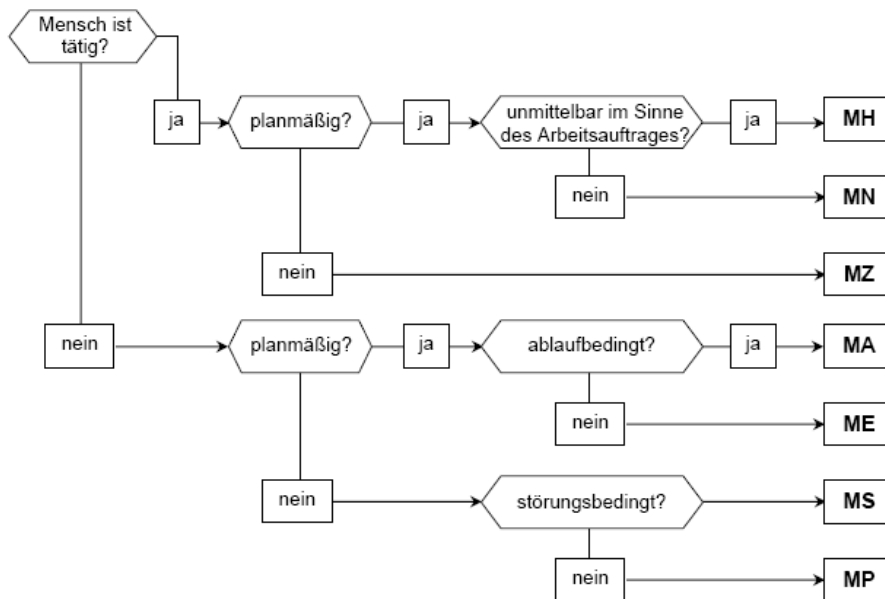


Abbildung 3.3: Ablaufgliederung bezogen auf den Menschen⁸⁷

Eine **Haupttätigkeit MH** ist eine planmäßige, unmittelbar der Erfüllung der Arbeitsaufgabe dienende Tätigkeit, z.B.: Beton mischen, der als Transportbeton abgegeben werden soll.

Eine **Nebentätigkeit MN** ist eine planmäßige, nur mittelbar der Erfüllung der Arbeitsaufgabe dienende Tätigkeit, z.B.: Mörtel beim Abputzen einer Wand mischen.

Um eine **zusätzliche Tätigkeit MZ** handelt es sich, wenn deren Vorkommen oder Ablauf nicht vorausbestimmt werden kann; sie erfolgt außerplanmäßig, z.B.: Nacharbeiten, Mithilfe bei anderen Personen, Tätigkeiten ohne besonderen Auftrag (Reinigungsarbeiten, dienstliche Besprechungen).

Das **ablaufbedingte Unterbrechen MA** ist ein planmäßiges Warten des Menschen auf das Ende von Ablaufabschnitten, die beim Betriebsmittel oder Arbeitsgegenstand selbständig ablaufen, z.B.: Warten auf die nächste Mischung am Betonmischer.

⁸⁷ Riedinger H.-G.; Steinmetzger R.: Rationalisierung im Baubetrieb: Möglichkeiten der REFA Methodenlehre; 2000; S. 6.

Das **störungsbedingte Unterbrechen MS** der Tätigkeit ist ein zusätzliches (außerplanmäßiges) Warten des Menschen infolge technischer oder organisatorischer Störungen sowie Mangel an Information, z.B.: Klärung fehlender Maßangaben auf einer Zeichnung, Warten auf Material oder einen Reparaturtrupp.

Erholen ME ist im Sinne des Arbeitsstudiums ein Unterbrechen der Tätigkeit, um die infolge der Tätigkeit aufgetretene Arbeitsermüdung abzubauen.

Persönlich bedingtes Unterbrechen MP der Tätigkeit liegt vor, wenn ein Mensch seine Tätigkeit aus persönlichen Gründen unterbricht, z.B.: Gang zur Toilette, verspäteter Arbeitsbeginn.⁸⁸

Der gesamte Arbeitsablauf setzt sich also aus den einzelnen Ablaufarten zusammen. Im Zuge der Beobachtungen sollen diese prozentual ermittelt werden.

Die Ablaufarten lassen sich in weiterer Folge in Zeitarten überführen.

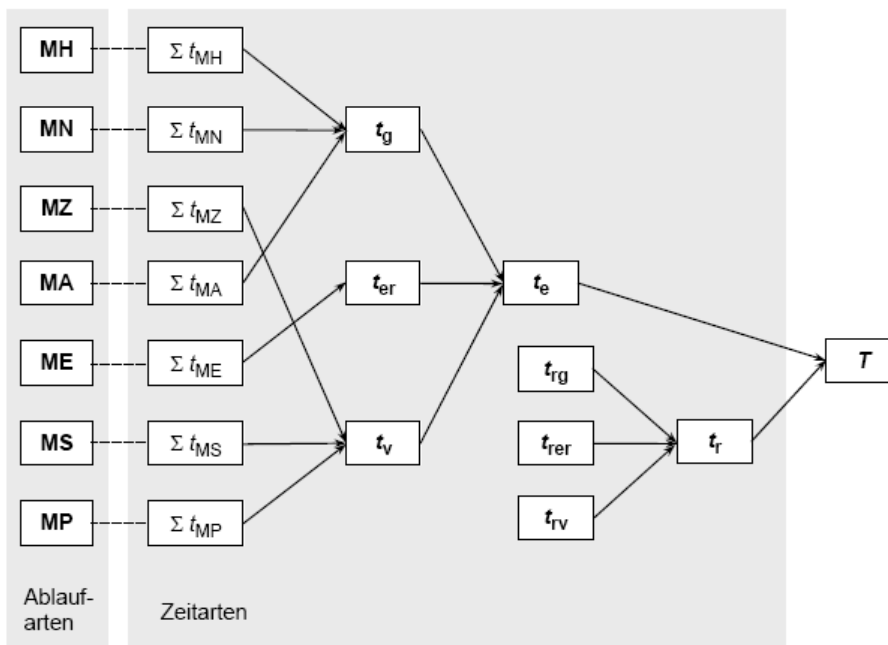


Abbildung 3.4: Zusammensetzung der Auftragszeit nach REFA⁸⁹

Abbildung 3.4 zeigt die Zusammensetzung der Auftragszeit T. Anhand dieser Grafik wird die Auswertung der einzelnen Beobachtungen (siehe Kapitel 6) durchgeführt. Die Anteile der unterschiedlichen Zeitarten an der Gesamtzeit sind wesentlicher Indikator für die Leistungsbeurteilung.

⁸⁸ Riedinger H.-G.; Steinmetzger R.: Rationalisierung im Baubetrieb: Möglichkeiten der REFA Methodenlehre; 2000; S. 7.

⁸⁹ Riedinger H.-G.; Steinmetzger R.: Rationalisierung im Baubetrieb: Möglichkeiten der REFA Methodenlehre; 2000; S. 9.

Die Zeitarten sind:

- t_g Grundzeit
- t_{er} Erholungszeit
- t_v Verteilzeit
- t_e Zeit je Einheit
- t_r Rüstzeit
- t_{rg} Grundzeit für das Rüsten
- t_{rer} Erholungszeit für das Rüsten
- t_{rv} Verteilzeit für das Rüsten

Nachfolgend werden die wichtigsten Zeitarten beschrieben.

3.4.1 Grundzeit

Die Grundzeit setzt sich aus der Zeit der Haupttätigkeit, der Zeit der Nebentätigkeit und der Zeit für ablaufbedingtes Unterbrechen zusammen. Sie stellt in der Regel den größten Anteil an der Zeit je Einheit dar und ist auf die Mengeneinheit 1 bezogen.⁹⁰

$$t_g = \sum t_{MH} + \sum t_{MN} + \sum t_{MA}$$

Formel 3.1: Grundzeit

3.4.2 Erholungszeit

Die Erholungszeit dient der Erholung des Menschen. Ihr Anteil hängt von der Höhe und Dauer der Beanspruchung durch die Arbeit ab. Ist der Anteil der Erholungszeit groß (Erholungszeit verursacht Kosten), so sollte die Arbeitssituation durch arbeitsgestalterische Maßnahmen verbessert werden.⁹¹

Lt. Lang sollte die Erholungszeit 8-10 % der Grundzeit betragen.⁹² REFA gibt für die Erholung einen Richtwert von 5 % der Gesamtarbeitszeit an.⁹³

$$t_{er} = \sum t_{ME}$$

Formel 3.2: Erholungszeit

⁹⁰ Vgl. REFA: Methodenlehre des Arbeitsstudiums – Teil 2 – Datenermittlung; 1992; S. 46.

⁹¹ Vgl. REFA: Methodenlehre des Arbeitsstudiums – Teil 2 – Datenermittlung; 1992; S. 44.

⁹² Vgl. LANG A.: Ein Verfahren zur Bewertung von Bauablaufstörungen und zur Projektsteuerung; 1987 S. 109.

⁹³ Vgl. Riedinger H.-G.; Steinmetzger R.: Rationalisierung im Baubetrieb: Möglichkeiten der REFA Methodenlehre; 2000; S. 10.

3.4.3 Verteilzeit

Zeiten für zusätzliche Tätigkeiten, Zeiten für störungsbedingtes Unterbrechen und Zeiten für persönlich bedingtes Unterbrechen ergeben aufsummiert die Verteilzeit. Sie bezieht sich auf die Mengeneinheit 1.⁹⁴

Langjährige Messungen haben ergeben, dass die Verteilzeit bei Bauarbeiten ca. 25 % der Grundzeit beträgt.⁹⁵

$$t_v = \sum t_{vsachlich} + \sum t_{vpersönlich} = (\sum t_{MZ} + \sum t_{MS}) + \sum t_{MP}$$

Formel 3.3: Verteilzeit

3.4.4 Zeit je Einheit

Grundzeit, Erholungszeit und Verteilzeit ergeben die Zeit je Einheit. Sie bezieht sich auf die Mengeneinheit 1, 100 oder 1000.⁹⁶ Sie wird auch Aufwandswert genannt und in späterer Folge in Kapitel 4 genauer behandelt.

$$t_e = t_g + t_{er} + t_v$$

Formel 3.4: Zeit je Einheit

3.4.5 Rüstzeit

*Rüstzeiten umfassen die Zeiten für die Vorbereitung des Arbeitssystems zur Erfüllung der Arbeitsaufgabe sowie das Rückversetzen des Arbeitssystems in den ursprünglichen Zustand, falls erforderlich. Sie besitzen eine analoge Struktur wie die Grundzeiten.*⁹⁷

Die Rüstzeit wird in der Baupraxis nicht selten, in Teilen oder ganz in die Zeit je Einheit eingerechnet.⁹⁸

$$t_r = t_{rg} + t_{rer} + t_{rv}$$

Formel 3.5: Rüstzeit

⁹⁴ Vgl. REFA: Methodenlehre des Arbeitsstudiums – Teil 2 – Datenermittlung; 1992; S. 44.

⁹⁵ Vgl. LANG A.: Ein Verfahren zur Bewertung von Bauablaufstörungen und zur Projektsteuerung; 1987 S. 109.

⁹⁶ Vgl. REFA: Methodenlehre des Arbeitsstudiums – Teil 2 – Datenermittlung; 1992; S. 52.

⁹⁷ Riedinger H.-G.; Steinmetzger R.: Rationalisierung im Baubetrieb: Möglichkeiten der REFA Methodenlehre; 2000; S. 10.

⁹⁸ Vgl. Riedinger H.-G.; Steinmetzger R.: Rationalisierung im Baubetrieb: Möglichkeiten der REFA Methodenlehre; 2000; S. 10.

3.4.6 Auftragszeit

Addiert man die Rüstzeit und die Zeit je Einheit, so erhält man die Auftragszeit.

Ist-Zeitaufnahmen dürfen für die Berechnung der Auftragszeit nicht verwendet werden, da sie situationsspezifische, nicht verallgemeinerbare Zeitaufwände enthalten.⁹⁹

$$T = t_e * m + t_r$$

Formel 3.6: Auftragszeit

Formel 3.6 beschreibt den Auftragsumfang unter Beachtung der gewählten Bezugseinheit der Menge.

⁹⁹ Vgl. Riedinger H.-G.; Steinmetzger R.: Rationalisierung im Baubetrieb: Möglichkeiten der REFA Methodenlehre; 2000; S. 10.

3.5 Zeitaufnahmen

*Zeitaufnahmen bestehen in der Beschreibung des Arbeitssystems, im besonderen des Arbeitsverfahrens, der Arbeitsmethode und der Arbeitsbedingungen, und in der Erfassung der Bezugsmengen, der Einflussgrößen, der Leistungsgrade und Ist-Zeiten für einzelne Ablaufabschnitte; deren Auswertung ergeben Soll-Zeiten für bestimmte Ablaufabschnitte.*¹⁰⁰

Die Zeitaufnahme erfolgt durch Beobachtung des Ist-Ablaufes durch den Arbeitsstudienmann. Dafür stehen verschiedene Aufnahmetechniken zur Verfügung, von denen in weiterer Folge die Einzelzeitmessung/ Fortschrittszeitmessung und die Multimomentaufnahme näher behandelt werden.

3.5.1 Einzelzeitaufnahme/Fortschrittszeitaufnahme

Bei der Einzelzeitaufnahme wird die Dauer der einzelnen Ablaufabschnitte gemessen, während bei der Fortschrittszeitmessung eine lückenlose Zeitmessung, zwischen dem Beginn der Zeitaufnahme und den Endereignissen der einzelnen Ablaufabschnitte erfolgt. Einzelzeiten müssen bei der Fortschrittszeitmessung also erst im Nachhinein errechnet werden.¹⁰¹

Der Beobachter muss dabei in der Lage sein, den Ablauf in einzelne Ablaufabschnitte zu gliedern. Eine fachliche Schulung vor den Beobachtungen ist deshalb unumgänglich.

Als Aufnahmegeräte dienen in der Regel eine Stoppuhr oder eine herkömmliche Armbanduhr mit Sekundenanzeige. Es gibt weitere Typen von Zeitmessgeräten, die aber hauptsächlich für Zeitmessungen in stationären Betrieben verwendet werden.¹⁰²

Im Zuge von Einzelzeit- bzw. Fortschrittszeitmessungen ist es oft nicht möglich, ganze Arbeitsgruppen zu beobachten. Da es sich bei Bauarbeiten in der Regel aber um Gruppenarbeiten handelt, eignen sich Gruppenzeitaufnahmen als systematische Multimomentaufnahme besser für die Zeitaufnahmen.¹⁰³

¹⁰⁰ REFA: Methodenlehre des Arbeitsstudiums – Teil 2 – Datenermittlung; 1992; S. 81.

¹⁰¹ Vgl. REFA: Methodenlehre des Arbeitsstudiums – Teil 2 – Datenermittlung; 1992; S. 86f.

¹⁰² Vgl. REFA: Methodenlehre des Arbeitsstudiums – Teil 2 – Datenermittlung; 1992; S. 90.

¹⁰³ Vgl. Riedinger H.-G.; Steinmetzger R.: Rationalisierung im Baubetrieb: Möglichkeiten der REFA Methodenlehre; 2000; S. 14.

Statistische Auswertung von Einzelzeit-/Fortschrittszeitaufnahmen

Weil die einzelnen Messungen Stichproben sind, muss man unter Verwendung statistischer Methoden aus ihnen auf eine Grundgesamtheit schließen.¹⁰⁴

Die Grundgesamtheit für ein Bauvorhaben wären z.B. die Bewehrungsarbeiten an allen Decken, von denen aber stichprobenartig nur ausgewählte Arbeiten beobachtet werden. Aus den Stichproben sollen nun Aussagen über die gesamten Deckenbewehrungsarbeiten getroffen werden.

Die Genauigkeit hängt dabei von der Streuung der gemessenen Einzelzeiten und von der Zahl der aufgenommenen Zeiten ab. REFA beschreibt zur Auswertung zwei Verfahren, wobei in dieser Arbeit nur das Variationszahlverfahren behandelt wird.¹⁰⁵

Folgende Vorgehensweise beschreibt die Bestimmung der Genauigkeit.¹⁰⁶

- **Bestimmung der Mittelwerte der Einzelzeiten je Ablaufabschnitt**

$$\bar{t} = \frac{\sum t_i}{n}$$

Formel 3.7: Mittelwerte

- **Bestimmung von Varianz und Standardabweichung je Ablaufabschnitt**

$$Var = s^2 = \frac{1}{n-1} * \left[\sum t_i^2 - \frac{1}{n} * (\sum t_i)^2 \right]$$

Formel 3.8: Varianz

$$s = \sqrt{Var}$$

Formel 3.9: Standardabweichung

- **Bestimmung der Variationszahl der Einzelzeiten je Ablaufabschnitt**

$$v [\%] = \frac{s}{\bar{t}} * 100$$

Formel 3.10: Variationszahl

¹⁰⁴ Vgl. REFA: Methodenlehre des Arbeitsstudiums – Teil 2 – Datenermittlung; 1992; S. 162f.

¹⁰⁵ Vgl. REFA: Methodenlehre des Arbeitsstudiums – Teil 2 – Datenermittlung; 1992; S. 163f.

¹⁰⁶ REFA: Methodenlehre des Arbeitsstudiums – Teil 2 – Datenermittlung; 1992; S. 177ff.

▪ **Bestimmung des relativen Vertrauensbereichs**

Die Bestimmung des relativen Vertrauensbereichs kann mittels Formel 3.11 erfolgen. Für die Faktoren t (S;f) und f (f=n-1) ist Abbildung 3.5 heranzuziehen. Sie bildet Werte für eine Sicherheit von 95 % ab.

$$\varepsilon [\%] = \frac{t(S;f)}{\sqrt{n}} * v$$

Formel 3.11: relativer Vertrauensbereich

f	t(S;f)	f	t(S;f)	f	t(S;f)
1	12,71	14	2,145	27	2,052
2	4,303	15	2,131	28	2,048
3	3,182	16	2,120	29	2,045
4	2,776	17	2,110	30	2,042
5	2,571	18	2,101	40	2,041
6	2,447	19	2,093	50	2,009
7	2,365	20	2,086	60	2,000
8	2,306	21	2,080	80	1,990
9	2,262	22	2,074	100	1,984
10	2,228	23	2,069	200	1,972
11	2,201	24	2,064	500	1,965
12	2,179	25	2,060	∞	1,960
13	2,160	26	2,056		= u(S)

Abbildung 3.5: Faktoren zur Berechnung der erzielten Genauigkeit nach dem Variationszahlverfahren (S=95 %)¹⁰⁷

3.5.2 Multimomentaufnahme

Da wie vorhin beschrieben, Einzelzeitaufnahmen für die Aufnahme von Bauarbeiten kaum durchführbar sind, muss für die Messung der Ist-Zeiten eine andere Aufnahmemethode verwendet werden. Eine Gruppenzeitaufnahme als systematische Multimomentaufnahme schafft diesbezüglich Abhilfe.

Dabei wird der Arbeitsablauf nicht in fortlaufende Ablaufabschnitte, wie bei der Einzelzeitaufnahme, sondern in Ablaufarten gegliedert (siehe Kapitel 3.4). Im Zuge der Messungen wird nun der Anteil der jeweiligen Ablaufarten am Gesamtablauf durch Zählen stichprobenartig erfasst.¹⁰⁸

¹⁰⁷ REFA: REFA in der Baupraxis – Teil 2 – Datenermittlung; 1992; S. 60.

¹⁰⁸ Vgl. REFA: REFA in der Baupraxis – Teil 2 – Datenermittlung; 1992; S. 235.

Folgende Vorgehensweise ist dabei einzuhalten:¹⁰⁹

- Ziel festlegen
- Ablaufarten festlegen und beschreiben
- Rundgangsplan festlegen
- Erforderlichen Beobachtungsumfang festlegen
- Rundgangszeitpunkte bestimmen
- Erste Beobachtungen durchführen
- Zwischenauswerten
- Weitere Beobachtungen durchführen
- Endauswerten

In der praktischen Anwendung dieser Arbeit ist das Ziel das Ermitteln von Aufwandswerten für Bewehrungsarbeiten an Ortbetondecken mit samt der Ermittlung der Zusammensetzung. Ein Rundgangsplan wird nicht festgelegt, da vor Beginn der Aufnahmen versucht wird, einen Beobachtungsposten zu beziehen, von dem aus der gesamte Arbeitsplatz überblickt werden kann. Rundgangszeitpunkte sind deshalb auch nicht festzulegen. Die Ermittlung der Ablaufarten und des Beobachtungsumfangs erfolgt in Kapitel 5.

Statistische Auswertung von Multimomentaufnahmen

Auch für die Multimomentaufnahme gilt, dass es sich bei den gemessenen Ergebnissen um Stichproben aus einer Grundgesamtheit handelt. Die Aussagegenauigkeit hängt dabei von den prozentualen Anteilen der betreffenden Ablaufarten, sowie von der Anzahl der Beobachtungen ab und kann nach Formel 3.12 bestimmt werden.

Die Aussagegenauigkeit wird mit Hilfe der Multimoment-Hauptformel durch Ermittlung der Vertrauensbereiche für die in der Grundzeit liegenden Teilvorgänge nachgewiesen.¹¹⁰

¹⁰⁹ Vgl. REFA: REFA in der Baupraxis – Teil 2 – Datenermittlung; 1992; S. 236ff.

¹¹⁰ Riedinger H.-G.; Steinmetzger R.: Rationalisierung im Baubetrieb: Möglichkeiten der REFA Methodenlehre; 2000; S. 16.

$$f_i^I = \pm 1,96 * \sqrt{\frac{p * (100 - p)}{n}}$$

Formel 3.12: Multimoment Hauptformel für statistische Sicherheit von 95 %

- f..... Vertrauensbereich
- p..... Prozentuale Anteile der betreffenden Ablaufarten
- n..... Anzahl der Beobachtungen

4 Aufwandswerte für Bewehrungsarbeiten

Für eine spätere Einordnung der gemessenen Aufwandswerte sollen Literaturwerte herangezogen werden. Dieses Kapitel definiert grundlegende Begriffe, die im Zusammenhang mit Aufwandswerten stehen und zeigt vorhandene Aufwandswerte für das Bewehren von Decken aus der Literatur auf.

4.1 Grundlegende Begriffe

Aufandswerte sind eine wesentliche Messgröße der Produktivität. Sie haben aus diesem Grund entscheidenden Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit von Baumaßnahmen. Im Folgenden werden die wichtigsten Begriffe erläutert.

4.1.1 Produktivität

*Produktivität ist die wesentliche Kennzahl zur Beurteilung der Ergiebigkeit von einzelnen Arbeiten oder des gesamten Produktions- bzw. Wirtschaftsprozesses.*¹¹¹

Dabei kann die Produktivität folgendermaßen definiert werden:

$$\text{Produktivität } t = \frac{\text{Leistung}}{\text{Einsatz}} \text{ bzw. } \text{Produktivität } t = \frac{\text{Output}}{\text{Input}}$$

Formel 4.1: Produktivität¹¹²

Weiters kann die Produktivität wie folgt beschrieben werden:

$$\text{Produktivität} = \frac{1}{\text{Aufandswert}}$$

Formel 4.2: Produktivität¹¹³

Sie gibt also das Verhältnis zwischen eingesetzten Mitteln und erzielter Leistung wieder. Dabei können folgende Arten der Produktivität unterschieden werden:¹¹⁴

- **Arbeitsproduktivität**
Als Größe für den Einsatz dient z.B. die Anzahl der Beschäftigten oder Erwerbstätigen oder die Anzahl der geleisteten Arbeitsstunden.

¹¹¹ Vgl. HOFSTADLER Chr.: Bauablaufplanung und Logistik im Baubetrieb; 2007; S. 16.

¹¹² BAUER U.: Skriptum: Enzyklopädie Betriebswirtschaftslehre; 2006; S. 1-10.

¹¹³ Vergleiche Formel 4.4

¹¹⁴ Vgl. HOFSTADLER Chr.: Bauablaufplanung und Logistik im Baubetrieb; 2007; S. 17.

- Betriebsmittelproduktivität
Als Größe für den Einsatz dient z.B. die Anzahl der eingesetzten Geräte oder die Anzahl der geleisteten Gerätestunden.
- Stoffproduktivität
Hier wird ein Verhältnis der verbrauchten Stoffmenge und der Produktionsmenge gebildet.

4.1.2 Leistungswerte

Leistungswerte geben an, welche Produktionsmenge in einer gewissen Zeiteinheit erzeugt wird.¹¹⁵ Sie können als Messgröße der Produktivität dienen und werden wie folgt berechnet:

$$L [EH / ZEH] = \frac{AK [Std / h] * AZ [h / ZEH]}{AW [Std / EH]}$$

Formel 4.3: Berechnung der Leistung¹¹⁶

Dabei ergibt die Anzahl der Arbeitskräfte (AK), multipliziert mit der Arbeitszeit (AZ), dividiert durch den spezifischen Aufwandswert (AW) die Leistung (L). Ergebnis könnte z.B. die Leistung in der Einheit Tonnen pro Tag sein.

Gleiche Leistungswerte bedeuten aber nicht zwangsläufig eine gleiche Produktivität. Unterschiede können dabei z.B. in einer unterschiedlichen Arbeitsproduktivität begründet liegen.¹¹⁷

4.1.3 Aufwandswerte

Aufwandswerte beeinflussen die Arbeitsproduktivität und somit auch die Leistung erheblich. Berechnet werden sie folgendermaßen:

$$AW [Std / EH] = \frac{\sum LS [Std]}{M [EH]}$$

Formel 4.4: Berechnung des Aufwandswerts¹¹⁸

Der Aufwandswert (AW) ergibt sich also aus dem Quotienten der Summe der Lohnstunden (LS) und der Produktionsmenge (M).

¹¹⁵ Vgl. HOFSTADLER Chr.: Bauablaufplanung und Logistik im Baubetrieb; 2007; S. 18.

¹¹⁶ HOFSTADLER Chr.: Bauablaufplanung und Logistik im Baubetrieb; 2007; S. 19.

¹¹⁷ Vgl. HOFSTADLER Chr.: Bauablaufplanung und Logistik im Baubetrieb; 2007; S. 18.

¹¹⁸ Vgl. HOFSTADLER Chr.: Bauablaufplanung und Logistik im Baubetrieb; 2007; S. 20.

Somit ist der Aufwandswert eine wesentliche Größe, wenn es darum geht, Bauzeiten und Baukosten zu ermitteln. Abbildung 4.1 zeigt die bedeutendsten Einflüsse auf die Höhe des Aufwandswerts am Beispiel für Bewehrungsarbeiten. Zu sehen sind Einflüsse, die in weiterer Folge in Kapitel 5 präzisiert und spezifisch für Bewehrungsarbeiten verfeinert werden.

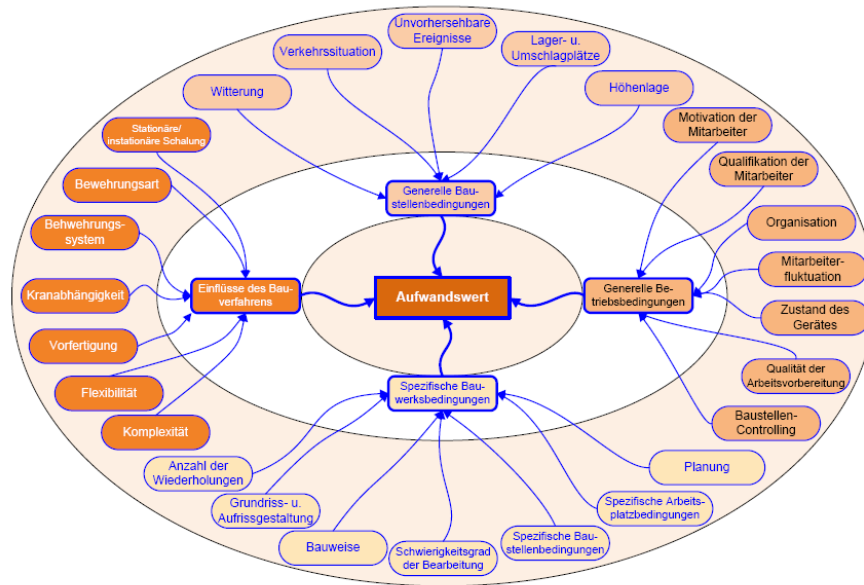


Abbildung 4.1: Einflüsse auf den Aufwandswert¹¹⁹

¹¹⁹ HOFSTADLER Chr.: BEW nicht veröffentlicht

4.2 Aufwandswerte für Bewehrungsarbeiten aus der Literatur

Für die Ermittlung der Aufwandswerte können interne oder externe Quellen herangezogen werden. Werte aus internen Aufstellungen können beispielsweise aus der Nachkalkulation oder von Zeitaufnahmen stammen. Aufwandswerte aus externen Quellen sind z.B. Richtzeiten aus der Literatur.

Für Bewehrungsarbeiten sind die bedeutendsten Quellen für Aufwandswerte:

- *ARH* Tabellen
Arbeitszeitrichtwerte für den Hochbau (kurz *ARH*)
- Aufwandswerte nach *VÖBV*
Aufwandswerte aus Vorgaben des *Verbands österreichischer Biege- und Verlegetechnik*
- Aufwandswerte nach *Toffel*
- Aufwandswerte nach *Fritsche/Blasy*
Fritsche/Blasy definieren Bandbreiten von Aufwandswerten im Bewehrungsatlas.

Neben den angeführten Quellen gibt es noch weitere Autoren, die Aufwandswerte für Bewehrungsarbeiten definieren. Da in dieser Arbeit jedoch lediglich die Ermittlung von Soll-Aufwandswerten für den späteren Vergleich mit Messwerten im Vordergrund steht, wird auf diese in weiterer Folge nicht mehr näher eingegangen.

4.2.1 Aufwandswerte aus *ARH* Tabellen

In den *ARH* Tabellen werden Aufwandswerte für das Schneiden und Biegen der Bewehrung sowie für das Verlegen angegeben. Zusätzlich werden Werte für das Transportieren mit Kran und das Auf- bzw. Abladen definiert.¹²⁰

Die Aufwandswerte für das Verlegen von Betonstabstahl sind dabei abhängig vom Stabdurchmesser und der Bauteilform (flächige Bauteile, stabförmige Bauteile, Fundamente, Platten) angeführt. Werte für das Verlegen von Betonstahlmatten werden in den Ausführungen vom mittleren Mattengewicht beeinflusst. Die Randbedingungen, unter denen die ermittelten Werte gelten, werden von den Autoren ebenfalls genau definiert.

¹²⁰ Vgl.: AUTORENGEMEINSCHAFT HOCHBAU: Handbuch Arbeitsorganisation Bau: 1.04 Richtzeiten Bewehrungsarbeiten; 1981; S. 29ff.

Betreffend das Verlegen gilt:¹²¹

- ausreichender Lagerplatz muss vorhanden sein
- Arbeiten basieren auf einer zweckmäßigen Arbeitsvorbereitung
- Kran mit entsprechender Tragfähigkeit muss vorhanden sein
- Standardwerkzeug muss vorhanden sein
- die Richtzeiten basieren auf einer Soll-Arbeitsgruppe von sechs Arbeitern inklusive Kranfahrer

ARH-Richtzeiten Std./to		waagrecht				senkrecht				
		trans- portieren	Mannzeit ver- legen	Σ	Platz- zeit	trans- portieren	Mannzeit ver- legen	Σ	Platz- zeit	
Grundwerte	∅ 6	0,222 kg/m	1,00	37,00	38,00	6,33	1,00	41,00	42,00	7,00
	∅ 8	0,395 kg/m		32,00	33,00	5,50		36,00	37,00	6,16
	∅ 10	0,617 kg/m		26,00	27,00	4,50		30,00	31,00	5,16
	∅ 12	0,888 kg/m		23,00	24,00	4,00		27,00	28,00	4,67
	∅ 14	1,210 kg/m	0,80	21,20	22,00	3,67	0,80	24,20	25,00	4,16
	∅ 16	1,580 kg/m		19,20	20,00	3,33		22,20	23,00	3,83
	∅ 18	2,000 kg/m		17,20	18,00	3,00		20,20	21,00	3,50
	∅ 20	2,470 kg/m		15,20	16,00	2,67		18,20	19,00	3,16
	∅ 22	2,980 kg/m	0,60	13,40	14,00	2,33	0,60	16,40	17,00	2,83
	∅ 25	3,850 kg/m		12,40	13,00	9,16		14,40	15,00	2,50
∅ 28	4,830 kg/m	11,40		12,00	9,00	12,40		13,00	2,16	
Zulage	Auf- oder Abladen	bearbeitet	–	–	0,80	0,26	–	–	0,80	0,26
	mit Kran	unbearbeitet	–	–	0,60	0,20	–	–	0,60	0,20

Abbildung 4.2: ARH Vorgabezeiten für das Verlegen von Stabstahl in flächigen Bauteilen¹²²

Abbildung 4.2 zeigt Richtwerte für das Verlegen von Stabstahl in flächigen Bauteilen. Die Werte liegen dabei abhängig vom Stabdurchmesser zwischen 11,40 und 37,00 Std./t. Der Transport der Bewehrung schlägt sich mit 0,60 bis 1,00 Std./t zu Buche.

Für das Verlegen von Betonstahlmatten in flächigen Bauteilen geben die Autoren Werte lt. Abbildung 4.3 an.

¹²¹ Vgl.: AUTORENGEMEINSCHAFT HOCHBAU: Handbuch Arbeitsorganisation Bau: 1.04 Richtzeiten Bewehrungsarbeiten; 1981; S. 30.

¹²² AUTORENGEMEINSCHAFT HOCHBAU: Handbuch Arbeitsorganisation Bau: 1.04 Richtzeiten Bewehrungsarbeiten; 1981; S. 32.

ARH-Richtzeiten Std./to		waagrecht				senkrecht			
		trans- portieren	Mannzeit		Platz- zeit	trans- portieren	Mannzeit		Platz- zeit
			ver- legen	Σ			ver- legen	Σ	
Grundwerte	bis 2,00 kg/m ²	1,00	33,00	34,00	5,66	1,00	37,00	38,00	6,33
	über 2,00 bis 3,00 kg/m ²		22,00	23,00	3,83		25,00	26,00	4,33
	über 3,00 bis 4,00 kg/m ²		17,00	18,00	3,00		19,00	20,00	3,33
	über 4,00 bis 6,00 kg/m ²	0,60	13,40	14,00	2,33	0,60	14,40	15,00	9,50
	über 6,00 bis 10,00 kg/m ²		10,40	11,00	1,83		11,40	12,00	9,00
	über 10,00 kg/m ²		8,40	9,00	1,50		9,40	10,00	1,67
Zulage	Ab- oder Aufladen mit Kran								
	bearbeitet	–	–	0,80	0,26			0,80	–
	unbearbeitet	–	–	0,60	0,20			0,60	–
	Schneiden Std/m	–	–	0,02	–	–	–	0,02	–
Abkanten Std/Kante	–	–	0,02	–	–	–	0,02	–	

Abbildung 4.3: ARH Richtzeiten für das Verlegen von Betonstahlmatten in flächigen Bauteilen¹²³

Die vorgegebenen Werte für das Verlegen liegen, abhängig vom Mattengewicht, zwischen 8,40 und 33,00 Std./t. Für das Transportieren werden Werte zwischen 0,60 und 1,00 Std./t angegeben.

Da die ARH-Richtzeiten deutlich über den Werten der nachfolgenden Quellen liegen, werden sie in weiterer Folge bei der Ermittlung von Soll-Werten nicht berücksichtigt.

¹²³ AUTORENGEMEINSCHAFT HOCHBAU: Handbuch Arbeitsorganisation Bau: 1.04 Richtzeiten Bewehrungsarbeiten; 1981; S. 36.

4.2.2 Aufwandswerte nach VÖBV

Der *Verband österreichischer Biege- und Verlegetechnik* definiert Aufwandswerte in Abhängigkeit von der Biegeform und dem Stabdurchmesser. Die angegebenen Werte gelten nur für das Verlegen von Stabstahl. Vorarbeiten wie z.B. Biegen und Schneiden von Bewehrungsstäben sind nicht berücksichtigt.


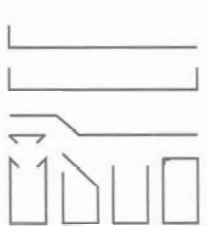

Gruppe	A gerade Stäbe	B einfach gebogen	C kompliziert gebogen
Beispiele			

Abbildung 4.4: Definition der Biegeformen¹²⁴

Abbildung 4.4 definiert die Biegeformen gerader Stab, einfach gebogener Stab sowie kompliziert gebogener Stab. Die Funktionen in Abbildung 4.5 basieren auf dieser Definition.

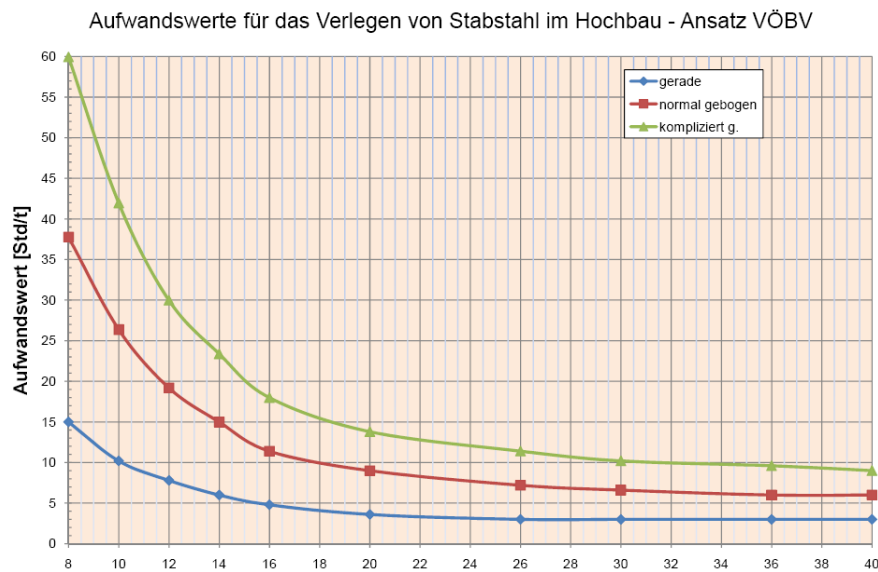


Abbildung 4.5: Aufwandswerte nach VÖBV in Abhängigkeit vom Stabdurchmesser und der Biegeform¹²⁵

Für die Ermittlung von Soll-Aufwandswerten empfiehlt es sich, den mittleren Stabdurchmesser, sowie die Aufteilung nach Biegeform zu

¹²⁴ FRITSCH G., BLASY R.: Bewehrungs Atlas – Eurocode ÖNorm EN 1992-1-1; ÖNorm B 1992-1-1; 2009; S. 143.

¹²⁵ HOFSTADLER Chr.: BEW nicht veröffentlicht

ermitteln. Danach kann ein Soll-Aufwandswert nach Formel 4.5 ermittelt werden:

$$AW_{VÖBV} = \frac{GS [\%] * AW_{GS} + NG [\%] * AW_{NG} + KG [\%] * AW_{KG}}{100 [\%]}$$

Formel 4.5: Errechnung des Aufwandswerts nach VÖBV

Dabei wird der prozentuale Anteil der jeweiligen Biegeformen mit dem zugehörigen Aufwandswert multipliziert. Abbildung 4.6 zeigt die Aufwandswerte in Abhängigkeit vom mittleren Stabdurchmesser und der Biegeform. Das Kürzel „KG“ steht für „kompliziert gebogen“, „NG“ für „normal gebogen“ und „GS“ für „gerader Stab“.

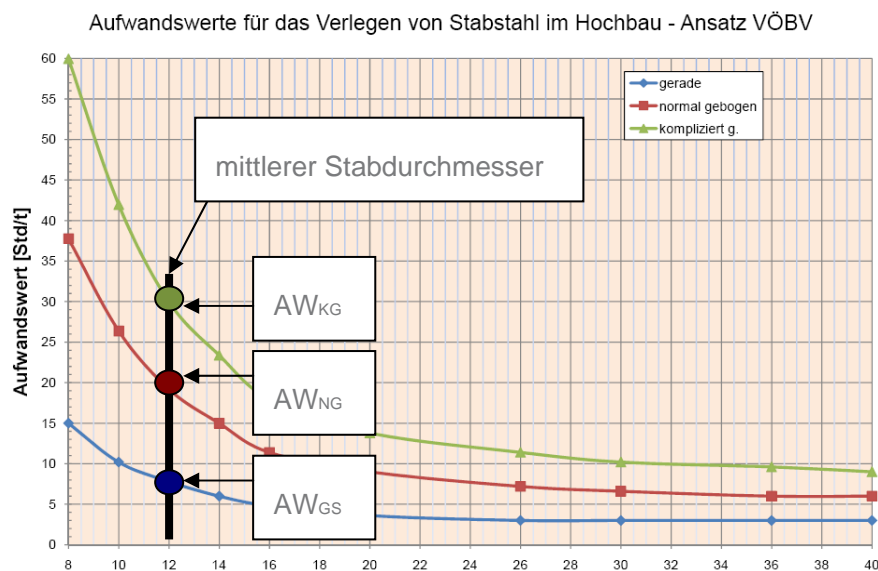


Abbildung 4.6: Definition der Aufwandswerte aus Formel 4.5

Für das Verlegen von Bewehrungsmatten sind von der VÖBV noch keine Aufwandswerte publiziert. Diesbezügliche Angaben erfolgen in Kürze.

4.2.3 Aufwandswerte nach Toffel

Toffel definiert Aufwandswerte für das Verlegen von Stabstahl in Abhängigkeit von der Bewehrungsdichte (Bewehrungsgrad) und dem Stabdurchmesser. Zusätzlich können Wetter (*w*), Mitarbeiterqualifikation (*q*), Gleichartigkeit der Bewehrungsstruktur (*b*), Einarbeitungseffekt (*e*), Bewehrungsabschnitte (*a*), Bauablauf (*s*), Betonstahlbereitstellung (*m*) und Planbeistellung (*p*) mittels Faktoren berücksichtigt werden.

Abbildung 4.7 zeigt Aufwandswerte in Abhängigkeit von Bewehrungsgrad und Stabdurchmesser. Die oben benannten zusätzlichen Faktoren können mittels Formel 4.6 berücksichtigt werden.

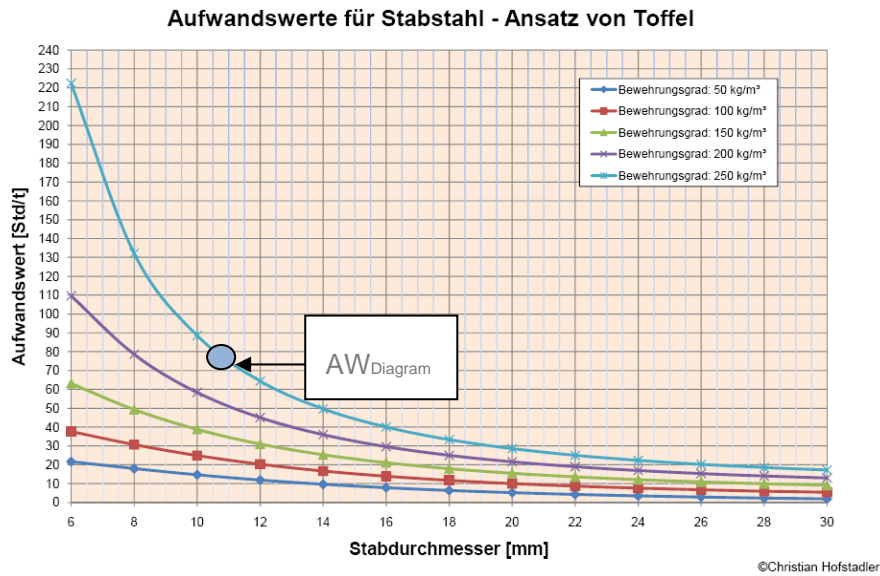


Abbildung 4.7: Aufwandswerte nach Toffel in Abhängigkeit vom Stabdurchmesser und Bewehrungsgrad¹²⁶

$$AW_{Toffel} = w * q * b * e * a * s * m * p * AW_{Diagram}$$

Formel 4.6: Aufwandswert nach Toffel¹²⁷

Da die Einflüsse nur vage definiert werden, werden sie zur späteren Ermittlung von Soll-Aufwandswerten nicht berücksichtigt. Als Vergleichswert soll $AW_{Diagram}$ dienen. Bei niedrigen Durchmessern steigen die Werte unrealistisch hoch an. Aus diesem Grund sind diese Funktionen nur eingeschränkt verwendbar.

Toffel beschäftigt sich nur mit dem Verlegen von Stabstahl. Aufwandswerte für das Verlegen von Baustahlmatten werden nicht angegeben.

¹²⁶ HOFSTADLER Chr.: BEW nicht veröffentlicht

¹²⁷ TOFFEL R.: Ein Bewehrungs-Leistungs-Nomogramm; 2001; S. 63.

4.2.4 Aufandswerte nach Platz

Platz gibt Aufandswerte für das Verlegen von Bewehrung in Abhängigkeit vom Stabdurchmesser und der Bauteilart an. Abbildung 4.8 zeigt diesen Zusammenhang für Stabstahl.

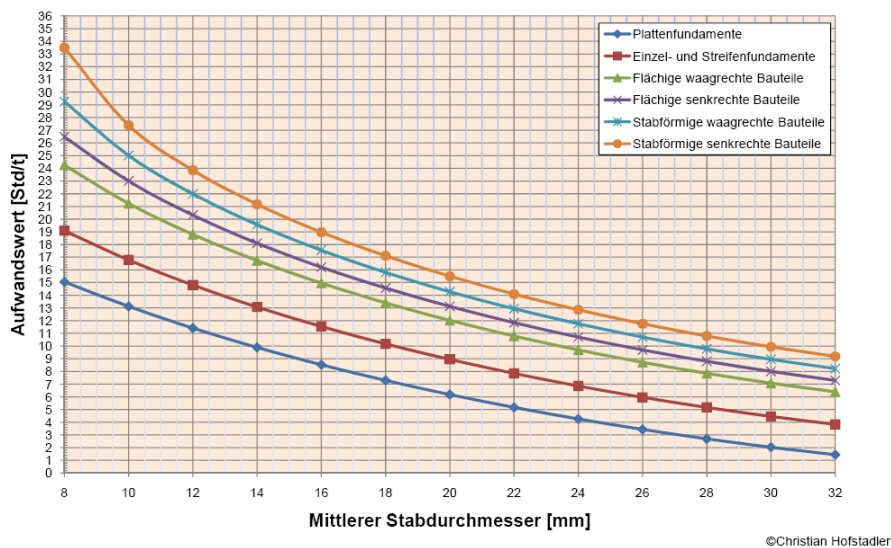


Abbildung 4.8: Aufandswerte nach Platz in Abhängigkeit von Stabdurchmesser und Bauteilform¹²⁸

Aufandswerte für das Verlegen von Matten - Ansatz von Platz

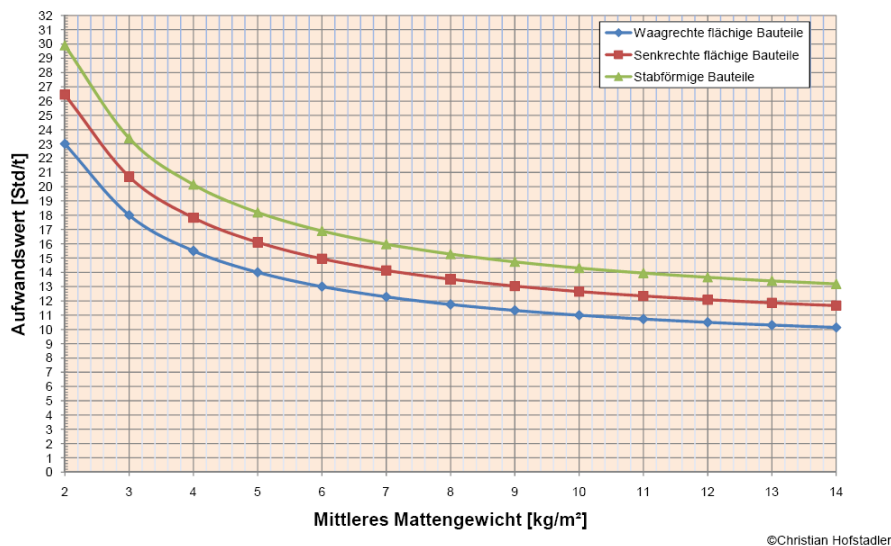


Abbildung 4.9: Aufandswerte nach Platz in Abhängigkeit von Mittlerem Mattengewicht und Bauteilform¹²⁹

¹²⁸ HOFSTADLER Chr.: BEW nicht veröffentlicht

¹²⁹ HOFSTADLER Chr.: BEW nicht veröffentlicht

Zusätzlich zu den Werten für das Verlegen von Stabstahl gibt *Platz* Werte für das Verlegen von Baustahlmatten an. Diese sind Abbildung 4.9 zu entnehmen. Die Aufwandswerte sind dabei vom mittleren Mattengewicht und der Bauteilform abhängig.

Um nun den Gesamtaufwandswert eines Bauteils, der mit Stab- und Mattenstahl bewehrt wird zu ermitteln, kann Formel 4.7 angewandt werden:

$$AW_{GES,Soll} = \frac{ST [\%] * AW_{ST,BT,Soll} + MA [\%] * AW_{MA,BT,Soll}}{100 [\%]}$$

Formel 4.7: Gesamtaufwandswert für Bauteil

Dabei wird der Stab-(ST) und Mattenstahlanteil (MA) mit den jeweiligen Aufwandswerten multipliziert.

4.2.5 Aufwandswerte nach *Fritsche/Blasy*

Im Bewehrungsatlas werden Bandbreiten für Aufwandswerte von Verlegearbeiten, abhängig von der Bauteilart angegeben. Dabei werden Streubereiche und die Tatsache ob es sich um einen kleinen oder großen Bauteil handelt, berücksichtigt. Abbildung 4.10 zeigt die Bandbreiten.

Bauteilart	Verlegeaufwand in Stunden pro Tonne [Std./to.]			
	5,00 Std./to	10,00 Std./to	15,00 Std./to	20,00 Std./to
Fundamentplatten	3,96 4,82	9,48 8,27		
Streifen- und Einzelfundamente	5,51 6,72	12,07 10,00		
Stützen	6,03 7,24	12,58 10,86		
Wände	6,03 7,06	12,58 10,69		
Decken, Stützen	4,82 6,03	11,38 10,00		
Balken	6,20 7,58	13,79 11,20		
Plattenbalken, Kassetten	5,51 7,06	12,58 10,86		
komplizierte Bauteile (z.B. gekrümmt)	7,24 8,45	16,20 14,85		
kleine Fertigteile		10,86		



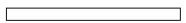
	große Bauteilabmessungen (dicke Stäbe) - Std./to Werte rot dargestellt
	kleine Bauteilabmessungen (dünne Stäbe) - Std./to Werte rot dargestellt
	Streubereiche - Std./to Werte grün dargestellt

Abbildung 4.10: Bandbreiten für Aufwandswerte nach Bauteilen gegliedert¹³⁰

Fritsche/Blasy geben an, dass durch den Einsatz von Baustahlgitter-Lagermatten der Aufwandswert im Durchschnitt um 45 % verkürzt werden kann. Durch den Einsatz von Sonderelementen kann die Verkürzung bis zu 70 % betragen.¹³¹

¹³⁰ FRITSCH G., BLASY R.: Bewehrungs Atlas – Eurocode ÖNorm EN 1992-1-1; ÖNorm B 1992-1-1; 2009; S. 146.

¹³¹ Vgl. FRITSCH G., BLASY R.: Bewehrungs Atlas – Eurocode ÖNorm EN 1992-1-1; ÖNorm B 1992-1-1; 2009; S. 145.

5 Konzept zur Baustellenanalyse

Die theoretischen Grundlagen aus den vorigen Abschnitten müssen in weiterer Folge umgewandelt und für die Analyse von Bewehrungsarbeiten angepasst werden.

Für die Reproduzierbarkeit der Daten müssen außerdem die wesentlichen Einflussgrößen für das Verlegen von Deckenbewehrung analysiert werden.

5.1 Einflussgrößen für das Verlegen von Bewehrung

Ziel dieser Analyse ist es, möglichst alle auftretenden Einflussgrößen festzulegen, welche die Produktivität bei der Bewehrungsverlegung erhöhen oder vermindern. Mithilfe der gewonnenen Erkenntnisse und eines vom Institut für Baubetrieb und Bauwirtschaft vorgegebenen Hilfsblatts sollen möglichst alle Einflüsse und Randbedingungen beschrieben werden.

Das Hilfsblatt entspricht einem Muster und ist für alle Baustellen gleich.

Einige der ermittelten Einflussgrößen sind in der Literatur behandelt und können quantitativ und qualitativ bewertet werden (z.B. Einfluss des Stabdurchmessers auf die Verlegeleistung). Auswirkungen anderer Einflüsse auf die Produktivität (z.B. Motivation der Arbeiter) können vom Beobachter jedoch nur geschätzt werden. Kapitel 7 wird Methoden aufzeigen, wie Aufwandswerte unter Berücksichtigung diverser Einflüsse bereinigt werden können.

Als Basis für die Ermittlung von Einflussgrößen wurden von Hand aufgezeichnete Aufstellungen aus dem Jahr 1975 herangezogen. Die Gliederung erfolgte nach eigenem Ermessen.

5.1.1 Allgemeine Einflussgrößen

Bewehrungsarbeiten werden von folgenden allgemeinen Randbedingungen beeinflusst:

- Geographische Lage des Bauvorhabens
- Gesamtkosten des Bauwerks
- Baukosten
- Bauweise/Bauart
- Gesamtbewehrungsmenge
- Bewehrungs-Auftragsgröße
- Abmessungen der Baustelle
- Schwierigkeitsgrad des Bauvorhabens
- Organisationsaufwand
- Beschaffenheit der Baustellenzufahrt

5.1.2 Einflussgrößen von Personal und Betriebsmittel

Personen und betriebsmittelspezifische Einflussgrößen sind:

- Allgemeine Arbeitsordnung
- Bauleiter
- Polier
- Kranfahrer
- Abnahmepersonal
- Anzahl der Arbeitskräfte
- Zahl der zusammenarbeitenden Parteien
- Partiegroße und Zusammensetzung
- Einübung der Arbeiter
- Motivation der Arbeiter
- Umwelteinflüsse
- Baustellenausrüstung
- Art des Materialtransports
- Anzahl der eingesetzten Krane
- Leistungsfähigkeit der Krane
- Stadium der Baustelle (Anlaufphase, Hauptbauzeit, Auslaufphase) -> Einarbeitung

5.1.3 Einflussgrößen der Baustellenlogistik

Wie im Kapitel 2.1.4 beschrieben, stellen Bewehrungsarbeiten besondere Anforderungen an die Baustellenlogistik. Besonderen Einfluss haben dabei:

- Menge des zu lagernden Materials
- Lagerplatzgröße
- Beschaffenheit des Lagerplatzes
- Anzahl der Lagerplätze
- Ordnung auf dem Lagerplatz
- Entfernung des Lagerplatzes zur Einbaustelle
- Kommunikation zwischen Lagerplatz und Einbaustelle

5.1.4 Bauteilspezifische Einflussgrößen

Bauteilspezifische Einflussgrößen sind:

- Deckenart
- Geometrie der Decke
- Fertigungsabschnitte je Decke
- Anzahl der gleichen Bauteile im Bauwerk
- Bewehrungsgrad der Decke
- Anzahl der erforderlichen Bewehrungspläne zum Bewehren eines Bauteils
- Einbauteile im Bauteil

5.1.5 Einflussgrößen der Einbaustelle

Die Einbaustelle betreffend können folgende Einflüsse maßgebend sein:

- Lage der Einbaustelle
- Fläche der Einbaustelle
- Anzahl der Einbaustellen
- Schalungssystem
- Erforderliche Hilfsmittel
- Arbeitssicherheit

5.1.6 Einflussgrößen der Einbauart

Abhängig von der Einbauart (z.B. Stabstahl oder Mattenstahl) sind folgende Faktoren wichtig:

- Einbauweise
- Vorgegebene Mindest- oder Höchstverlegemenge
- Anzahl der vorangegangenen Verlegeeinsätze
- Vorfertigungsanteil

5.1.7 Einflussgrößen des Konstruktionsbüro und der Biegefirma

Einflussgrößen von Konstruktionsbüro und der Biegefirma sind:

- Planqualität und Planvorlauf
- Biegequalität
- Auslieferungsfehler
- Schneidefehler

5.1.8 Einflussgrößen der Bewehrung

Wesentliche Einflüsse ergeben sich durch die Bewehrung selbst. Vor allem der Stabdurchmesser und die Biegeform haben erheblichen Einfluss auf die Produktivität von Bewehrungsarbeiten.

- Bewehrungsart
- Positionsanzahl
- Anzahl der Unterpositionen
- Stück pro Position
- Durchmesser bei Stabstahl
- Mattengewicht bei Bewehrungsmatten
- Länge der Einzelstäbe
- Biegeform
- Stababstand
- Zustand der Bewehrung
- Knotenanzahl
- Schrägeisenanteil (z.B. schräge Bügel als Durchstanzbewehrung)
- Abstandhalter (z.B. Bauart, Größe)
- Bewehrungsgrad

5.1.9 Einflussgrößen der Verlegefirma

Abhängig von den Verlegebetrieben ergeben sich folgende Einflussgrößen:

- Terminplanung
- Arbeitsvorbereitung
- Informationsgrad
- Überwachungsintensität durch Vorgesetzte

5.1.10 Unvorhersehbare Einflüsse

Unvorhersehbare Einflüsse bzw. Umwelteinflüsse sind:

- Maschinenschäden
- Kranwartezeiten
- Planfehler
- Fehleraufklärung
- Witterungsumstände
- Unfälle
- Sonstige Unterbrechungen

5.2 Auswahl der Zeitaufnahmemethoden

Bewehrungsarbeiten sind, wie die meisten Arbeiten auf Baustellen, Gruppentätigkeiten. Um später einen repräsentativen Aufwandswert ermitteln zu können, müssen alle Beteiligten, die bei der Herstellung der Bewehrung involviert sind, beobachtet werden.

Eine Messung der Einzelzeiten/Fortschrittszeiten ist für einen Beobachter praktisch nicht durchführbar. Aus diesem Grund wird für die Observationen die Multimomentaufnahme gewählt (Beschreibung siehe Kapitel 3.5). Die Genauigkeit einer solchen Aufnahme hängt dabei erheblich von der Anzahl der Messungen ab.

Zur Beurteilung einzelner Detailabläufe sowie zur nachträglichen Korrektur von Aufnahmefehlern wird der Arbeitsplatz zusätzlich mit Hilfe einer Videokamera gefilmt.

5.2.1 Erforderlicher Beobachtungsumfang

Das Beobachtungsintervall ergibt sich aus der Anzahl der erforderlichen Beobachtungen. Diese Anzahl kann vor Beginn der Zeitaufnahmen nur geschätzt werden, da der prozentuale Anteil der einzelnen Ablaufarten nicht bekannt ist.

Abbildung 5.1 zeigt den Zusammenhang lt. Formel 3.12 grafisch. Auf ihr ist der exponentielle Anstieg ersichtlich, der für Vertrauensbereiche unter 5 % eine erhebliche Zunahme der erforderlichen Beobachtungen bedeutet.

Aufgrund dieser Tatsache und aufgrund der Anzahl der beobachteten Projekte wird für die Auswertungen ein Vertrauensbereich von 5 % angestrebt. Dies bedeutet also, dass die Ergebnisse mit einer Wahrscheinlichkeit von 95 % zu +/- 5 % genau sind.

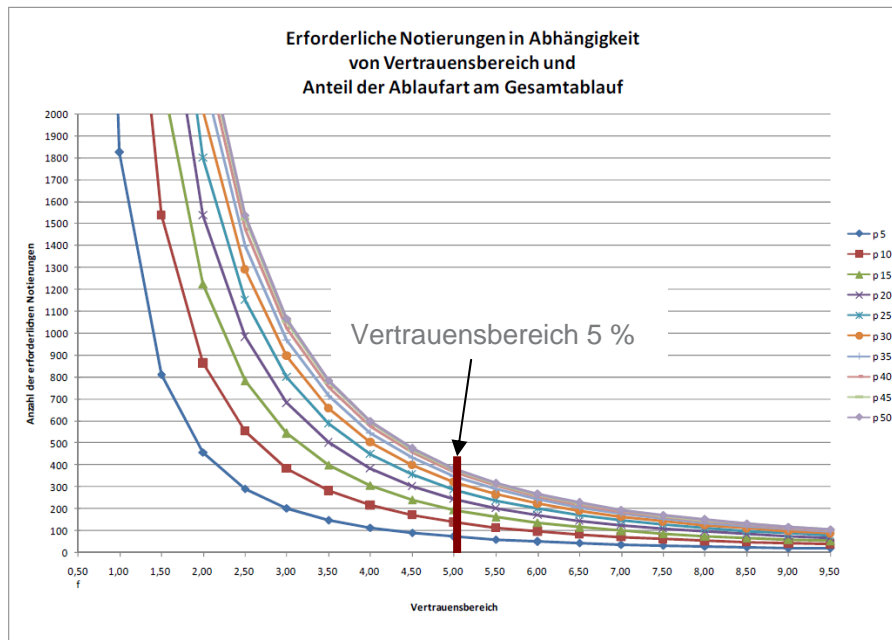


Abbildung 5.1: Darstellung der erforderlichen Messungen in Abhängigkeit vom Vertrauensbereich und dem Anteil der Ablaufarten

Aus Abbildung 5.1 ist ersichtlich, dass für den geforderten Vertrauensbereich zwischen hundert und vierhundert Messungen erforderlich sind. Bei neun Arbeitsstunden pro Tag ergeben sich bei einem Messintervall von fünf Minuten 108 Messungen pro Tag und Arbeiter.

Der erforderliche Beobachtungsumfang wird in weiterer Folge vor Ort abgeklärt, wenn bekannt ist, wie viele Arbeiter für das Bewehren von einzelnen Deckenabschnitten eingesetzt werden. Jeweiliges Zwischenauswerten wird zeigen, ob weitere Beobachtungen zum Erreichen der Ziele erforderlich sein werden oder nicht.

5.3 Ablaufarten bei Verlegearbeiten

Im Vorfeld der Beobachtungen erfolgt eine Untersuchung der zu erwartenden Vorgänge. *REFA* bietet diesbezüglich eine Gliederung nach Ablaufarten an, die als Grundlage für die nachfolgende Einteilung dient.

Die ermittelten Ablaufarten werden auf einem Datenerhebungsblatt festgehalten (Datenerhebungsblatt siehe Anhang).

5.3.1 Haupttätigkeiten (MH)

Haupttätigkeiten bei Bewehrungsarbeiten sind das Verlegen der Bewehrungselemente durch Auflegen oder Einfädeln, sowie das Flechten (befestigen der Bewehrung). Abhängig von der Art der Decke und der Art der Bewehrung können für das Verlegen von Deckenbewehrung folgende Haupttätigkeiten definiert werden.

Haupttätigkeit: Verlegen der Deckenbewehrung

Das Verlegen von Stabstahl- und Mattenbewehrung wird dabei gesondert erfasst. Bei der Verlegung von Matten spielt die Bewehrungsausrichtung (Hauptbewehrung oder Querbewehrung) keine Rolle.

Prinzipiell unterscheidet man beim Verlegen zwischen Auflegen der Bewehrung (Abbildung 5.2) und Einfädeln der Bewehrung. Das Einfädeln kommt in der Ausführung äußerst selten vor, da es, verglichen mit dem Auflegen, wesentlich umständlicher durchzuführen ist.

- Auflegen/Einfädeln der unteren Hauptbewehrung
z.B. Bewehrung im Feld



Abbildung 5.2: Beispiel für das Auflegen der unteren Hauptbewehrung

- Auflegen/Einfädeln der unteren Querbewehrung
- Auflegen/Einfädeln der oberen Hauptbewehrung
z.B. Bewehrung über Stützstellen, Bewehren über Auflager
- Auflegen/Einfädeln der oberen Querbewehrung
- Auflegen/Einfädeln der unteren Bewehrung (Bewehrungsmatte)
- Auflegen/Einfädeln der Schubbewehrung

- Auflegen/Einfädeln der oberen Bewehrung (Bewehrungsmatte)



Abbildung 5.3: Beispiel für das Auflegen von Bewehrungsmatten

- Auflegen/Einfädeln der Anschlussbewehrung (z.B. für Stützen oder Wände)



Abbildung 5.4: Beispiel für das Einfädeln der Anschlussbewehrung

- Auflegen/Einfädeln der Randbügel

Randbügel sind konstruktive Bewehrungsbügel an den Plattenrändern. Abbildung 5.5 zeigt einen Arbeiter beim Auflegen von einzelnen Randbügel. Zur Einsparung von Arbeitszeit können auch vorgefertigte Elemente, bei denen mehrere Randbügel zusammengefasst sind, verlegt werden (siehe Abbildung 5.6).



Abbildung 5.5: Arbeiter beim Verlegen von einzelnen Randbügel



Abbildung 5.6: Zusammengefasste Randbügel als vorgefertigte Elemente

- Auflegen/Einfädeln sonstiger Bewehrung

Kann eine Bewehrungsart nicht genau zugeordnet werden, wird sie als sonstige Bewehrung deklariert.

Haupttätigkeit: Flechten der Deckenbewehrung

Unter Flechten versteht man das Befestigen der Bewehrung mittels Drahtstücken (oft auch als flechten bezeichnet). Draht wird dabei um das Handgelenk gewickelt (vorbereitet) und danach stückweise um die Kreuzungspunkte der Bewehrungsstäbe gelegt, mittels Zange festgezogen, zusammengedreht und danach abgezwickelt. Abbildung 5.7 zeigt einen Arbeiter beim Flechten.



Abbildung 5.7: Arbeiter beim Flechten

Für die Aufnahmen wurden folgende Arten unterschieden:

- Flechten der unteren Bewehrungslage
- Flechten der oberen Bewehrungslage

Haupttätigkeit: Verlegen der Trägerbewehrung

Im Zuge der Aufnahmen wird auch die Verlegung einer Plattenbalkendecke beobachtet. Da sich für das Verlegen von Trägern andere Aufwandswerte einstellen werden, wird das Auflegen/Einfädeln der Bewehrung gesondert erfasst.



Abbildung 5.8: Arbeiter beim Bewehren eines Trägers

Die Arbeiten können folgendermaßen gegliedert werden:

- Auflegen/Einfädeln der Stabbewehrung
- Auflegen/Einfädeln der Schubbewehrung (Bügel)
- Auflegen/Einfädeln sonstiger Bewehrung

Haupttätigkeit: Flechten der Trägerbewehrung

Das Flechten der Trägerbewehrung wird unterteilt in:

- Flechten der Stabbewehrung
- Flechten der Schubbewehrung

5.3.2 Nebentätigkeiten (MN)

Die Nebentätigkeiten werden in zwei Obergruppen unterteilt. Dabei werden Tätigkeiten vor der Arbeitsaufnahme und Tätigkeiten während der Arbeit unterschieden.

Tätigkeiten vor der Arbeitsaufnahme

Diese Übergruppe definiert Arbeiten, die vor Beginn der Arbeiten von Bewehrern durchgeführt werden.

- Weg zum Arbeitsplatz

Vor allem auf größeren Baustellen kann der Weg zum Arbeitsplatz vor Beginn der Arbeiten oder nach Pausen mehrere Minuten beanspruchen.

- Besprechung mit Polier

Sind vor Beginn der Arbeiten Detailfragen mit dem Polier abzuklären, so fallen sie in diese Rubrik.

- Werkzeug vorbereiten

Werkzeug (z.B. Draht, Schere), welches vor Beginn der Arbeiten vorbereitet wird.

- Planeinsicht

Im Vergleich zum Planstudium (siehe Nebentätigkeit während der Arbeit), fällt unter Planeinsicht das Planlesen vor Beginn der Arbeiten.

*Gute Vorarbeiter beschäftigen sich bereits Tage vor Beginn der Verlegearbeiten mit dem Plan, um eventuelle Problemstellen frühzeitig zu erkennen.*¹³²

- Besprechung mit Kranfahrer

- Lagerplatz begutachten

In der Regel wird die Bewehrung kurz vor Beginn der Verlegearbeiten auf die Baustelle geliefert. Kommt sie allerdings früher, kann es vorkommen, dass sie länger am Lagerplatz liegt. Ist dies der Fall, kann es für Arbeiter notwendig sein, sich wieder einen Überblick über die Positionen verschaffen zu müssen.

¹³² Zitat eines Poliers auf der Baustelle

Tätigkeiten während der Arbeit

Sind alle Nebentätigkeiten, die nach Beginn der Arbeiten im Zuge des Bewehrns durchgeführt werden. Diese sind:

- Vorbereiten der Anschlussbewehrung

Sind Anschlussbewehrungen vorhanden (z.B. vom vorigen Deckenabschnitt oder von Fertigteilen), ist es nötig, diese in die richtige Position zu biegen oder gleich zu schneiden, um mit der neu verlegten Bewehrung anschließen zu können. Abbildung 5.9 zeigt einen Arbeiter, der die Anschlussbewehrung von Parapetfertigteilen zurechtbiegt.



Abbildung 5.9: Arbeiter beim Vorbereiten der Anschlussbewehrung

- Auflegen/Einfädeln der Abstandhalter

Darunter fallen Arbeiten für das Auflegen/Einfädeln der Abstandhalter unten (zum Erreichen der Betondeckung) und das Auflegen/Einfädeln der Abstandhalter zwischen oberer und unterer Bewehrungslage (Distanzstreifen).



Abbildung 5.10: Arbeiter beim Verlegen von Abstandhaltern

- Planstudium

Abbildung 5.11 zeigt einen Arbeiter beim Planstudium, während der Verlegearbeiten.



Abbildung 5.11: Vorarbeiter beim Planstudium

- Markieren der Stababstände

Sind keine Anhaltspunkte in regelmäßigen Abständen vorhanden (z.B. Anschlussbewehrung), so müssen die Stababstände vor dem Verlegen auf der Schalung gekennzeichnet werden. Abbildung 5.12 zeigt einen Arbeiter, der Mithilfe eines Bleistifts und eines Maßstocks die Abstände markiert. Bei Verwendung von vorgeschweißten Elementen ist eine Markierung nicht erforderlich.



Abbildung 5.12: Arbeiter beim markieren von Stababständen

- Markieren der Bügelabstände

Bei der Herstellung von Trägergeflechtem werden die Bügelabstände auf den Längsbewehrungsstäben aufgetragen, um die erforderlichen Abstände einzuhalten.

- Nachmessen

Im Zweifelsfall ist es erforderlich, den Bügel- oder Stababstand zu kontrollieren bzw. nachzumessen.

- Bewehrung am Lagerplatz vorbereiten

Die Lagerung der Bewehrung erfolgt auf dem Lagerplatz. Dabei werden die Bewehrungspakete beim Abladen vom LKW bereits mehr oder weniger sorgfältig nach Positionen sortiert. Der Transport der Pakete vom Lagerplatz zur Einbaustelle erfolgt über einen Kran. Das Anschlagen an diesen und die sonstige Vorbereitung der Pakete für den Transport vom Lagerplatz wird unter diesem Punkt aufgezeichnet.

- Bewehrung am Arbeitsplatz vorbereiten

Darunter fallen das Lösen der Pakete sowie das Vorbereiten von z.B. Randbügel an der Einbaustelle. Abbildung 5.13 zeigt zwei Arbeiter beim Vorbereiten der Bewehrung.



Abbildung 5.13: Arbeiter beim Vorbereiten der Bewehrung am Arbeitsplatz

- Bewehrung zum Arbeitsplatz transportieren (ohne Kran)

Kann Bewehrung aufgrund von wenig Kranverfügbarkeit nicht mit einem Hebezeug zur Einbaustelle transportiert werden, so muss diese Tätigkeit durch die Arbeitskräfte erfolgen. Dies gilt auch für Bewehrung, die in weiteren Entfernungen als üblich von der Einbaustelle zwischengelagert wird. Abbildung 5.14 verdeutlicht dies.



Abbildung 5.14: Transport der Bewehrung zur Einbaustelle (ohne Kran)

- Bewehrung zum Arbeitsplatz transportieren (mit Kran)

Der Transport der Bewehrung erfolgt idealerweise durch den Kran. Abbildung 5.15 zeigt einen Vorarbeiter bei dieser Tätigkeit. Er bereitet die Bewehrung dabei so vor, dass sie von den anderen Arbeitern nur noch verlegt werden muss.



Abbildung 5.15: Vorarbeiter der Bewehrung mit Kranunterstützung vorbereitet

- **Werkzeug holen**
Definiert das Holen von Werkzeugen aller Art (z.B. neue Zange, Bewehrungsschere).
- **Sonstiges Material holen**
Unter sonstiges Material fallen alle Materialien, die keine Bewehrung sind (z.B. Draht zum Flechten).
- **Nacharbeiten an der Bewehrung**
Gibt es Probleme beim Einfädeln der Trägerbewehrung, so kann eine Nachbearbeitung erforderlich sein.
- **Einheben der Trägerbewehrung**
Das Einheben der Trägerbewehrung erfolgt mit Kranunterstützung.
- **Draht zum Flechten vorbereiten**
Wie vorhin beschrieben, wickeln sich Bewehrungsarbeiter Draht für das Flechten um die Hand. Abbildung 5.16 zeigt einen Arbeiter, der sich Draht fürs Flechten vorbereitet.

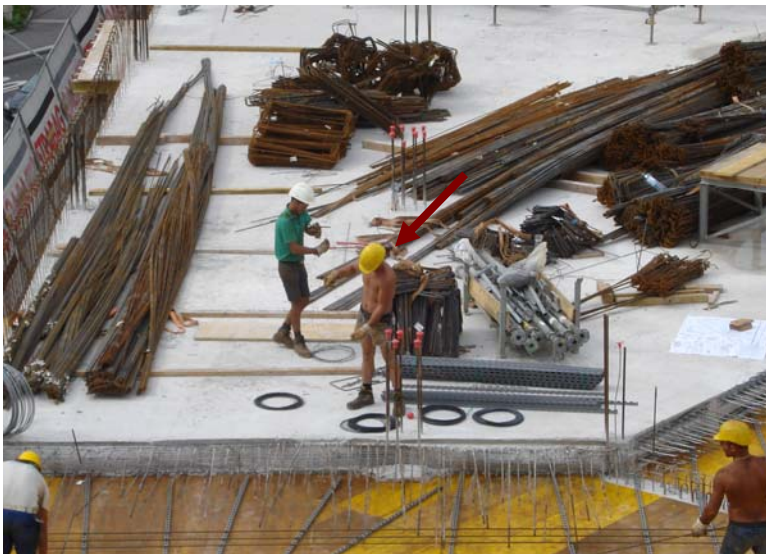


Abbildung 5.16: Arbeiter der Draht zum Flechten vorbereitet

- **Bewehrung schneiden**
Vor allem beim Verlegen von Mattenstahl und Elementbewehrung muss öfters geschnitten werden. Einfluss auf die Häufigkeit hat auch die Anzahl der Aussparungen der Decke.
- **Arbeitsplatz aufräumen**
Darunter fallen Arbeiten wie das Beseitigen von Bewehrungsresten nach Beendigung der Arbeiten.

5.3.3 Zusätzliche Tätigkeiten (MZ)

Unter die zusätzlichen Tätigkeiten fallen allgemeine Nacharbeiten. Im Zuge der Beobachtungen musste auf der Baustelle in Graz ein Iso-Korb entfernt werden, da es sonst nicht möglich gewesen wäre, die obere Hauptbewehrung einzufädeln. Das Entfernen und neu Versetzen wurde als zusätzliche Tätigkeit notiert.

5.3.4 Ablaufbedingte Unterbrechungen (MA)

Darunter fallen folgende Unterbrechungen:

- Besprechung mit Polier
- Besprechung mit Vorarbeiter
- Besprechung mit Kranfahrer
- Besprechung mit Kollegen
- Warten auf Kran/Last
- Warten auf Kollegen

Warten auf Kollegen kommt z.B. vor, wenn Bewehrung von zwei Arbeitern verlegt und von einem Dritten geflechtet wird. Ist der dritte Bewehrter mit dem Flechten fertig, bevor die beiden anderen die nächsten Stäbe verlegt haben, so muss er warten.

5.3.5 Störungsbedingte Unterbrechungen (MS)

Störungsbedingte Unterbrechungen sind:

- Warten auf Material
- Material suchen
- Klärung fehlender Maßangaben
- Kleidung adjustieren
- Warten auf Kran
- Warten auf Anweisung

5.3.6 Erholungsbedingte Unterbrechungen (ME)

Darunter fallen:

- Trinken
- Essen
- Überblicken/Durchatmen
- Sonstige Pausen

5.3.7 Persönlich bedingte Unterbrechungen (MP)

Persönlich bedingte Unterbrechungen sind:

- Gang zur Toilette
- Rauchen
- Gespräch mit Kollegen
- Telefongespräch

5.3.8 Nicht erkennbare Tätigkeiten

Nicht alle Tätigkeiten auf Baustellen sind sichtbar. Vor allem bei größeren Verlegevorhaben mit mehreren Arbeitern ist es nicht immer möglich, jedem Einzelnen zu folgen. Geht z.B. eine Arbeitskraft zur Toilette oder Verpflegung besorgen, kann auf größeren Baustellen nicht überprüft werden, ob dem wirklich so ist.

5.4 Messung der Kranbindung

Da die Kranverfügbarkeit Einfluss auf die Produktivität von Bewehrungsarbeiten hat, ist es erforderlich, den Kraneinsatz für die Bewehrungsarbeiten zu messen.

Als Aufnahmeverfahren dient ein vereinfachter Aufnahmebogen, bei dem wie bei der Multimomentaufnahme festgehalten wird, ob der Kran für Bewehrungsarbeiten beansprucht wird oder andere Tätigkeiten ausübt bzw. brach liegt. Aus der Messung ergibt sich die Betriebsmittelgrundzeit. Von ihr muss lt. Abbildung 5.17 auf die Betriebsmittelzeit hochgerechnet werden.

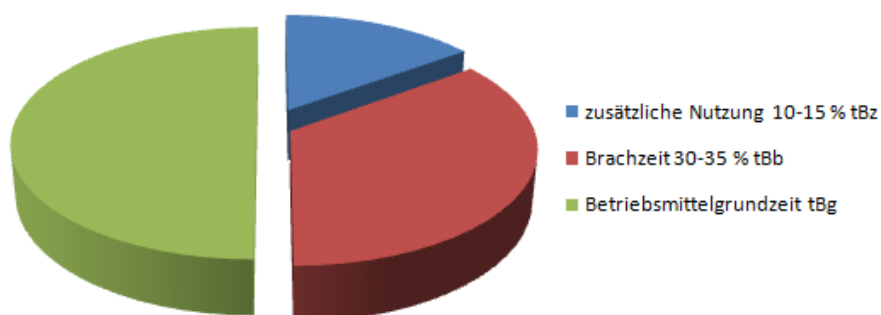


Abbildung 5.17: Zusammensetzung der Betriebsmittelzeit¹³³

¹³³ Vgl. HOFSTADLER Chr.: Bauablaufplanung und Logistik im Baubetrieb; 2007; S. 166.

$$t_B[h] = t_{Bg} + t_{Bz} + t_{Bb}$$

Formel 5.1: Betriebsmittelgrundzeit

Um eine Vergleichbarkeit der Baustellen untereinander herstellen zu können, wird die Betriebsmittelgrundzeit auf die eingebaute Menge bezogen. Dies ergibt lt. Formel 5.2:

$$[KStd / t] = \frac{t_B[h]}{\text{Einbauleistung [t]}}$$

Formel 5.2: Ermittlung der bezogenen Kranzeit

5.5 Ziel der Auswertungen

Ziel der Auswertung sind Aufwandswerte für die einzelnen Baustellen. Dabei sollen zur weiteren Vergleichbarkeit folgende Werte separat ermittelt werden:

- Gesamtaufandswert je Bauteil $AW_{GES,BT}$
- Aufwandswert für das Verlegen von Stabstahl je Bauteil $AW_{ST,BT}$
- Aufwandswert für das Verlegen von Mattenstahl je Bauteil $AW_{MA,BT}$
- Aufwandswert für das Verlegen der Trägerbewehrung bei Plattenbalkendecken je Bauteil $AW_{TR,BT}$

Gesamtaufandswerte für einzelne Baustellen und ein Gesamtaufandswert für alle Projekte müssen nach einem speziellen Verfahren ermittelt werden, da wesentliche Einflüsse von den ermittelten Werten getrennt werden müssen. Näheres dazu ist Kapitel 7 zu entnehmen.

Die Zusammensetzung der Aufwandswerte (Haupttätigkeit, Nebentätigkeit, etc.) soll im Zuge der Auswertungen ebenso ermittelt werden.

6 Auswertungen der Baustellenbeobachtungen

In Kapitel 6 werden die Ergebnisse und gewonnene Erkenntnisse der Beobachtungen wiedergegeben. Eine nach Baustellen getrennte Gliederung erscheint sinnvoll, zumal sich die einzelnen Bauwerke erheblich voneinander unterscheiden. Auftretende Gemeinsamkeiten, vor allem beim Arbeitssystem, werden im Punkt „Gemeinsamkeiten im Arbeitssystem“ beschrieben.

Bei der Auswahl der zu beobachtenden Projekte wurde darauf geachtet, möglichst unterschiedliche Bauvorhaben zu wählen. So wurden im Zuge der Aufnahmen Flachdecken und Unterzugdecken bewehrt mit Stabstahl und/oder Mattenstahl, aber auch Bewehrungselementen beobachtet.

6.1 Gemeinsamkeiten im Arbeitssystem

Während sich im Makro-Arbeitssystem abhängig von der Größe der Baustellen erhebliche Unterschiede ergeben, können im Mikro-System der Bewehrungsarbeiten Gemeinsamkeiten festgestellt werden.

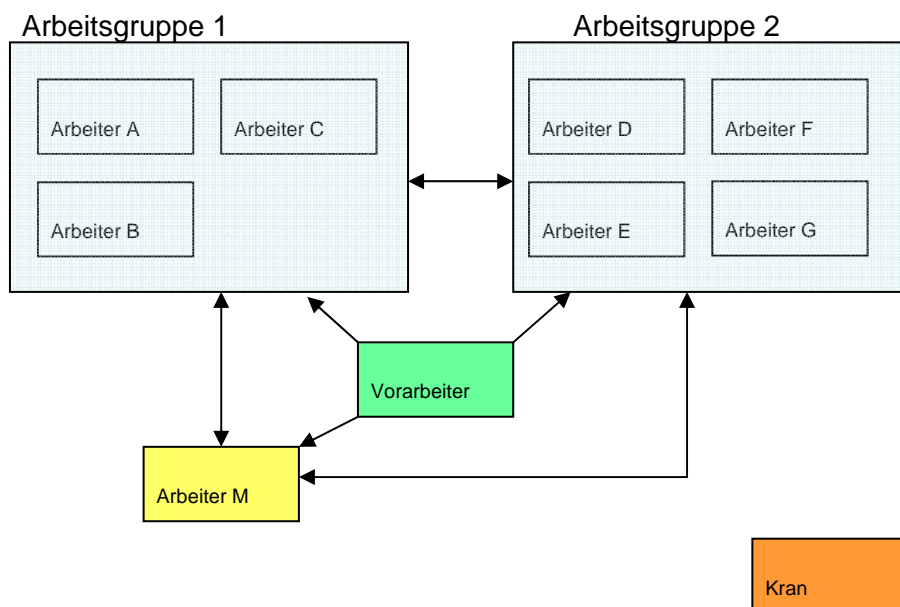


Abbildung 6.1: System der Bewehrungsarbeiten

Abbildung 6.1 zeigt das System, das im Zuge der Beobachtungen an den Baustellen ermittelt werden konnte. Prinzipiell bildeten sich an den Decken, abhängig von der Anzahl der Bewerher eine oder mehrere Arbeitsgruppen aus. Der Vorarbeiter übernahm auf den größeren Baustellen überwiegend organisatorische und administrative Tätigkeiten

wie z.B. Vorbereiten der Bewehrung, und schloss sich bei Bedarf an eine Arbeitsgruppe an. Der gelb markierte Arbeiter pendelte zwischen Decke und Lagerplatz, um die Bewehrung für den Krantransport zur Einbaustelle vorzubereiten. Nach dem Beenden der Tätigkeiten am Lagerplatz machte er sich wieder auf den Weg zur Decke, um sich in eine Arbeitsgruppe einzugliedern.

6.1.1 Arbeitsgruppen

Die Größe einer Arbeitsgruppe wird überwiegend von der Herstellform der einzubauenden Bewehrung bestimmt. So wird z.B. kurzer Stabstahl von zwei Arbeitern verlegt und von einem befestigt (siehe Abbildung 6.1; Arbeitsgruppe 1). Aufgrund der Durchbiegung und des Gewichts werden für das Verlegen von längeren Stabstahlteilen drei Bewehrer benötigt (siehe Abbildung 6.1; Arbeitsgruppe 2). Der vierte Mann befestigt die Stäbe.

Matten werden meist von drei bis vier Arbeitskräften verlegt. Das Flechten erfolgt entweder direkt nach dem Auflegen von denselben Bewehrern oder aber von einem fünften Mann. Das Verlegen von Elementbewehrung erfolgt auf die gleiche Art und Weise. Zusätzlich anfallende Arbeiten beim Verlegen von Matten- und Elementbewehrung, wie z.B. Schneiden, werden in den Arbeitsgruppen untereinander aufgeteilt.

Die ideale Größe einer Bewehrungspartie hängt also von der Organisation in den Arbeitsgruppen ab. Als Indikator kann der Wert für das ablaufbedingte „Warten auf Kollegen“ herangezogen werden.

6.2 Baustelle: Park and Ride Anlage Wien, Aderklaaerstrasse

Zu Beginn wurden die Arbeiten an einem Industrieobjekt beobachtet. Das Gebäude soll den Pendlern eine Möglichkeit bieten, ihr Auto in direkter Nähe zur U-Bahn abzustellen. Die Beobachtungen der Bewehrungsarbeiten wurden im letzten von sechs Obergeschossen durchgeführt. Das Projekt befand sich also in der Auslaufphase.

Die wichtigsten Eckdaten können dem Projektdatenblatt aus dem Anhang entnommen werden. Abbildung 6.2 zeigt eine Visualisierung des Bauvorhabens.



Abbildung 6.2: Visualisierung der Park and Ride Anlage¹³⁴

Insgesamt standen auf der Baustelle vier Turmdrehkrane zur Verfügung. Als Schalungssystem wurden Deckentische verwendet.

¹³⁴ Bautafel FA. Östu Stettin

6.2.1 Arbeitsorganisation auf der Baustelle

Die Organisation der Baustelle ist in Abbildung 6.3 hierarchisch dargestellt.

Anzumerken ist, dass ein großer Teil der Arbeiten an SUB-Unternehmer weitervergeben wurde.

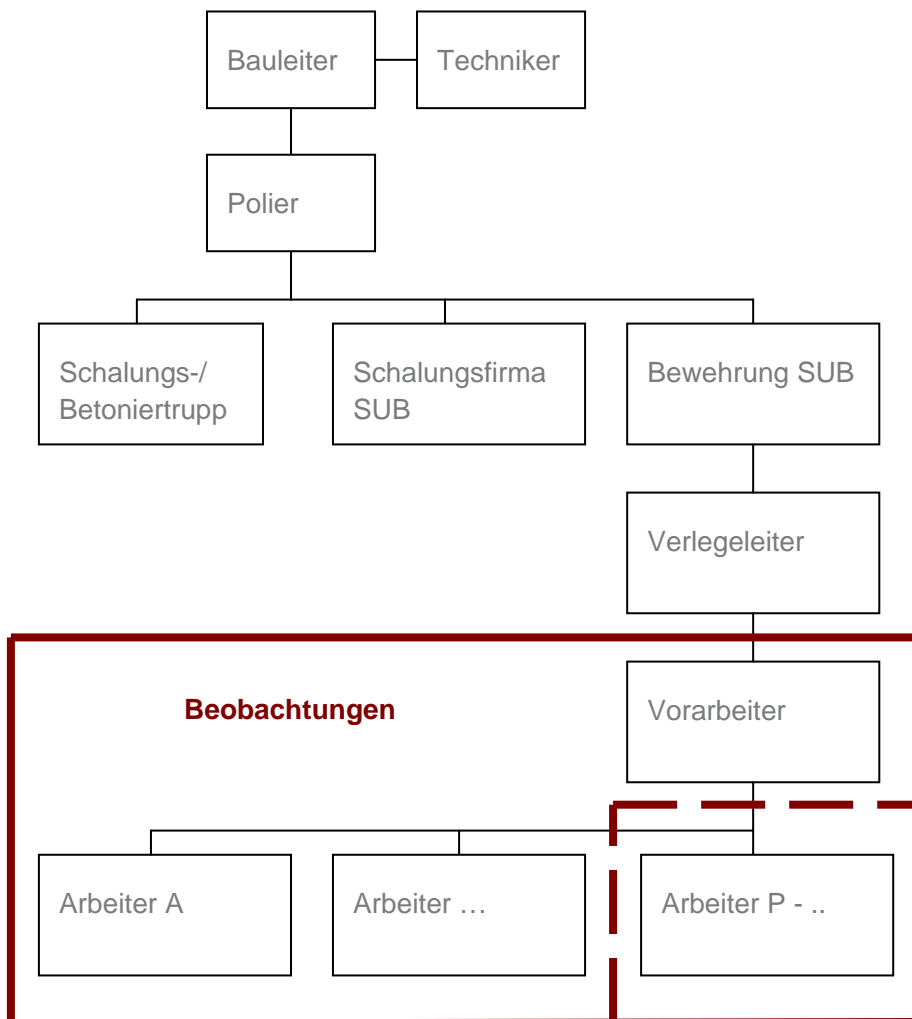


Abbildung 6.3: Organisation auf der Baustelle

Beobachtet wurden die Bewehrungsarbeiten an den Decken. Diese wurden abhängig von Zeitdruck und Deckengröße von acht bis dreizehn Arbeitern durchgeführt.

Aufgrund dessen, dass neben den Bewehrungsarbeiten für Decken kaum andere Bewehrungsarbeiten (z.B. Bewehren von Wänden) anfielen, konnte der Vorarbeiter direkt der Decke zugeordnet werden. Die strichliert ausgegrenzten Bewehrer führten je nach Bedarf andere Bewehrungsarbeiten durch und waren nicht immer beim Verlegen der Deckenbewehrung im Einsatz.

6.2.2 Erster Beobachtungsabschnitt

Abbildung 6.4 zeigt den ersten Beobachtungsabschnitt mit den dazugehörigen Lagerflächen für die Bewehrung, sowie den relevanten Kranen, die für die Arbeiten benötigt wurden. Das Bild in dem rot umrahmten Kreis gibt den Blickwinkel des Beobachters wieder.

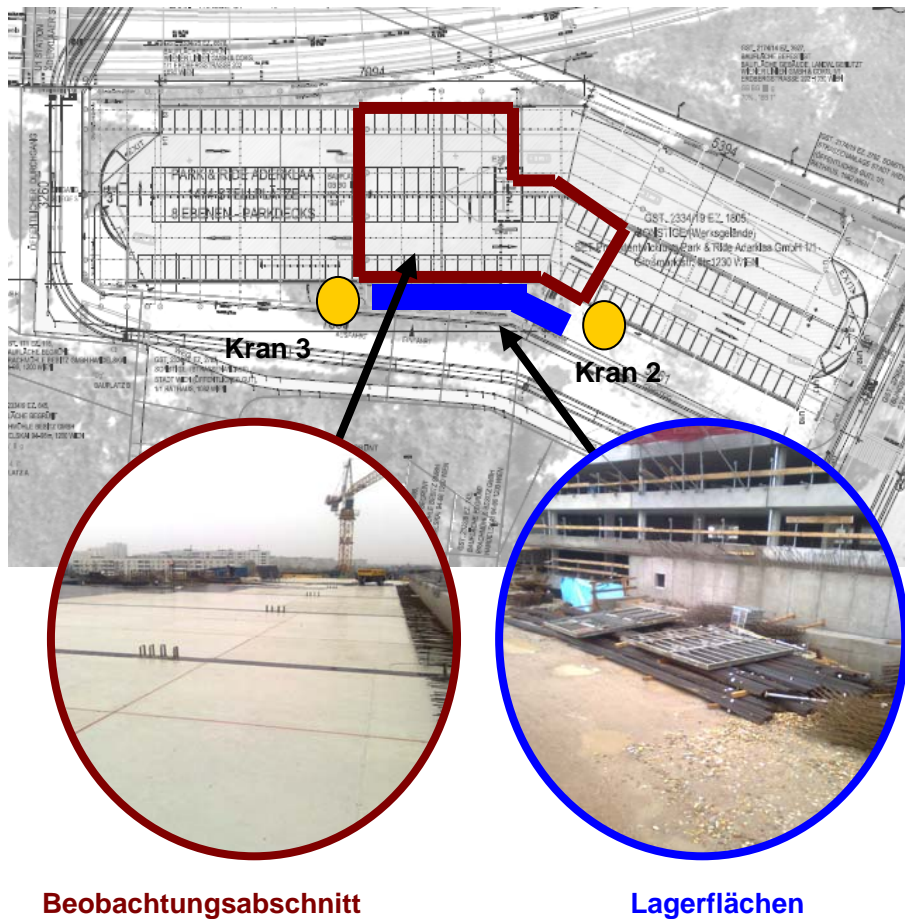


Abbildung 6.4: Erster Beobachtungsabschnitt mit Lagerflächen für Bewehrung

Daten des ersten Beobachtungsabschnitts

Tabelle 6.1 nennt die wichtigsten Daten zu den Bewehrungsarbeiten beim ersten Beobachtungsabschnitt.

Grundrissfläche	1174,52 m ²	
Deckenstärke	25-32 cm	
Stützen	60/25 bzw. 25/25 cm	
Stützenverteilung	7,50 x 8,00 m Spannweite	
Gesambewehrungs- menge	33,98 t	
Stabstahlanteil	100%	
	<u>DN Verteilung</u>	
	DN 8	3,40%
	DN 10	9,54%
	DN 12	54,98%
	DN 14	23,07%
	DN 16	5,79%
	DN 20	3,22%
	DN 26	
	DN 30	
	<u>Aufteilung nach Biegeform</u>	
	gerade	83,94%
	einfach	16,06%
	kompliziert	
Elementanteil	0%	
Mattenanteil	0%	
	<u>Mattenverteilung</u>	
	6 kg/m ²	
	3,74 kg/m ²	
	5,20 kg/m ²	
mittlerer Stabdurchmesser	12,62 mm	
Bewehrungsgrad	101,4 kg/m ³	

Tabelle 6.1: Eckdaten zum ersten Beobachtungsabschnitt

Soll-Aufwandswerte aus der Literatur

Für die oben angeführten Daten ergeben sich unterschiedliche Aufwandswerte aus der Literatur. Zum Vergleich sollen folgende Soll-Aufwandswerte ermittelt werden:

- Der gesamt Soll-Aufandswert des Bauteils: $AW_{GES,BT,Soll}$
- Der Soll-Aufandswert für das Verlegen von Stabstahl: $AW_{ST,BT,Soll}$
- Der Soll-Aufandswert für das Verlegen von Bewehrungs-
matten: $AW_{MA,BT,Soll}$

- Der Soll-Aufwandswert für das Verlegen von Trägerbewehrung:

$$AW_{TR,BT,Soll}$$

Als Vergleichsquellen sollen die Vorgaben lt. *VÖBV*, Aufwandswerte von *Toffel*, Aufwandswerte nach *Platz* und Aufwandswerte aus dem Bewehrungsatlas von *Fritsche/Blasy* dienen.

Da die beobachtete Decke zu 100 % mit Stabstahl bewehrt wurde, ist der Soll-Aufwandswert gesamt gleich dem Soll-Aufwandswert für das Verlegen von Stabstahl.

Die Ermittlung der Soll-Werte erfolgt für den ersten Bauteil beispielhaft mit Darstellung der Grafiken. Für die weiteren Bauteile werden nur mehr die Ergebnisse ohne Abbildungen angeführt.

- Soll-Aufwandswert nach *VÖBV*

Aus Abbildung 6.5 ergibt sich der Soll-Aufwandswert für einen mittleren Stabdurchmesser von 12,62 mm zu:

$$AW_{GES,BT,Soll} = AW_{ST,BT,Soll} = 0,16 \cdot 17 \text{ [Std/t]} + 0,84 \cdot 6 \text{ [Std/t]} = 7,76 \text{ [Std/t]}$$

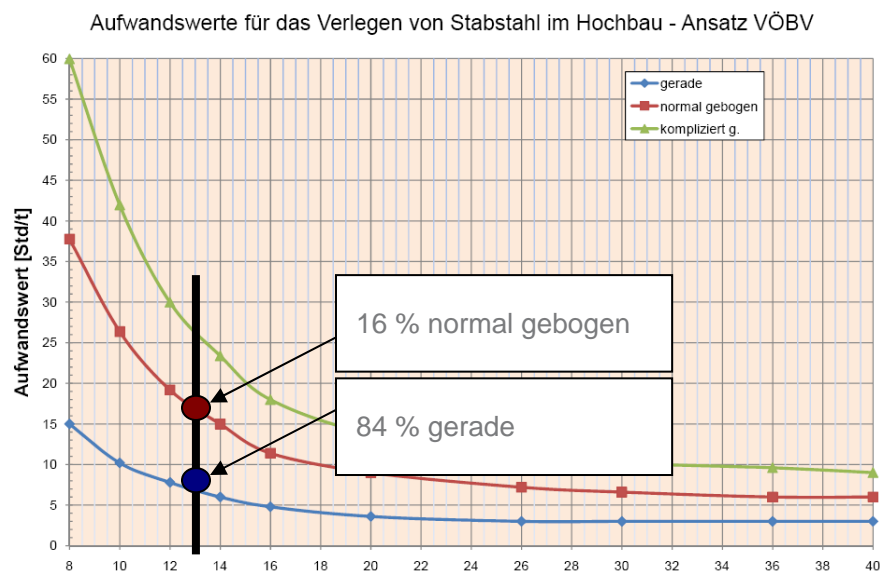


Abbildung 6.5: Aufwandswerte nach *VÖBV*

▪ Soll-Aufwandswert nach Toffel

Aus Abbildung 6.6 ergibt sich ein Soll-Aufwandswert von:

$$AW_{GES,BT,Soll} = AW_{ST,BT,Soll} = 18 [Std/t]$$

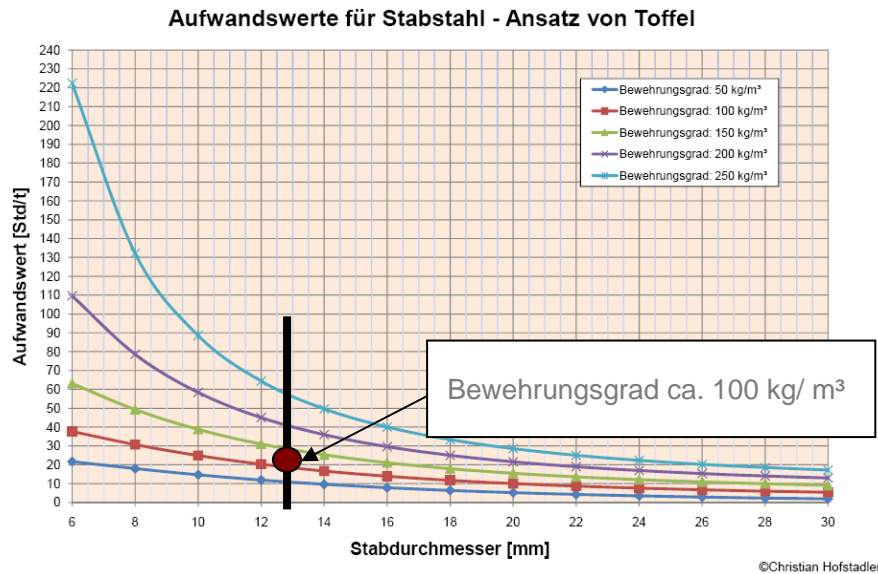


Abbildung 6.6: Aufwandswerte nach Toffel

▪ Soll-Aufwandswert nach Platz

Nach Platz ergibt sich ein Soll-Aufwandswert von:

$$AW_{GES,BT,Soll} = AW_{ST,BT,Soll} = 18 [Std/t]$$

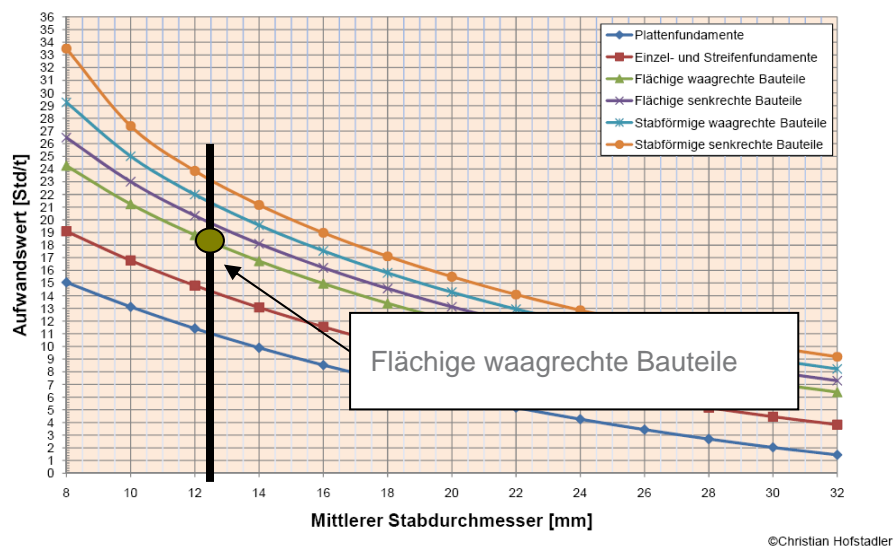


Abbildung 6.7: Aufwandswerte nach Platz

▪ Soll-Aufwandswert nach Fritsche/Blasy

Im Bewehrungsatlas ergeben sich Aufwandswerte wie folgt:

$$6,03 \text{ [Std / t]} \leq AW_{GES,BT,Soll} = AW_{ST,BT,Soll} \leq 10 \text{ [Std / t]}$$

Bezieht man die Streubereiche mit ein, so ist der Aufwandswert:

$$4,82 \text{ [Std/t]} \leq AW_{GES,BT,Soll} = AW_{ST,BT,Soll} \leq 11,38 \text{ [Std/t]}$$




Bauteilart	Verlegeaufwand in Stunden pro Tonne [Std./to.]			
	5,00 Std./to	10,00 Std./to	15,00 Std./to	20,00 Std./to
Fundamentplatten	3,96 4,82	5,69 6,72	9,48 10,69	12,58
Streifen- und Einzelfundamente	5,51 6,72	10,00	12,07 11,20	13,93
Stützen	6,03 7,24	7,24 10,86	12,58	14,48
Wände	6,03 7,06	7,06 10,69	12,58	15,86
Decken, Stützen	4,82 6,03	6,03 10,00	11,38	12,93
Balken	6,20 7,58	7,58 11,20	13,79	15,51
Plattenbalken, Kassetten	5,51 7,06	7,06 10,86	12,58	16,20
komplizierte Bauteile (z.B. gekrümmt)	8,45 10,00	10,00	14,65	18,62
kleine Fertigteile		10,86	13,62	21,03
			15,51	22,58
		große Bauteilabmessungen (dicke Stäbe) - Std./to Werte rot dargestellt		
		kleine Bauteilabmessungen (dünne Stäbe) - Std./to Werte rot dargestellt		
		Streubereiche - Std./to Werte grün dargestellt		

Abbildung 6.8: Aufwandswerte nach Fritsche/Blasy

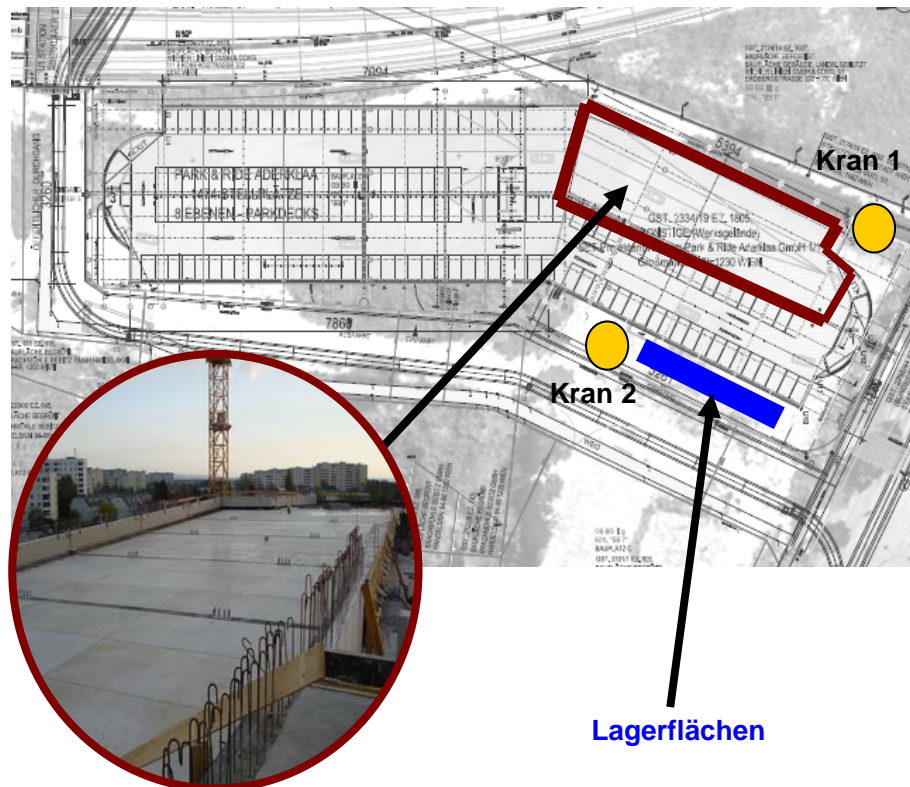
Ergebnisse des ersten Beobachtungsabschnitts

Für den Gesamt-Verlegeaufwand im ersten Beobachtungsabschnitt wurde ein Wert von $AW_{GESBT} = AW_{ST,BT} = 4,23 [Std/t]$ ermittelt.

Verglichen mit den Literaturwerten hat sich ein wesentlich niedrigerer Aufwandswert eingestellt. Einzig die Bandbreiten von *Fritsche/Blasy* kommen den gemessenen Werten nahe.

6.2.3 Zweiter Beobachtungsabschnitt

Die Arbeiten im zweiten Beobachtungsabschnitt wurden mit Unterstützung der Krane 1 und 2 durchgeführt. Die Bewehrung wurde im blau gekennzeichneten Bereich gelagert. Der Blickwinkel des Beobachters ist rot eingekreist dargestellt.



Beobachtungsabschnitt

Abbildung 6.9: Zweiter Beobachtungsabschnitt mit Lagerflächen für Bewehrung

Daten des zweiten Beobachtungsabschnitts

Die Daten des zweiten Beobachtungsabschnitts sind in Tabelle 6.2 aufgelistet.

Grundrissfläche	686,09 m ²	
Deckenstärke	25-32 cm	
Stützen	60/25 bzw. 25/25 cm	
Stützenverteilung	7,50 x 8,00 m Spannweite	
Gesambewehrungs- menge	20,88 t	
Stabstahlanteil	100%	
	<u>DN Verteilung</u>	
	DN 8	2,36%
	DN 10	12,79%
	DN 12	50,44%
	DN 14	21,53%
	DN 16	8,27%
	DN 20	4,61%
	DN 26	
	DN 30	
	<u>Aufteilung nach Biegeform</u>	
	gerade	86,95%
	einfach	13,05%
	kompliziert	
Elementanteil	0%	
Mattenanteil	0%	
	<u>Mattenverteilung</u>	
	6 kg/m ²	
	3,74 kg/m ²	
	5,20 kg/m ²	
mittlerer Stabdurchmesser	12,78 mm	
Bewehrungsgrad	106,78 kg/m ³	

Tabelle 6.2: Eckdaten des zweiten Beobachtungsabschnitts

Soll-Aufwandswerte aus der Literatur

Für den Bauteil ergeben sich folgende Soll-Aufwandswerte aus der Literatur:

- Soll-Aufwandswert nach VÖBV
 $AW_{GES,BT,Soll} = AW_{ST,BT,Soll} = 7,43 [Std/t]$
- Soll-Aufwandswert nach Toffel
 $AW_{GES,BT,Soll} = AW_{ST,BT,Soll} = 17 [Std/t]$

- Soll-Aufwandswert nach Platz
 $AW_{GES,BT,Soll} = AW_{ST,BT,Soll} = 18 \text{ [Std/t]}$
- Soll-Aufwandswert nach Fritsche/Blasy
 $6,03 \text{ [Std/t]} \leq AW_{GES,BT,Soll} = AW_{ST,BT,Soll} \leq 10 \text{ [Std/t]}$

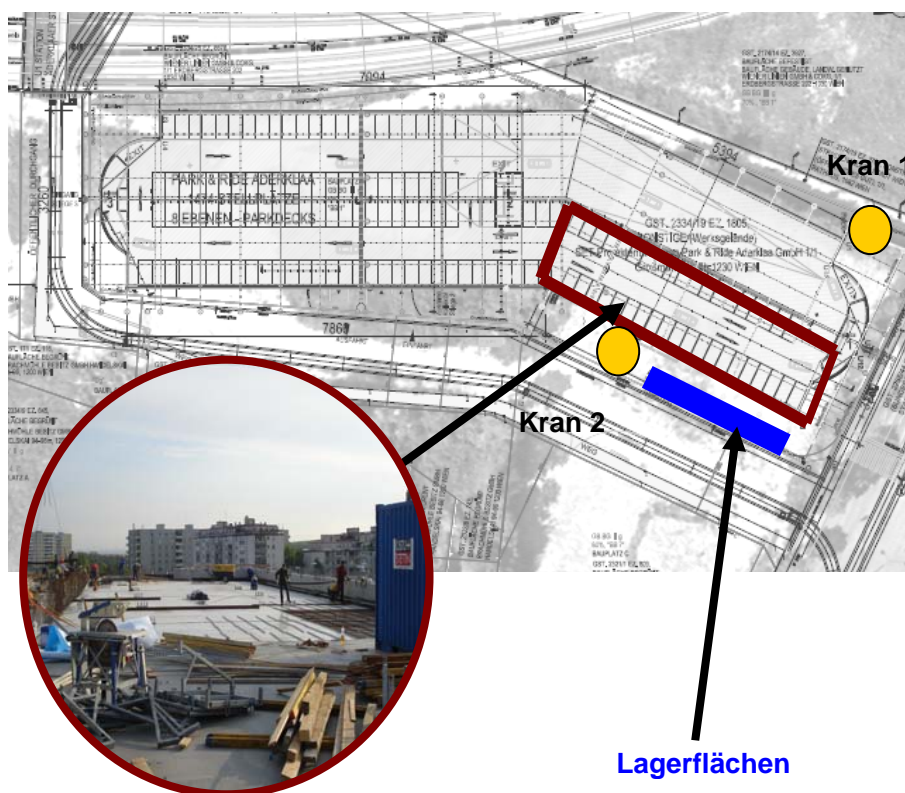
Ergebnisse des zweiten Beobachtungsabschnitts

Für den Verlegeaufwand im zweiten Beobachtungsabschnitt wurde ein Wert von $AW_{GES,BT} = AW_{ST,BT} = 3,62 \text{ [Std/t]}$ ermittelt.

Auch dieser Wert liegt weit unter den Soll-Werten aus der Literatur.

6.2.4 Dritter Beobachtungsabschnitt

Der dritte Beobachtungsabschnitt war zugleich der letzte Deckenabschnitt des Gebäudes. Lagerflächen und Krane sind in Abbildung 6.9 dargestellt. Die Sicht vom Beobachtungsposten auf den Bauteil ist rot umkreist dargestellt.



Beobachtungsabschnitt

Abbildung 6.10: Dritter Beobachtungsabschnitt mit Lagerflächen für Bewehrung

Daten des dritten Beobachtungsabschnitts

Tabelle 6.3 gibt die Eckdaten des Beobachtungsabschnitts wieder.

Grundrissfläche	734,92 m ²	
Deckenstärke	25-32 cm	
Stützen	60/25 bzw. 25/25 cm	
Stützenverteilung	7,50 x 8,00 m Spannweite	
Gesambewehrungs- menge	19,31 t	
Stabstahlanteil	100%	
	<u>DN Verteilung</u>	
	DN 8	0,74%
	DN 10	11,97%
	DN 12	51,54%
	DN 14	24,97%
	DN 16	6,18%
	DN 20	4,61%
	DN 26	
	DN 30	
	<u>Aufteilung nach Biegeform</u>	
	gerade	92,99%
	einfach	7,01%
	kompliziert	
Elementanteil	0%	
Mattenanteil	0%	
	<u>Mattenverteilung</u>	
	6 kg/m ²	
	3,74 kg/m ²	
	5,20 kg/m ²	
mittlerer Stabdurchmesser	12,84 mm	
Bewehrungsgrad	92,19 kg/m ³	

Tabelle 6.3: Eckdaten des dritten Beobachtungsabschnitts

Soll-Aufwandswerte aus der Literatur

Für den Bauteil ergeben sich folgende Soll-Aufwandswerte aus der Literatur:

- Soll-Aufwandswert nach VÖBV
 $AW_{GES,BT,Soll} = AW_{ST,BT,Soll} = 6,77 \text{ [Std/t]}$
- Soll-Aufwandswert nach Toffel
 $AW_{GES,BT,Soll} = AW_{ST,BT,Soll} = 17 \text{ [Std/t]}$
- Soll-Aufwandswert nach Platz
 $AW_{GES,BT,Soll} = AW_{ST,BT,Soll} = 18 \text{ [Std/t]}$

- Soll-Aufwandswert nach Fritsche/Blasy

$$6,03 [\text{Std} / t] \leq AW_{GES,BT,Soll} = AW_{ST,BT,Soll} \leq 10 [\text{Std} / t]$$

Ergebnisse des dritten Beobachtungsabschnitts

Für den Verlegeaufwand im dritten Beobachtungsabschnitt wurde ein Wert von $AW_{GESBT}=AW_{ST,BT}=3,30 [\text{Std}/t]$ ermittelt.

Verglichen mit den Soll-Werten aus der Literatur, ist der gemessene Aufwandswert erheblich niedriger.

6.2.5 Zusammenfassung der Ergebnisse

Zusammengefasst ergeben sich für die Baustelle Wien Aderklaaerstrasse folgende Aufwandswerte:

- Erster Beobachtungsabschnitt: $AW_{GESBT}=AW_{ST,BT}= 4,23 [\text{Std}/t]$
- Zweiter Beobachtungsabschnitt: $AW_{GESBT}=AW_{ST,BT}= 3,62 [\text{Std}/t]$
- Dritter Beobachtungsabschnitt: $AW_{GESBT}=AW_{ST,BT}= 3,30 [\text{Std}/t]$

Aufgrund der unterschiedlichen Bügelanteile und Stabdurchmesser zwischen den Abschnitten ist keine direkte Vergleichbarkeit gegeben. Ein spezielles Verfahren ist dafür notwendig.

Verteilung der Arbeiten

Die Gliederung der Grafiken erfolgt nach Abbildung 3.4 aus Kapitel 3.4. Abbildung 6.11 zeigt die Verteilung der Arbeiten in der ersten Gliederungsebene.

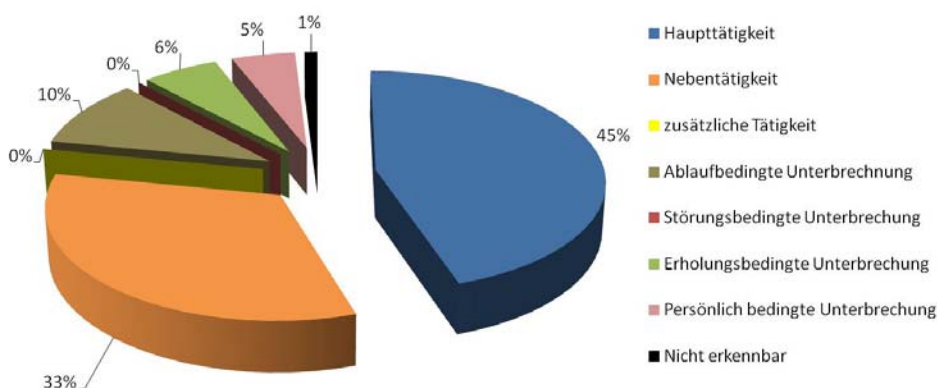


Abbildung 6.11: Auswertung der ersten Ebene

Die statistische Sicherheit wird nach Formel 3.12 (siehe Kapitel 3.5.2) errechnet. Jener prozentuale Anteil, der am nächsten der 50 % Marke ist, wird maßgebend.

$$f_i^I = \pm 1,96 * \sqrt{\frac{45 * (100 - 45)}{3077}} = \pm 1,76 \text{ [%]}$$

In Abbildung 6.12 sind die Haupttätigkeiten und Nebentätigkeiten weiter gegliedert.

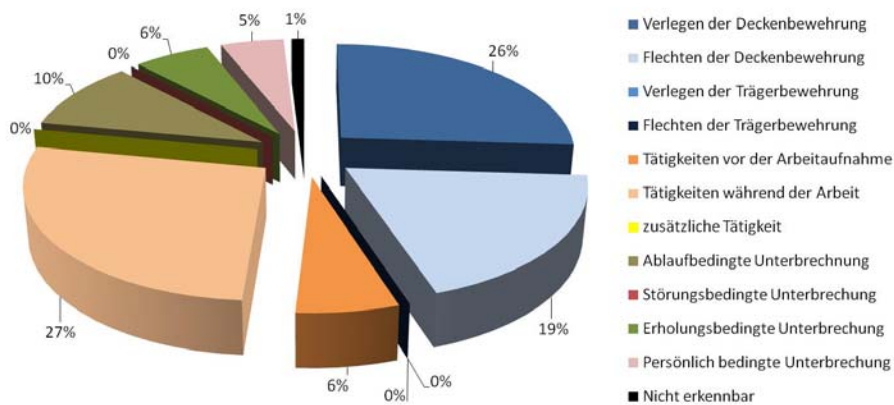


Abbildung 6.12: Auswertung der zweiten Ebene

$$f_i^I = \pm 1,96 * \sqrt{\frac{27 * (100 - 27)}{3077}} = \pm 1,57 \text{ [%]}$$

Die Ermittlung der Zeitarten erfolgt nach Abbildung 3.4 aus. Die Ergebnisse sind in Abbildung 6.13 dargestellt.

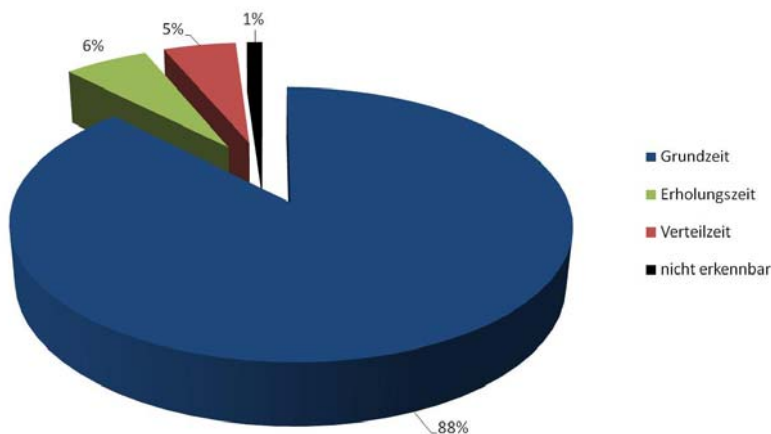


Abbildung 6.13: Verteilung der Zeitarten

$$f_i^I = \pm 1,96 * \sqrt{\frac{88 * (100 - 88)}{3077}} = \pm 1,15 \text{ [%]}$$

Kranbindung

Die Kranbindung wurde im Zuge der Beobachtungen vom Autor per Multimomentaufnahme mit aufgenommen. Abbildung 6.14 zeigt das Ergebnis.

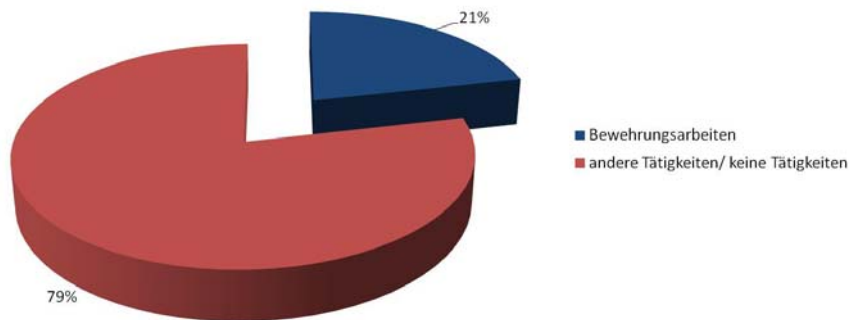


Abbildung 6.14: Verteilung der Kranarbeit während der Deckenarbeiten

$$f_i^I = \pm 1,96 * \sqrt{\frac{21 * (100 - 21)}{205}} = \pm 5,56 \text{ [%]}$$

Anzumerken ist, dass nur jene Kräne beobachtet wurden, die an den Bewehrungsarbeiten für die Herstellung der Decken unmittelbar beteiligt waren.

Die Betriebsmittelgrundzeit wurde mit 0,186 KStd/t gemessen. Es wird die Annahme getroffen, dass die Betriebsmittelgrundzeit 60 % der Betriebsmittelzeit ausmacht. Errechnet man nun mit Formel 5.1 die Betriebsmittelzeit so erhält man:

$$t_B[\text{KStd} / t] = \frac{0,186 [\text{KStd} / t]}{60 \%} * 100 \text{ [%]} = 0,31 [\text{KStd} / t]$$

6.2.6 Interpretation der Ergebnisse

Die gemessenen Aufwandswerte liegen bei allen beobachteten Bauteilen weit unter den Soll-Werten, die aus der Literatur hervorgehen. Über die Ursachen kann vorerst nur spekuliert werden. Auffällig ist jedoch der Wert der Kranbindung, der im Vergleich zu anderen Baustellen erheblich abweicht. Auch der Anteil der Verteilzeit könnte ein Indikator für die hohe Produktivität sein. Ein genauerer Vergleich und eine Analyse erfolgt in Kapitel 7.

6.3 Baustelle: Wohnbau Graz, Untere Teichgasse

Als zweites Objekt für die Beobachtungen wurde ein Wohnbau in Graz ausgewählt. Beim Gebäude handelt es sich um einen noblen Wohnbau in einer gehobenen Wohngegend mit 10 Wohneinheiten zwischen 42 und 97 m² Grundrissfläche. Im Gebäude inkludiert sind ein Lift, Tiefgarage, Eigengärten und Terrassen.

Abbildung 6.15 zeigt eine Visualisierung des Bauvorhabens.



Abbildung 6.15: Visualisierung des Wohngebäudes

Für die Bauarbeiten wurden von der Baufirma zwei Schnellmontagekrane aufgestellt, die von einem Arbeiter über eine Fernbedienung eingesetzt wurden.

Die Decken wurden mittels Trägerschalung eingeschalt. Beobachtet wurden die ersten beiden Deckenabschnitte.

6.3.1 Arbeitsorganisation auf der Baustelle

Abbildung 6.16 zeigt das Makro-Arbeitssystem der Baustelle. Aufgrund des im Vergleich zum ersten Bauvorhabens relativ geringen Bauvolumens war kein Bauleiter und/oder Techniker direkt auf der Baustelle anwesend.

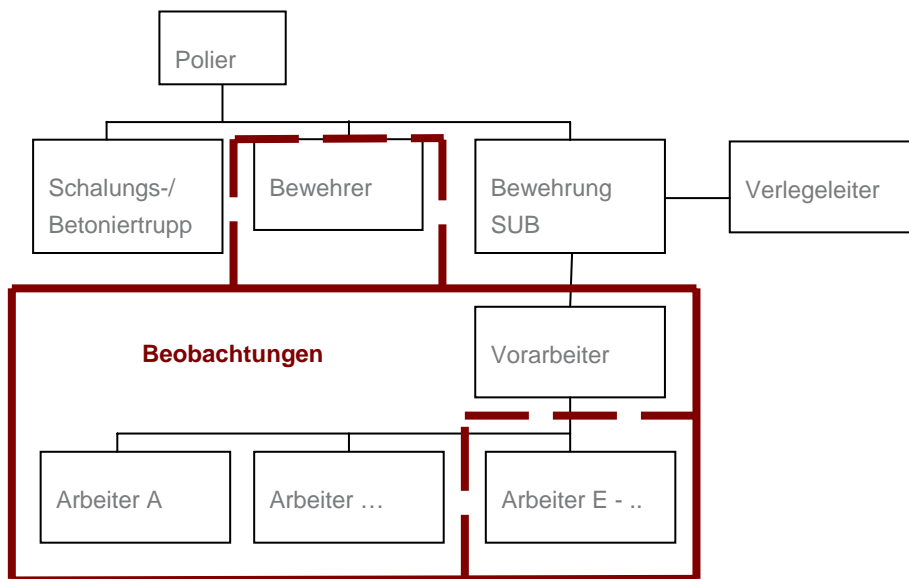


Abbildung 6.16: Makro Arbeitssystem der Baustelle

Oberhaupt der Baustelle war der Polier der Baufirma, der überwiegend dispositive Tätigkeiten ausführte. Die Baufirma stellte 10 bis 15 Arbeitskräfte, die hauptsächlich Schalungsarbeiten ausführten.

Die Bewehrungsarbeiten für die Decken wurden an Subunternehmer weitervergeben und von bis zu 8 Bewehrern ausgeführt. Da neben den Bewehrungsarbeiten an Decken auch andere Bauteile zu armieren waren, konnten nicht immer alle Arbeiter der Decke zugeordnet werden (z.B. Arbeiter E; strichliert dargestellt). Weil die Arbeiten nicht immer wie geplant verlaufen sind und Zeitdruck herrschte, stellte auch die Baufirma Arbeitskräfte, die bei der Fertigstellung der Deckenbewehrung geholfen haben (Bewehrter; strichliert dargestellt).

Auch die Zusammensetzung der Bewehrungspartie änderte sich öfters. Bei beiden Beobachtungsabschnitten war nur der Vorarbeiter kontinuierlich anwesend, die restlichen Arbeiter wechselten.

Außer der Bewehrungspartie wurden keine weiteren Subunternehmer für die Baumeisterarbeiten beauftragt.

6.3.2 Erster Beobachtungsabschnitt

Zuerst wurden die Bewehrungsarbeiten für eine Plattenbalkendecke über der Tiefgarage beobachtet. Abbildung 6.17 zeigt den Beobachtungsabschnitt. Für die Lagerung wurde aufgrund des Einsatzes von Bewehrungsmatten etwas mehr Platz benötigt. Rot umkreist ist die Blickrichtung vom Beobachtungsposten dargestellt.

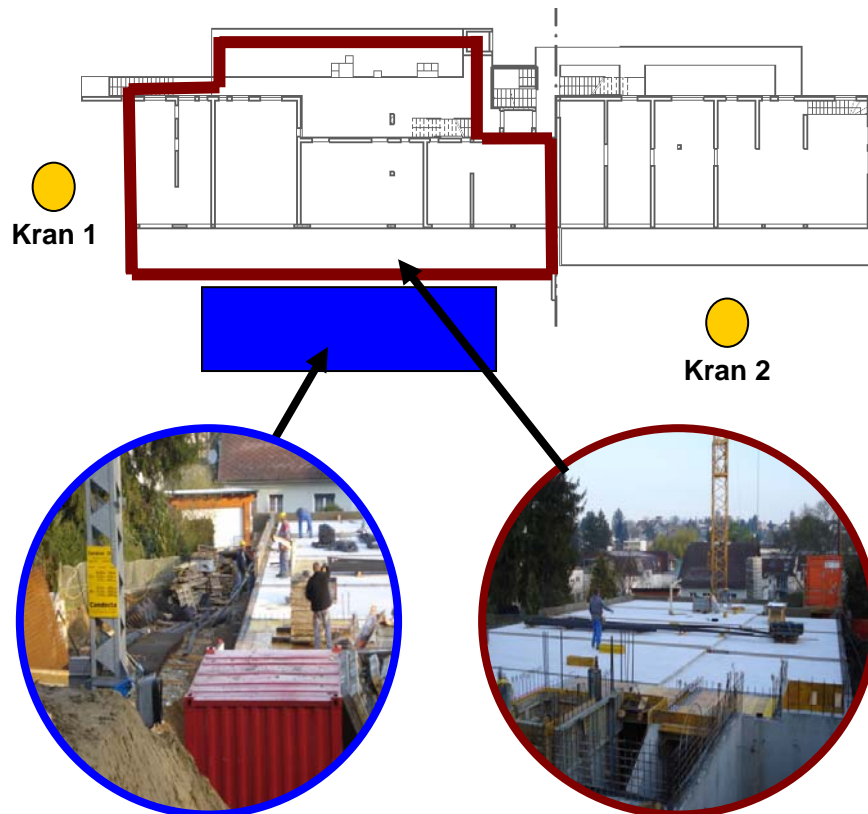


Abbildung 6.17: Erster Beobachtungsabschnitt mit Lagerflächen

Daten des ersten Beobachtungsabschnitts

Beim ersten Beobachtungsabschnitt handelt es sich um eine Plattenbalkendecke, die mittels Stabstahl und Mattenstahl bewehrt wurde. Genaueres ist Tabelle 6.4 zu entnehmen.

Grundrissfläche	461,33 m ²	
Deckenstärke	22 cm	
Unterzüge	3 Stk. 65/40 cm; 2 Stk. 25/40 cm	
Spannweiten	6,80 - 8,00 m	
Gesamtbewehrungsmenge	13,30 t	
Stabstahlanteil	85%	
	Decke	
	DN Verteilung	
	DN 8	13,11%
	DN 10	22,31%
	DN 12	13,44%
	DN 14	0,71%
	DN 16	1,61%
	DN 20	0,08%
	DN 26	0,00%
	DN 30	0,00%
	Stabstahlanteil Decke 51,26%	
	mittlerer Stabdurchmesser 10,27 mm	
	Träger	
	DN Verteilung	
	DN 8	1,67%
	DN 10	5,58%
	DN 12	9,77%
	DN 14	1,29%
	DN 16	4,35%
	DN 20	5,56%
	DN 26	12,96%
	DN 30	7,54%
	Stabstahlanteil Träger 48,74%	
	mittlerer Stabdurchmesser 19,07 mm	
	Aufteilung nach Biegeform	
	gerade	84,41%
	einfach	15,59%
	kompliziert	
Elementanteil	0%	
Mattenanteil	15%	
	Mattenverteilung	
	6 kg/m ²	
	3,74 kg/m ²	100%
	5,20 kg/m ²	
mittlerer Stabdurchmesser insgesamt	14,75 mm	
Bewehrungsgrad	76,88 kg/m ³	

Tabelle 6.4: Eckdaten des ersten Beobachtungsabschnitts

Soll-Aufwandswerte aus der Literatur

Bei der Ermittlung der Soll-Aufwandswerte müssen Stabstähle und Mattenstähle getrennt betrachtet werden. Zusätzlich soll auch die Trägerbewehrung separat erfasst werden.

- Soll-Aufwandswerte für Stabstähle nach VÖBV

Für den Stabstahl in der Deckenbewehrung ergibt sich für einen Anteil von 84,41 % gerader Stäbe und 15,59 % einfach gebogener Stäbe lt. Abbildung 6.18 der Aufwandswert zu:

$$AW_{ST,BT,Soll} = 0,8441 * 9,5 + 0,1559 * 25 = 11,92 \text{ [Std/t]}$$

Für den Stabstahl der Trägerbewehrung ergibt sich lt. Abbildung 6.18 folgender Aufwandswert:

$$AW_{TR,BT,Soll} = 0,8441 * 3,8 + 0,1559 * 9 = 4,61 \text{ [Std/t]}$$

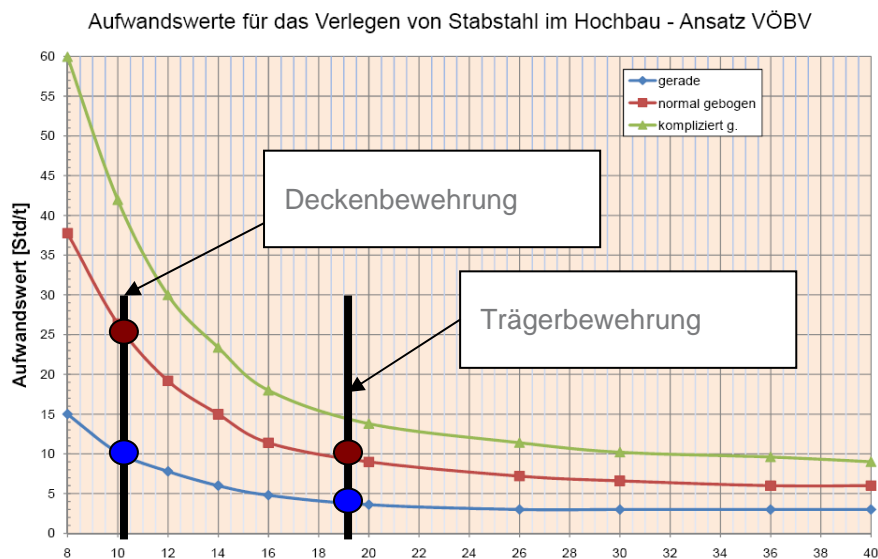


Abbildung 6.18: Aufwandswerte nach VÖBV

- Soll-Aufwandswert für Stabstähle nach Toffel

Für den Stabstahl in der Deckenbewehrung ergibt sich nach Abbildung 6.19 der Aufwandswert zu:

$$AW_{ST,BT,Soll} = 20 \text{ [Std/t]}$$

Für den Soll-Aufwandswert der Trägerbewehrung erhält man nach Abbildung 6.19 folgenden Aufwandswert:

$$AW_{TR,BT,Soll} = 18 \text{ [Std/t]}$$

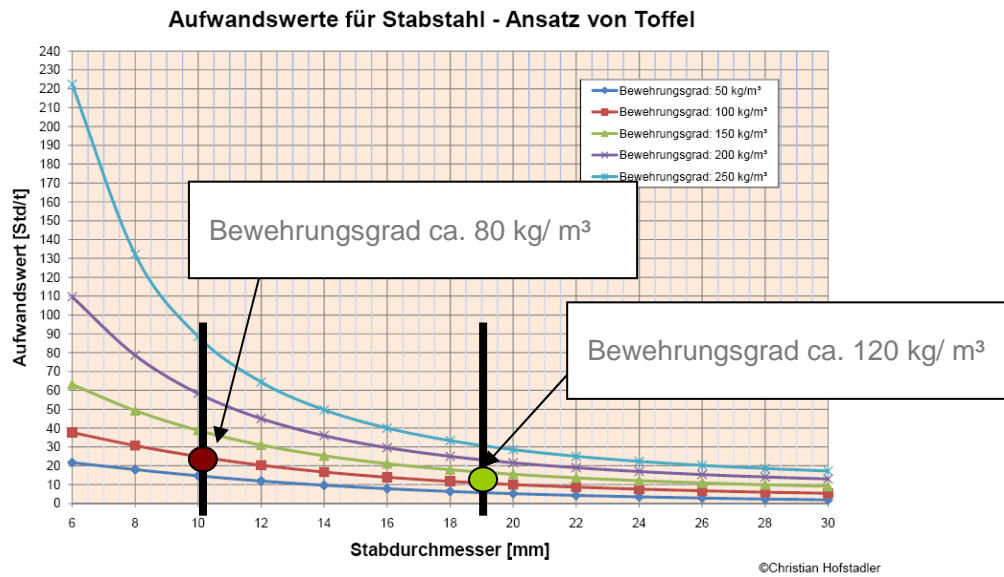


Abbildung 6.19: Aufandswerte nach *Toffel*

- Soll-Aufandswert für Stabstähle nach Platz

Nach *Platz* ergeben sich für den Stabstahl in der Decke bzw. im Träger Soll-Aufandswerte nach Abbildung 6.20.

$$AW_{ST,BT,Soll} = 21,2 [Std/t]$$

$$AW_{TR,BT,Soll} = 15 [Std/t]$$

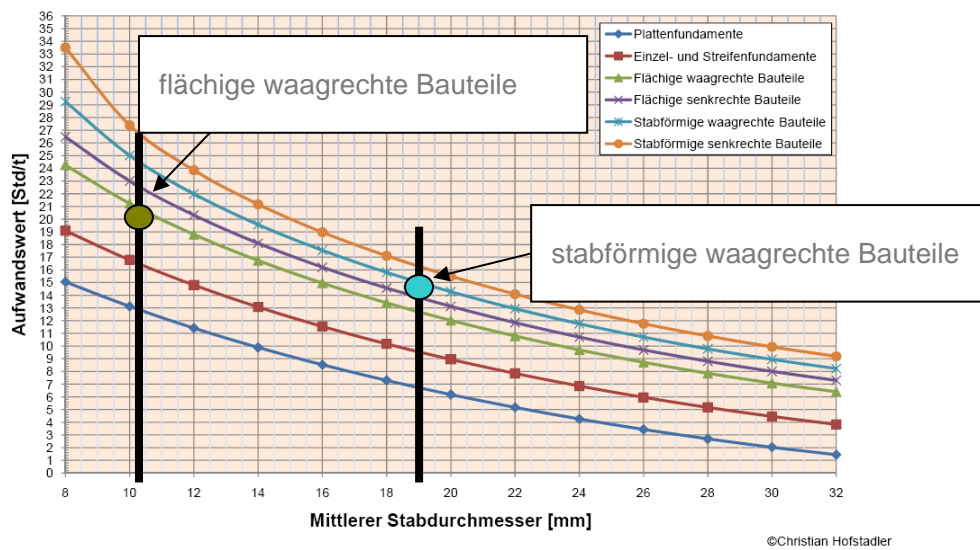


Abbildung 6.20: Aufandswerte nach *Platz*

- Soll-Aufwandswert für Mattenstahl nach Platz

Für das Verlegen von Mattenstahl ergibt sich lt. Platz der Aufwandswert nach Abbildung 6.21 zu:

$$AW_{MA,BT,Soll} = 16 \text{ [Std/t]}$$

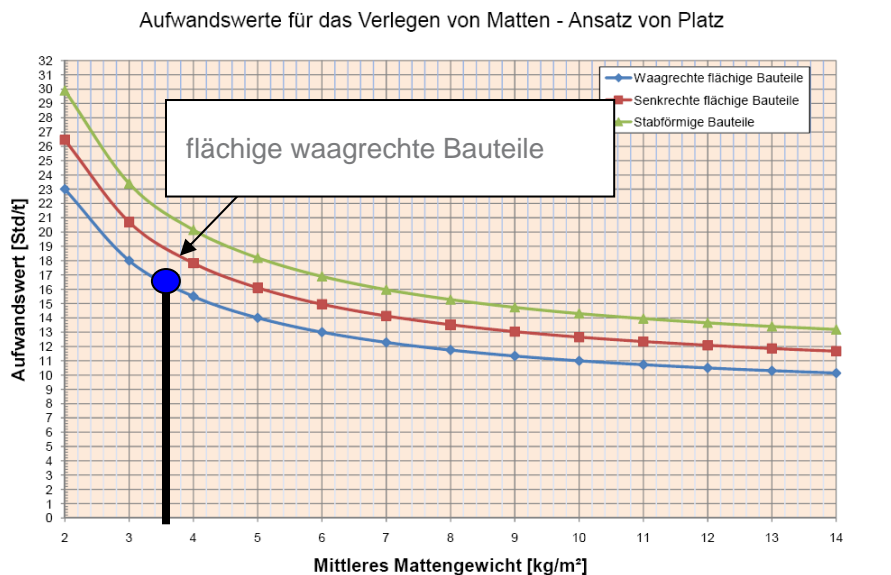


Abbildung 6.21: Aufwandswerte für Mattenstahl lt. Platz

©Christian Hofstadler

- Soll-Gesamtaufwandswert nach Platz

Da sich die Verlegearbeiten aus dem Verlegen von 85 % Stabstahl (davon sind wiederum 66,43 % von der Decke und 48,74 % vom Träger) und 15 % Mattenstahl zusammensetzen, ergibt sich der Soll-Gesamtaufwandswert nach Platz zu:

$$AW_{GES,BT,Soll} \text{ [Std/t]} = 0,15 * AW_{MA,BT,Soll} + 0,85 * (0,6643 * AW_{ST,BT,Soll} + 0,4874 * AW_{TR,BT,Soll})$$

$$AW_{GES,BT,Soll} = 20,59 \text{ [Std/t]}$$

- Soll-Gesamtaufwandswert nach Fritsche/Blasy

Neben dem Ansatz von Platz sind Gesamtaufwandswerte für Plattenbalkendecken auch im Bewehrungsatlas enthalten. Nach Abbildung 6.22 ergibt sich dieser zu:

$$7,06 \text{ [Std/t]} \leq AW_{GES,BT,Soll} \leq 10,88 \text{ [Std/t]}$$

Bezieht man die Streubereiche mit ein ergibt sich der Aufwandswert wie folgt:

$$5,51 \text{ [Std/t]} \leq AW_{GES,BT,Soll} \leq 12,58 \text{ [Std/t]}$$

Bauteilart	Verlegeaufwand in Stunden pro Tonne [Std./to.]			
	5,00 Std./to	10,00 Std./to	15,00 Std./to	20,00 Std./to
Fundamentplatten	3,96 4,82	9,48 8,27		
Streifen- und Einzelfundamente	5,51 6,72	12,07 10,00		
Stützen	6,03 7,24	12,58 10,86		
Wände	6,03 7,06	12,58 10,69		
Decken, Stützen	4,82 6,03	11,38 10,00		
Balken	6,20 7,58	13,79 11,20		
Plattenbalken, Kassetten	5,51 7,06	12,58 10,86		
komplizierte Bauteile (z.B. gekrümmt)	8,45 10,00	18,62 14,65		
kleine Fertigteile		10,86	22,58	


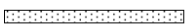

	große Bauteilabmessungen (dicke Stäbe) - Std./to Werte rot dargestellt
	kleine Bauteilabmessungen (dünne Stäbe) - Std./to Werte rot dargestellt
	Streubereiche - Std./to Werte grün dargestellt

Abbildung 6.22: Aufwandswerte nach *Fritsche/Blasy*

Ergebnisse des ersten Beobachtungsabschnitts

Der Gesamtaufwandswert beträgt $AW_{GES,BT} = 9,0 [Std/t]$. Der Aufwandswert für das Verlegen von Stabstahl in der Decke wurde zu $AW_{ST,BT} = 15,28 [Std/t]$ ermittelt. Für das Verlegen von Stabstahl im Träger wurde ein Wert von $AW_{TR,BT} = 4,37 [Std/t]$ gemessen. Der Aufwandswert für das Verlegen von Mattenstahl beträgt $AW_{MA,BT} = 2,68 [Std/t]$.

6.3.3 Zweiter Beobachtungsabschnitt

Im Zuge der zweiten Beobachtungen wurde eine Flachdecke über dem Erdgeschoss ausgesucht. Für die Arbeiten stand dieselbe Baustelleneinrichtung wie für die untere Decke zur Verfügung.

Abbildung 6.23 zeigt den Beobachtungsabschnitt mit Lagerflächen und benützten Kranen. Das rot umkreiste Foto gibt die Sicht des Beobachters wieder.

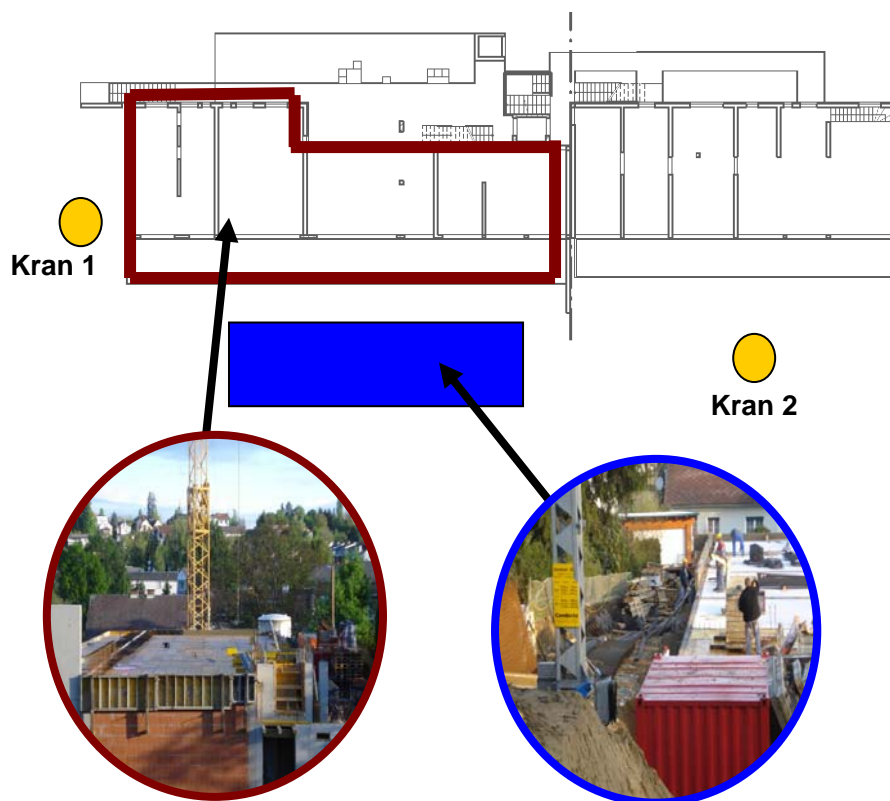


Abbildung 6.23: Zweiter Beobachtungsabschnitt

Daten des zweiten Beobachtungsabschnitts

Die zweite Decke ist mit Matten und Stabstahl bewehrt. Auffällig ist der hohe Anteil an gebogenen Stäben.

Grundrissfläche	298,22 m ²	
Deckenstärke	22 cm	
Unterzüge	3 Stk. 65/40 cm; 2 Stk. 25/40 cm	
Spannweiten	6,80-8,00 m	
Gesamtbewehrungsmenge	5,24 t	
Stabstahlanteil	79%	
	<u>DN Verteilung</u>	
	DN 8	50,10%
	DN 10	16,95%
	DN 12	26,54%
	DN 14	2,48%
	DN 16	0,98%
	DN 20	2,94%
	DN 26	
	DN 30	
	<u>Aufteilung nach Biegeform</u>	
	gerade	70,44%
	einfach	29,56%
	kompliziert	
Elementanteil	0%	
Mattenanteil	21%	
	<u>Mattenverteilung</u>	
	6 kg/m ²	
	3,74 kg/m ²	65,53%
	5,20 kg/m ²	34,47%
mittlerer Stabdurchmesser	9,98 mm	
Bewehrungsgrad	79,87 kg/m ³	

Tabelle 6.5: Eckdaten des zweiten Beobachtungsabschnitts

Soll-Aufwandswerte aus der Literatur

- Soll-Aufwandswert für Stabstahl nach VÖBV

Nach VÖBV ergibt sich der Soll-Wert zu:

$$AW_{ST,BT,Soll} = 0,7044 * 10 [Std/t] + 0,2956 * 27 [Std/t] = 15,03 [Std/t]$$

- Soll-Aufwandswert für Stabstahl nach Toffel

Nach Toffel ergibt sich der Aufwandswert zu:

$$AW_{ST,BT,Soll} = 15 [Std/t]$$

- Soll-Aufwandswert für Stabstahl nach Platz

Der Soll-Aufwandswert nach *Platz* beträgt:

$$AW_{ST,BT,Soll} = 21,5 \text{ [Std/t]}$$

- Soll-Aufwandswert für Mattenstahl nach Platz

Für das Verlegen von Mattenstahl ergibt sich lt. *Platz* folgender Soll-Aufwandswert:

$$AW_{MA,BT,Soll} = 15,14 \text{ [Std/t]}$$

- Gesamt Soll-Aufwandswert nach Platz

Bei einem Mattenanteil von 21 % ergibt sich lt. *Platz* folgender Gesamtaufwandswert:

$$AW_{GES,BT,Soll} \text{ [Std/t]} = 0,21 * AW_{MA,BT,Soll} + 0,79 * AW_{ST,BT,Soll}$$

$$AW_{GES,BT,Soll} = 20,16 \text{ [Std/t]}$$

- Gesamt Soll-Aufwandswert nach Fritsche/Blasy

Der Soll-Wert lt. Bewehrungsatlas beträgt:

$$6,03 \text{ [Std/t]} \leq AW_{GES,BT,Soll} \leq 10,00 \text{ [Std/t]}$$

Bezieht man die Streubereiche mit ein ergeben sich Werte im Bereich:

$$4,82 \text{ [Std/t]} \leq AW_{GES,BT,Soll} \leq 11,38 \text{ [Std/t]}$$

Ergebnisse des zweiten Beobachtungsabschnitts

Der Gesamtaufwandswert wurde mit $AW_{GES,BT} = 11,89 \text{ [Std/t]}$ festgestellt.

Für das Verlegen von Stabstahl wurde ein Wert von $AW_{ST,BT} = 13,76 \text{ [Std/t]}$

gemessen. Der Aufwandswert für das Verlegen von Bewehrungsmatten liegt bei $AW_{MA,BT} = 5,05 \text{ [Std/t]}$.

6.3.4 Zusammenfassung der Ergebnisse

Anbei werden die gemessenen Aufwandswerte des Bauvorhabens zusammengefasst:

- Erster Beobachtungsabschnitt:

$$AW_{GES,BT} = 9,0 \text{ [Std/t]}$$

$$AW_{ST,BT} = 15,28 \text{ [Std/t]}$$

$$AW_{TR,BT} = 4,37 \text{ [Std/t]}$$

$$AW_{MA,BT} = 2,68 \text{ [Std/t]}$$

- Zweiter Beobachtungsabschnitt:

$$AW_{GES,BT} = 11,89 \text{ [Std/t]}$$

$$AW_{ST,BT} = 13,76 \text{ [Std/t]}$$

$$AW_{MA,BT} = 5,05 \text{ [Std/t]}$$

Verteilung der Arbeiten

In der ersten Ebene gliedern sich die Arbeiten wie in Abbildung 6.24 dargestellt.

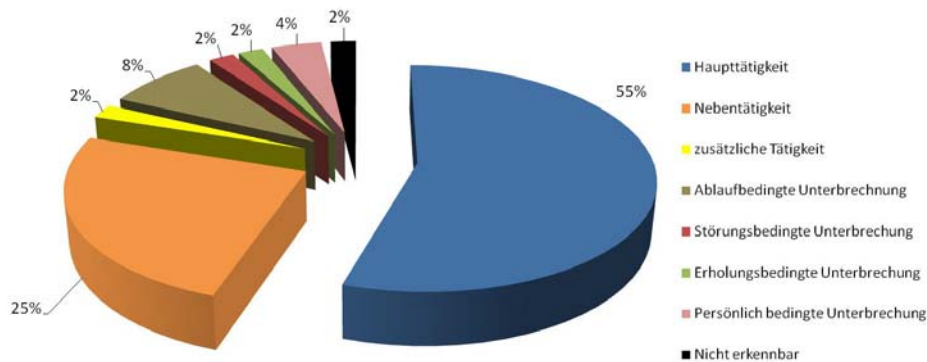


Abbildung 6.24: Gliederung der Arbeiten in der ersten Ebene

Auffällig ist hierbei ein relativ geringer Anteil an erholungsbedingtem Unterbrechen.

Die statistische Sicherheit ergibt:

$$f_i^I = \pm 1,96 * \sqrt{\frac{55 * (100 - 55)}{2051}} = \pm 2,15 \text{ [%]}$$

Abbildung 6.25 zeigt die Ergebnisse in der zweiten Gliederungsebene.

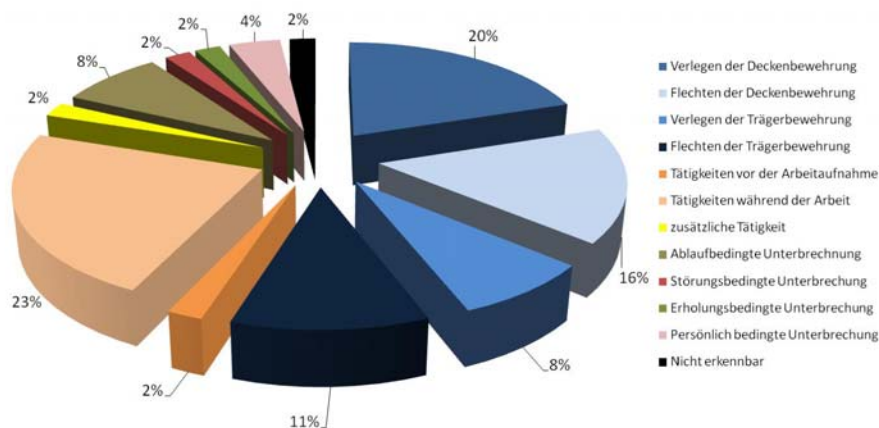


Abbildung 6.25: Gliederung der Arbeiten in der zweiten Ebene

Die statistische Sicherheit ergibt:

$$f_i^I = \pm 1,96 * \sqrt{\frac{23 * (100 - 23)}{2051}} = \pm 1,85 \text{ [%]}$$

Die Gliederung der Zeitarten ist in Abbildung 6.26 dargestellt.

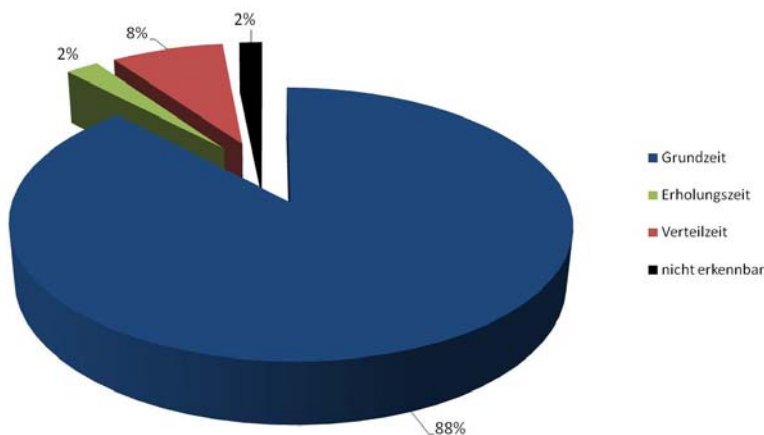


Abbildung 6.26: Gliederung der Zeitararten

Die statistische Sicherheit ergibt:

$$f_i^I = \pm 1,96 * \sqrt{\frac{88 * (100 - 88)}{2051}} = \pm 1,41 \text{ [%]}$$

Kranbindung

Abbildung 6.27 zeigt den Anteil der Bewehrungsarbeiten an der Kranzeit.

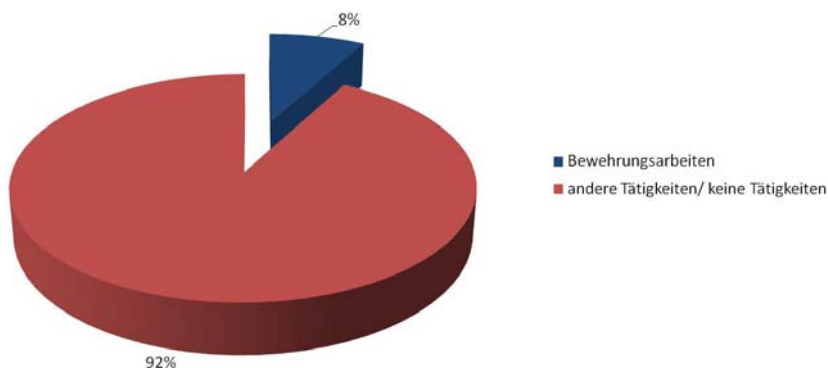


Abbildung 6.27: Kranbindung

Für die statistische Sicherheit ergibt sich:

$$f_i^I = \pm 1,96 * \sqrt{\frac{92 * (100 - 92)}{214}} = \pm 3,65 \text{ [%]}$$

Während der Arbeiten wurde eine Betriebsmittelgrundzeit von 0,08 KStd/t gemessen.

Von der Grundzeit muss nun wieder auf die Betriebsmittelzeit hochgerechnet werden. Die Annahme, dass die Betriebsmittelgrundzeit 60 % der Betriebsmittelzeit ausmacht, bleibt gleich. Die Betriebsmittelzeit ergibt sich zu:

$$t_B[\text{KStd} / t] = \frac{0,08 [\text{KStd} / t]}{60 \%} * 100 [\%] = 0,133 [\text{KStd} / t]$$

6.3.5 Interpretation der Ergebnisse

Bereits auf den ersten Blick ist erkennbar, dass die Erholungszeit sehr gering ist. Die Aufwandswerte sind zwar weit höher anzusiedeln als im ersten Beobachtungsobjekt, liegen aber immer noch unter den von der Literatur vorgegebenen Soll-Werten.

Der Anteil der Kranbindung ist mit 0,133 KStd/t unter dem Optimal-Wert. Die Angleichung der Aufwandswerte untereinander (siehe Kapitel 7) wird Ursachen für die Abweichung zu anderen beobachteten Objekten aufzeigen.

6.4 Baustelle: Bezirkspensionistenheim Traun/St. Dionysen

Die dritten Beobachtungen wurden im Zuge der Errichtung eines Bezirkspensionistenheims in Traun durchgeführt. Bei dem Gebäude handelt es sich um einen Stahlbetonskelettbau, bestehend aus wechselweise runden und quadratischen Stützen, auf denen Flachdecken gelagert sind.

Für die Errichtung der beiden länglichen Baukörper wurden zwei Turmdrehkrane eingesetzt. Einer der Krane wurde auf Schienen gestellt, um eine Überstreichung der kompletten Baustelle ermöglichen zu können.



Abbildung 6.28: Visualisierung des BPH Traun/St. Dionysen

Als Deckenschalungssystem wurde ein nicht kranintensives Skydeck-System verwendet. Die Umsetzung der Teile erfolgte mittels speziellem Hubwagen.

Die Beobachtungen wurden während der Hauptbauzeit durchgeführt.

6.4.1 Arbeitsorganisation auf der Baustelle

Abbildung 6.29 zeigt das Makro-Arbeitssystem der Baustelle. Oberhaupt im System ist der Polier, der alle Baumeisterarbeiten am Gebäude überwachte und organisierte. Der Bauleiter hatte mehrere Baustellen zu betreuen und war nur teilweise am Ort der Leistungserbringung anwesend.

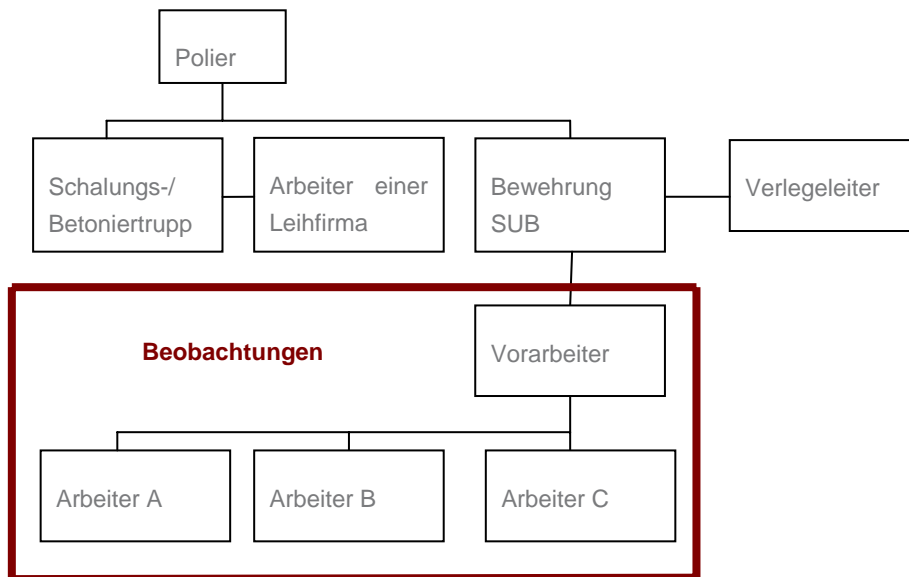


Abbildung 6.29: Makro Organisation auf der Baustelle

Neben dem Eigenpersonal der Baufirma wurden einige Arbeiter über eine Leihfirma organisiert. Sie waren hierarchisch den Schalungs- und Betoniertrupps zugeordnet.

Die Bewehrungsarbeiten wurden an eine Sub-Firma vergeben und von vier Arbeitern durchgeführt. Die Arbeitsgruppe blieb bis auf einen Arbeiter über alle Beobachtungstage beisammen.

6.4.2 Erster Beobachtungsabschnitt

Zuerst wurde das Verlegen einer Flachdecke über dem ersten Obergeschoss beobachtet. Abbildung 6.30 zeigt die Form des Grundrisses. Rot strichliert eingezeichnet ist eine Arbeitsfuge, die im Zuge der Arbeiten ausgebildet wurde.

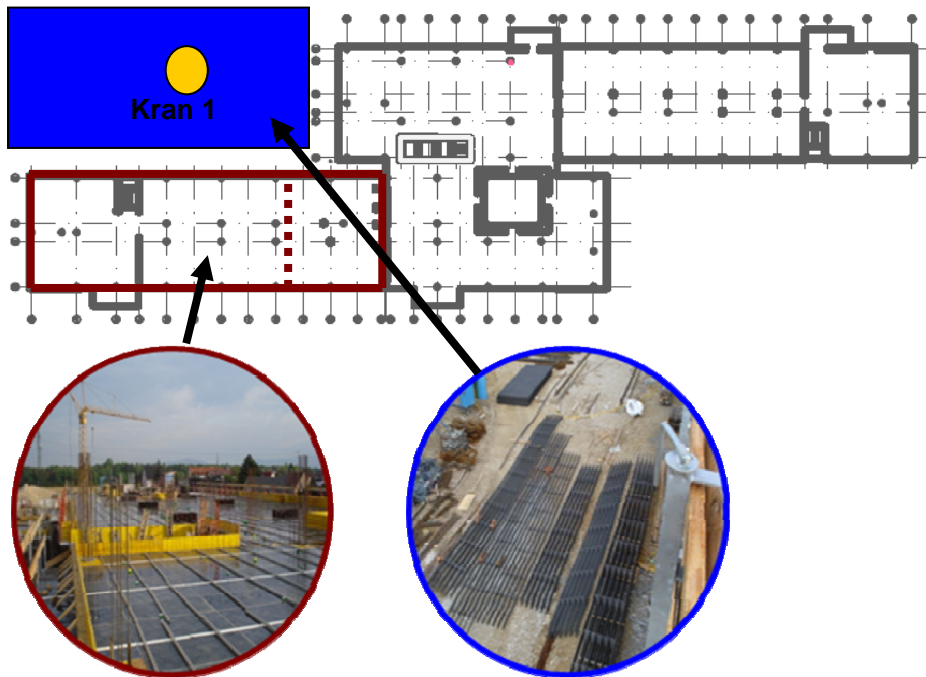


Abbildung 6.30: Erster Beobachtungsabschnitt

Da zur Bewehrung der Decke neben normaler Stabstahlbewehrung auch noch Bewehrungselemente und Betonstahlmatten zum Einsatz kamen, wurde ein sehr großer Lagerplatz beansprucht.

Daten des ersten Beobachtungsabschnitts

Der erste Beobachtungsabschnitt wurde mit Stabstahlbewehrung, Bewehrungselementen und Betonstahlmatten bewehrt. Die wichtigsten Daten sind der nachstehenden Tabelle zu entnehmen.

Grundrissfläche	886,48 m ²	
Deckenstärke	30 cm	
Stützen	30/30 cm bzw. 30/50 cm	
Stützenverteilung	8,00 x 6,70 m bzw. 8,00 x 2,70 m	
Gesamtbewehrungsmenge	31,87 t	
Stabstahlanteil	51%	
	<u>DN Verteilung</u>	
	DN 8	2,20%
	DN 10	5,01%
	DN 12	51,62%
	DN 14	14,84%
	DN 16	10,47%
	DN 20	5,44%
	DN 26	8,84%
	DN 30	1,56%
	<u>Aufteilung nach Biegeform</u>	
	gerade	96,66%
	einfach	3,34%
	kompliziert	
Elementanteil	27%	
Mattenanteil	22%	
	<u>Mattenverteilung</u>	
	6 kg/m ²	100%
	3,74 kg/m ²	
	5,20 kg/m ²	
mittlerer Stabdurchmesser	14,48 mm	
Bewehrungsgrad	119,84 kg/m ³	

Tabelle 6.6: Daten des ersten Beobachtungsabschnitts

Die auszubildende Arbeitsfuge hatte eine Länge von 17 m.

Soll-Aufwandswerte aus der Literatur

Aufgrund des Einsatzes von Bewehrungselementen können keine repräsentativen Soll-Aufwandswerte aus der Literatur herausgefiltert werden. Die nachstehend ermittelten Werte beziehen sich deshalb auf Stab- bzw. Mattenstahl.

- Soll-Aufandswert für Stabstahl nach VÖBV

Nach VÖBV ergibt sich der Soll-Wert zu:

$$AW_{ST,BT,Soll} = 0,9666 * 5,6 [Std/t] + 0,0334 * 14 [Std/t] = 5,88 [Std/t]$$

- Soll-Aufandswert für Stabstahl nach Toffel

Nach Toffel ergibt sich der Aufwandswert zu:

$$AW_{ST,BT,Soll} = 15 [Std/t]$$

- Soll-Aufandswert für Stabstahl nach Platz

Der Soll-Aufandswert nach Platz beträgt:

$$AW_{ST,BT,Soll} = 16 [Std/t]$$

- Soll-Aufandswert für Mattenstahl nach Platz

Für das Verlegen von Mattenstahl ergibt sich lt. Platz folgender Soll-Aufandswert:

$$AW_{MA,BT,Soll} = 13 [Std/t]$$

- Gesamt Soll-Aufandswert nach Platz

Bei einem Mattenanteil von 21 % ergibt sich lt. Platz folgender Gesamtaufandswert:

$$AW_{GES,BT,Soll} [Std/t] = 0,22 * AW_{MA,BT,Soll} + 0,78 * AW_{ST,BT,Soll}$$

$$AW_{GES,BT,Soll} = 15,34 [Std/t]$$

- Gesamt Soll-Aufandswert nach Fritsche/Blasy

Der Soll-Wert lt. Bewehrungsatlas beträgt:

$$6,03 [Std/t] \leq AW_{GES,BT,Soll} \leq 10,00 [Std/t]$$

Bezieht man die Streubereiche mit ein ergeben sich Werte im Bereich:

$$4,82 [Std/t] \leq AW_{GES,BT,Soll} \leq 11,38 [Std/t]$$

Ergebnisse des ersten Beobachtungsabschnitts

Für das Verlegen von Stabstahl ergab sich ein Aufwandswert von $AW_{ST,BT} = 2,95 [Std/t]$. Der Aufwandswert für das Verlegen von Mattenstahl wurde mit $AW_{MA,BT} = 2,13 [Std/t]$ gemessen. Der Gesamtaufandswert beträgt $AW_{GES,BT} = 2,77 [Std/t]$.

6.4.3 Zweiter Beobachtungsabschnitt

Die zweite Decke, die beobachtet wurde, war eine Flachdecke über dem Erdgeschoss im hinteren Gebäudebereich. Die Abmessungen der Decke sind ähnlich denen der ersten beobachteten Decke.

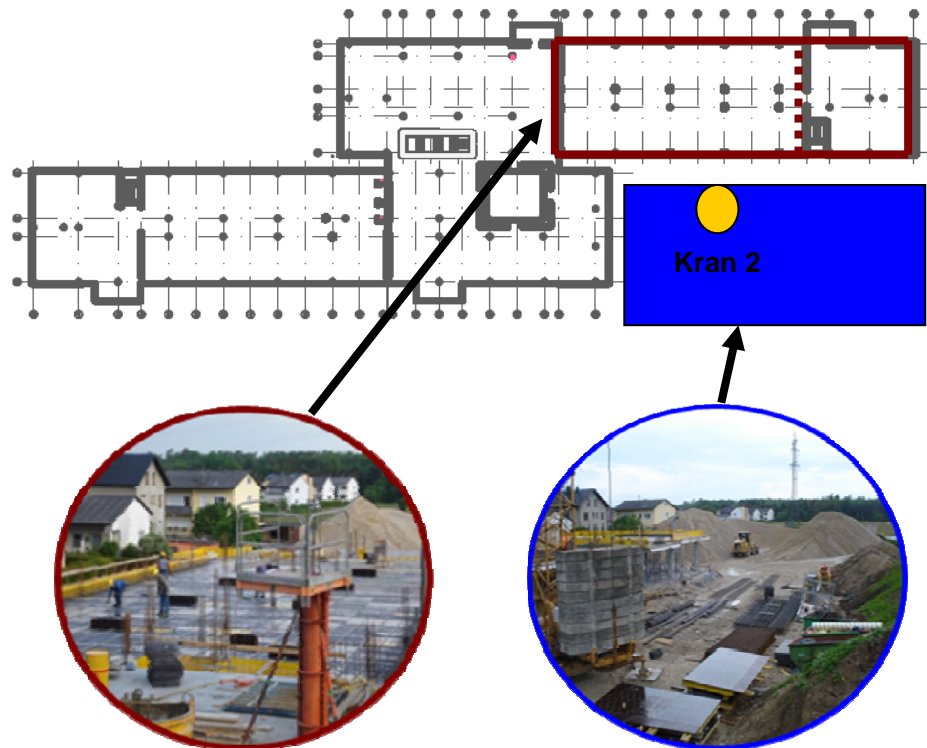


Abbildung 6.31: Grundriss des zweiten Beobachtungsabschnitts

Im Zuge der Arbeiten wurde eine Arbeitsfuge (strichliert dargestellt) ausgebildet, die eine Länge von 17 m aufweist. Zur Lagerung der Bewehrung wurde relativ viel Platz benötigt.

Daten des zweiten Beobachtungsabschnitts

Auch dieser Abschnitt wurde mit Stabstahlbewehrung, Elementbewehrung und Stahlmatten bewehrt. Die Daten sind der nachstehenden Tabelle zu entnehmen.

Grundrissfläche	887,68 m ²	
Deckenstärke	30 cm	
Stützen	DN 30 cm bzw. 25/25 cm	
Stützenverteilung	8,00 x 6,70 m bzw. 8,00 x 2,70 m	
Gesamtbewehrungsmenge	32,62 t	
Stabstahlanteil	51%	
	<u>DN Verteilung</u>	
	DN 8	3,74%
	DN 10	4,97%
	DN 12	51,83%
	DN 14	11,22%
	DN 16	10,43%
	DN 20	7,26%
	DN 26	8,42%
	DN 30	2,12%
	<u>Aufteilung nach Biegeform</u>	
	gerade	95,68%
	einfach	4,32%
	kompliziert	
Elementanteil	28%	
Mattenanteil	21%	
	<u>Mattenverteilung</u>	
	6 kg/m ²	100%
	3,74 kg/m ²	
	5,20 kg/m ²	
mittlerer Stabdurchmesser	14,53 mm	
Bewehrungsgrad	122,49 kg/m ³	

Tabelle 6.7: Daten des zweiten Beobachtungsabschnitts

Soll-Aufwandswerte aus der Literatur

Die Soll-Aufwandswerte ergeben sich wie beim zweiten Abschnitt zu:

- Soll-Aufwandswert für Stabstahl nach VÖBV

Nach VÖBV ergibt sich der Soll-Wert zu:

$$AW_{ST,BT,Soll} = 0,9568 * 5,6 [Std/t] + 0,0432 * 14 [Std/t] = 5,96 [Std/t]$$

- Soll-Aufwandswert für Stabstahl nach Toffel

Nach Toffel ergibt sich der Aufwandswert zu:

$$AW_{ST,BT,Soll} = 15 [Std/t]$$

- Soll-Aufwandswert für Stabstahl nach Platz

Der Soll-Aufwandswert nach *Platz* beträgt:

$$AW_{ST,BT,Soll} = 16 \text{ [Std/t]}$$

- Soll-Aufwandswert für Mattenstahl nach Platz

Für das Verlegen von Mattenstahl ergibt sich lt. *Platz* folgender Soll-Aufwandswert:

$$AW_{MA,BT,Soll} = 13 \text{ [Std/t]}$$

- Gesamt Soll-Aufwandswert nach Platz

Bei einem Mattenanteil von 21 % ergibt sich lt. *Platz* folgender Gesamtaufwandswert:

$$AW_{GES,BT,Soll} \text{ [Std/t]} = 0,21 * AW_{MA,BT,Soll} + 0,79 * AW_{ST,BT,Soll}$$

$$AW_{GES,BT,Soll} = 15,37 \text{ [Std/t]}$$

- Gesamt Soll-Aufwandswert nach Fritsche/Blasy

Der Soll-Wert lt. Bewehrungsatlas beträgt:

$$6,03 \text{ [Std/t]} \leq AW_{GES,BT,Soll} \leq 10,00 \text{ [Std/t]}$$

Bezieht man die Streubereiche mit ein ergeben sich Werte im Bereich:

$$4,82 \text{ [Std/t]} \leq AW_{GES,BT,Soll} \leq 11,38 \text{ [Std/t]}$$

Ergebnisse des zweiten Beobachtungsabschnitts

Für das Verlegen von Stabstahl ergab sich ein Aufwandswert von $AW_{ST,BT} = 2,72 \text{ [Std/t]}$. Der Aufwandswert für das Verlegen von Mattenstahl wurde mit $AW_{MA,BT} = 2,71 \text{ [Std/t]}$ gemessen. Der Gesamtaufwandswert beträgt $AW_{GES,BT} = 2,72 \text{ [Std/t]}$.

6.4.4 Zusammenfassung der Ergebnisse

Im Zuge der Beobachtungen ergaben sich also folgende Aufwandswerte:

- Ergebnisse des ersten Abschnitts:

$$AW_{ST,BT} = 2,95 \text{ [Std/t]}$$

$$AW_{MA,BT} = 2,13 \text{ [Std/t]}$$

$$AW_{GES,BT} = 2,77 \text{ [Std/t]}$$

- Ergebnisse des zweiten Abschnitts:

$$AW_{ST,BT} = 2,72 \text{ [Std/t]}$$

$$AW_{MA,BT} = 2,71 \text{ [Std/t]}$$

$$AW_{GES,BT} = 2,72 \text{ [Std/t]}$$

Verteilung der Arbeiten

Abbildung 6.32 zeigt die Gliederung der Arbeiten in der ersten Gliederungsebene.

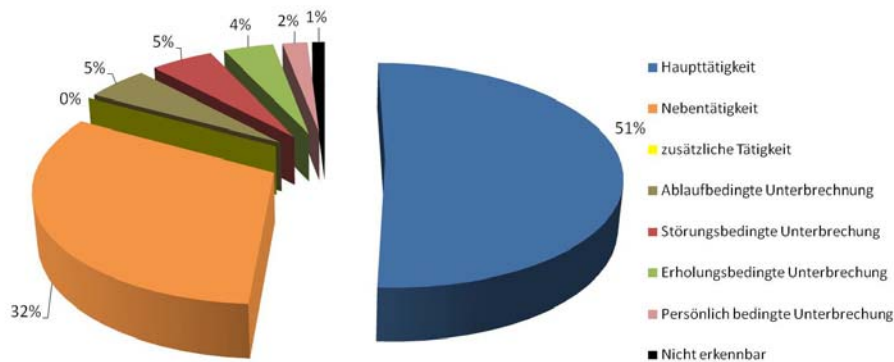


Abbildung 6.32: Verteilung der Arbeiten in der ersten Gliederungsstufe

Die statistische Sicherheit der Verteilung beträgt:

$$f_i^I = \pm 1,96 * \sqrt{\frac{51 * (100 - 51)}{2124}} = \pm 2,13 \text{ [%]}$$

In der zweiten Ebene gliedern sich die Arbeiten wie in Abbildung 6.33 dargestellt.

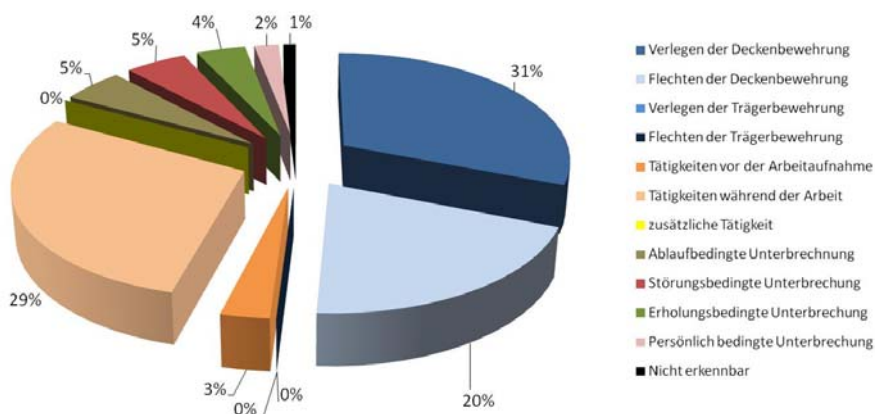


Abbildung 6.33: Verteilung der Arbeiten in der zweiten Gliederungsstufe

Die statistische Sicherheit beträgt:

$$f_i^I = \pm 1,96 * \sqrt{\frac{31 * (100 - 31)}{2124}} = \pm 1,97 \text{ [%]}$$

Die Zeitartern gliedern sich nach Abbildung 6.34.

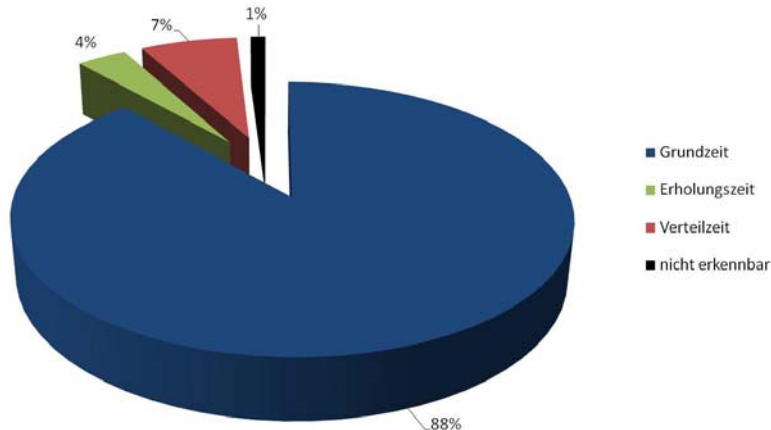


Abbildung 6.34: Gliederung der Zeitartern

Die statistische Sicherheit beträgt:

$$f_i^I = \pm 1,96 * \sqrt{\frac{88 * (100 - 88)}{2124}} = \pm 1,38 \text{ [%]}$$

Kranbindung

Abbildung 6.35 zeigt den Anteil der Kranzeit an den Bewehrungsarbeiten. Aufgenommen wurde dabei die Betriebsmittelgrundzeit.

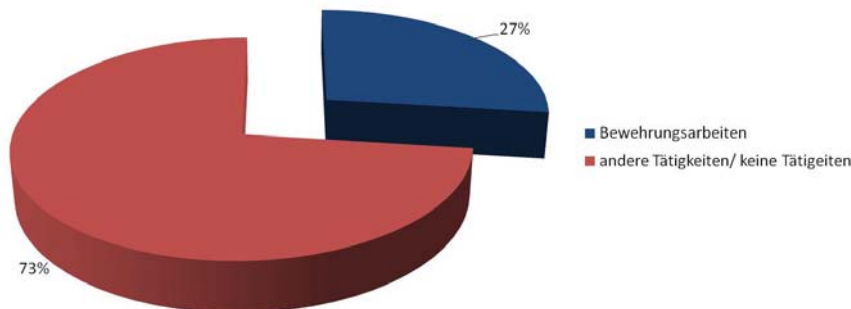


Abbildung 6.35: Kranbindung der Bewehrungsarbeiten

Für die statistische Sicherheit ergibt sich:

$$f_i^I = \pm 1,96 * \sqrt{\frac{23 * (100 - 23)}{534}} = \pm 3,57 \text{ [%]}$$

Die Betriebsmittelgrundzeit beträgt 0,186 KStd/t.

Rechnet man von der Betriebsmittelgrundzeit auf die Betriebsmittelzeit hoch, ergibt sich:

$$t_B[\text{KStd} / t] = \frac{0,186 [\text{KStd} / t]}{60 \%} * 100 \text{ [%]} = 0,31 [\text{KStd} / t]$$

Sonstige Aufwandswerte

Für das Abladen von 8,73 t Bewehrung wurden 2,3 Std benötigt. Daraus folgt der Aufwandswert zu:

$$AW_{Abladen} = \frac{2,3 \text{ [Std]}}{8,73 \text{ [t]}} = 0,264 \text{ [Std / t]}$$

Für eine 17 m lange Arbeitsfuge wurden 1,27 Std benötigt. Der Aufwandswert beträgt:

$$AW_{Arbeitsfuge} = \frac{1,27 \text{ [Std]}}{17 \text{ [lfm]}} = 0,075 \text{ [Std / lfm]}$$

6.4.5 Interpretation der Ergebnisse

Die gemessenen Aufwandswerte für das Verlegen von Stabstahl müssen richtig interpretiert werden. Aufgrund des Einsatzes von Elementbewehrung und der somit fehlenden Vergleichbarkeit mit der Literatur können hier noch keine Aussagen über die Aufwandswerte getroffen werden. Kapitel 7.4 wird sich mit dieser Thematik auseinandersetzen.

6.5 Baustelle Musiktheater Linz

Als letztes und zugleich größtes Beobachtungsobjekt wurde der Neubau des Musiktheaters in Linz gewählt.

Neben einer Tiefgarage für ca. 240 PKWs sind im Gebäude ein Opernhaus für bis zu 1200 Personen, eine Studiobühne für ca. 270 Personen, ein großer Probensaal und ein Restaurant untergebracht.

Die Baumeisterarbeiten wurden von der Firma Strabag ausgeführt. Abbildung 6.36 zeigt eine Visualisierung des Gebäudes.



Abbildung 6.36: Visualisierung des Musiktheaters¹³⁵

Für die Bauarbeiten standen 5 Turmdrehkrane und ein Schnellmontagekran zur Verfügung. Als Deckenschalung wurden großflächige Deckentische eingesetzt, die aufgrund der komplizierten Geometrie des Gebäudes durch viele Passflächen ergänzt werden mussten.

¹³⁵ Copyright: Terry-Pawson-Architects

6.5.1 Arbeitsorganisation auf der Baustelle

Die Organisation der Baustelle ist in Abbildung 6.37 hierarchisch dargestellt. Die Bauleitung wurde direkt an der Baustelle angesiedelt. Dem Polier waren drei Hilfspolier unterstellt, die bei der Koordinierung der Arbeiten behilflich waren.

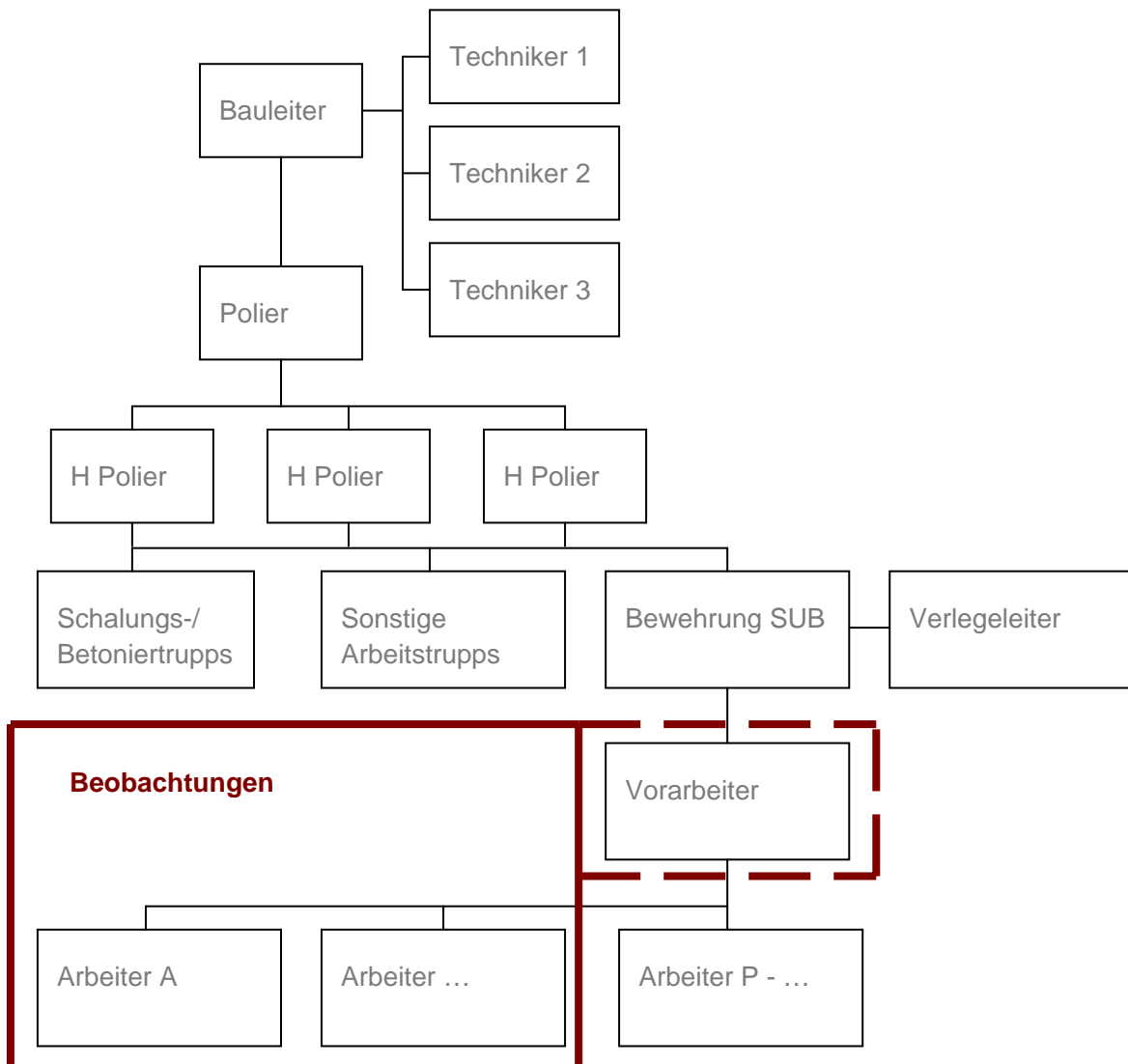


Abbildung 6.37: Organisation auf der Baustelle

Beobachtet wurden die Bewehrungsarbeiten an den Decken. Der Vorarbeiter war dabei nicht immer direkt dem Geschehen auf der Decke zuordenbar. Weiters haben sich auf der Baustelle Bewehrer befunden, die andere Arbeiten (z.B. Bewehren von Wänden) durchführten und beim Bewehren der Decken nicht beteiligt waren.

6.5.2 Erster Beobachtungsabschnitt

Die Lagerung der Bewehrung erfolgte im Gebäudekern. Für den Krantransport der Stäbe zum Arbeitsplatz waren die Krane 3 und 4 zuständig. Ob das Material vor der Lagerung bereits mehr wie ein Mal manipuliert werden musste, konnte im Zuge der Aufnahmen nicht ermittelt werden.

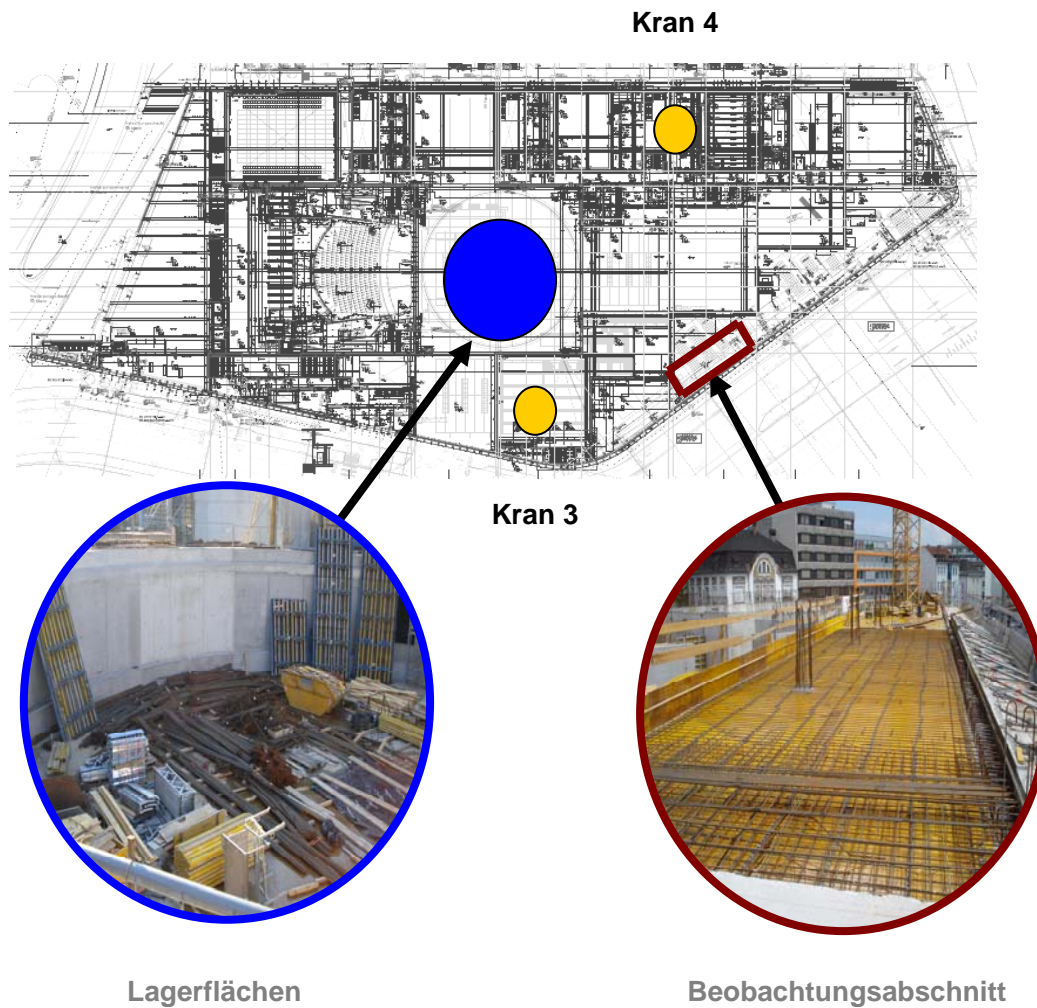


Abbildung 6.38: Erster Beobachtungsabschnitt mit Lagerflächen

Daten zum ersten Beobachtungsabschnitt

Zur Bewehrung der Decke wurden nur Stabstähle verwendet. Tabelle 6.8 listet die Daten des ersten Beobachtungsabschnitts auf.

Grundrissfläche	122,52 m ²	
Deckenstärke	30 cm	
Stützen	30/25 cm bzw. 50/30 cm	
Stützenverteilung	7,35 x 3,75 m	
Gesamtbewehrungsmenge	4,56 t	
Stabstahlanteil	100%	
	<u>DN Verteilung</u>	
	DN 8	8,23%
	DN 10	7,35%
	DN 12	59,77%
	DN 14	
	DN 16	21,66%
	DN 20	2,99%
	DN 26	
	DN 30	
	<u>Aufteilung nach Biegeform</u>	
	gerade	81,03%
	einfach	18,97%
	kompliziert	
Elementanteil	0%	
Mattenanteil	0,00%	
	<u>Mattenverteilung</u>	
	6 kg/m ²	
	3,74 kg/m ²	
	5,20 kg/m ²	
mittlerer Stabdurchmesser	12,63 mm	
Bewehrungsgrad	108,5 kg/m ³	

Tabelle 6.8: Daten des ersten Beobachtungsabschnitts

Soll-Aufwandswerte aus der Literatur

- Soll-Aufwandswert nach VÖBV
 $AW_{GES,BT,Soll} = AW_{ST,BT,Soll} = 0,8103 \cdot 7 \text{ [Std/t]} + 0,1897 \cdot 17,8 \text{ [Std/t]} = 9,05 \text{ [Std/t]}$
- Soll-Aufwandswert nach Toffel
 $AW_{GES,BT,Soll} = AW_{ST,BT,Soll} = 17 \text{ [Std/t]}$
- Soll-Aufwandswert nach Platz
 $AW_{GES,BT,Soll} = AW_{ST,BT,Soll} = 18 \text{ [Std/t]}$

- Soll-Aufwandswert nach Fritsche/Blasy

$$8,45 [\text{Std} / t] \leq AW_{\text{GES,BT,Soll}} = AW_{\text{ST,BT,Soll}} \leq 11,38 [\text{Std} / t]$$

Ergebnisse des ersten Beobachtungsabschnitts

Der Gesamt-Aufwandswert wurde mit $AW_{\text{GES,BT}} = AW_{\text{ST,BT}} = 9,13 [\text{Std}/t]$ gemessen.

6.5.3 Zweiter Beobachtungsabschnitt

Die Lagerung für die Bewehrung dieses Abschnitts erfolgte außerhalb des Gebäudes. Mit dem Transport wurden Kran 2 und Kran 4 beauftragt.

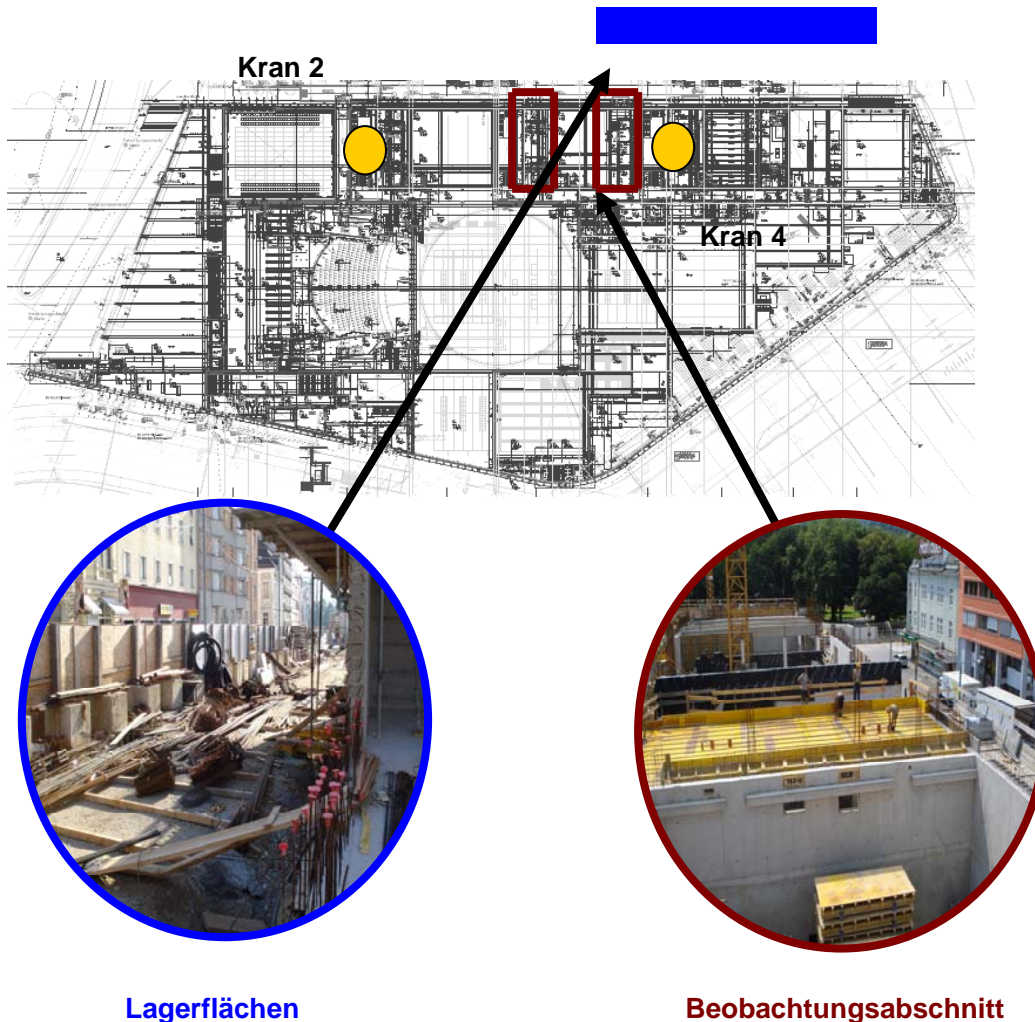


Abbildung 6.39: Erster Beobachtungsabschnitt mit Lagerflächen

Daten des zweiten Beobachtungsabschnitts

Der zweite Beobachtungsabschnitt setzte sich aus zwei kleineren Deckenbauteilen zusammen. Die Daten sind Tabelle 6.9 zu entnehmen.

Grundrissfläche	272,16 m ²	
Deckenstärke	25 cm	
Stützen	35/35 cm bzw. 30/50 cm	
Stützenverteilung/ Spannweite	4,45 x 4,90 m bzw. 6,70 m	
Gesamtbewehrungsmenge	6,76 t	
Stabstahlanteil	100%	
	DN Verteilung	
	DN 8	1,26%
	DN 10	10,74%
	DN 12	82,78%
	DN 14	
	DN 16	2,69%
	DN 20	2,54%
	DN 26	
	DN 30	
	Aufteilung nach Biegeform	
	gerade	89,09%
	einfach	10,91%
	kompliziert	
Elementanteil	0%	
Mattenanteil	0,00%	
	Mattenverteilung	
	6 kg/m ²	
	3,74 kg/m ²	
	5,20 kg/m ²	
mittlerer Stabdurchmesser	12,05 mm	
Bewehrungsgrad	134,02 kg/m ³	

Tabelle 6.9: Daten des zweiten Beobachtungsabschnitts

Soll-Aufwandswerte aus der Literatur

- Soll-Aufwandswert nach VÖBV
 $AW_{GES,BT,Soll} = AW_{ST,BT,Soll} = 0,8909 \cdot 8 \text{ [Std/t]} + 0,1091 \cdot 19 \text{ [Std/t]} = 9,20 \text{ [Std/t]}$
- Soll-Aufwandswert nach Toffel
 $AW_{GES,BT,Soll} = AW_{ST,BT,Soll} = 20 \text{ [Std/t]}$
- Soll-Aufwandswert nach Platz
 $AW_{GES,BT,Soll} = AW_{ST,BT,Soll} = 18 \text{ [Std/t]}$
- Soll-Aufwandswert nach Fritsche/Blasy
 $8,45 \text{ [Std/t]} \leq AW_{GES,BT,Soll} = AW_{ST,BT,Soll} \leq 11,38 \text{ [Std/t]}$

Ergebnisse des Beobachtungsabschnitts

Für den Verlegeaufwand im zweiten Beobachtungsabschnitt wurde ein Gesamtaufwandswert von $AW_{GES,BT} = AW_{ST,BT} = 8,69 [Std/t]$.

6.5.4 Dritter Beobachtungsabschnitt

Zum Schluss wurden die Bewehrungsarbeiten an einem größeren Deckenfeld beobachtet. Die Lagerung des Materials erfolgte außerhalb des Gebäudes. Als Beobachtungsposten wurde ein Turmdrehkran gewählt.

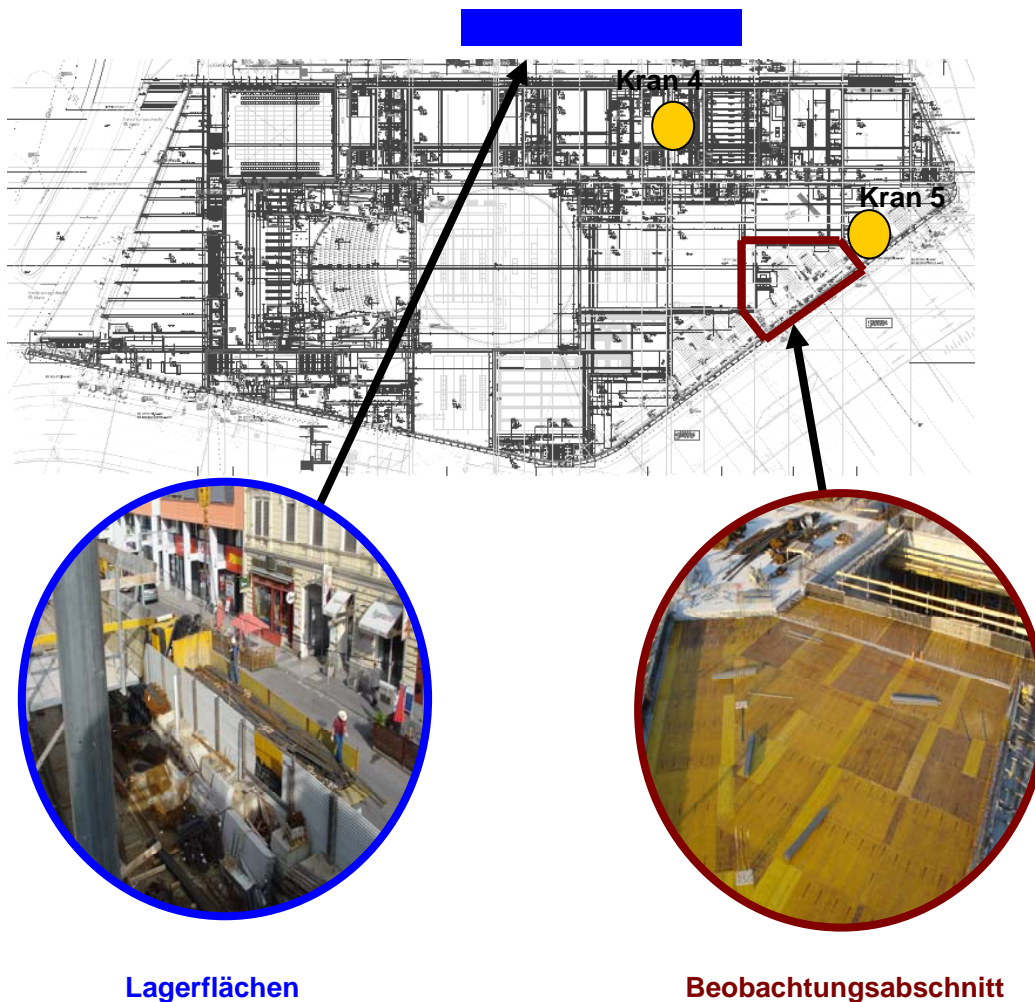


Abbildung 6.40: Dritter Beobachtungsabschnitt mit Lagerflächen

Daten des dritten Beobachtungsabschnitts

Die Daten zum dritten Beobachtungsabschnitt sind Tabelle 6.10 zu entnehmen.

Grundrissfläche	305,69 m ²	
Deckenstärke	35 cm	
Stützen	35/35 cm bzw. 30/50 cm	
Stützenverteilung/ Spannw.	4,45 x 4,90 m bzw. 6,70 m	
Gesamtbewehrungs- menge	9,99 t	
Stabstahlanteil	100%	
	DN Verteilung	
	DN 8	2,54%
	DN 10	5,25%
	DN 12	79,65%
	DN 14	4,88%
	DN 16	7,51%
	DN 20	0,17%
	DN 26	
	DN 30	
	Aufteilung nach Biegeform	
	gerade	88,72%
	einfach	11,28%
	kompliziert	
Elementanteil	0%	
Mattenanteil	0,00%	
	Mattenverteilung	
	6 kg/m ²	
	3,74 kg/m ²	
	5,20 kg/m ²	
mittlerer Stabdurchmesser	12,21 mm	
Bewehrungsgrad	93,08 kg/m ³	

Tabelle 6.10: Eckdaten des dritten Beobachtungsabschnitts

Soll-Aufwandswerte aus der Literatur

- Soll-Aufwandswert nach VÖBV
 $AW_{GES,BT,Soll} = AW_{ST,BT,Soll} = 0,8872 * 7,5 [Std/t] + 0,1128 * 18 [Std/t] = 8,68 [Std/t]$
- Soll-Aufwandswert nach Toffel
 $AW_{GES,BT,Soll} = AW_{ST,BT,Soll} = 15 [Std/t]$
- Soll-Aufwandswert nach Platz
 $AW_{GES,BT,Soll} = AW_{ST,BT,Soll} = 18 [Std/t]$

- Soll-Aufwandswert nach Fritsche/Blasy
 $6,03 [Std / t] \leq AW_{GES,BT,Soll} = AW_{ST,BT,Soll} \leq 10 [Std / t]$

Ergebnisse des dritten Beobachtungsabschnitts

Im dritten Beobachtungsabschnitt wurde ein Aufwandswert von $AW_{GES,BT} = AW_{ST,BT} = 7,17 [Std/t]$ gemessen.

6.5.5 Zusammenfassung der Ergebnisse

Zusammenfassend wurden folgende Aufwandswerte ermittelt:

- Ergebnisse des ersten Abschnitts:
 $AW_{GES,BT} = AW_{ST,BT} = 9,13 [Std/t]$
- Ergebnisse des zweiten Abschnitts:
 $AW_{GES,BT} = AW_{ST,BT} = 8,69 [Std/t]$
- Ergebnisse des dritten Abschnitts:
 $AW_{GES,BT} = AW_{ST,BT} = 7,17 [Std/t]$

Verteilung der Arbeiten

In der ersten Ebene verteilen sich die Arbeiten lt. Abbildung 6.41.

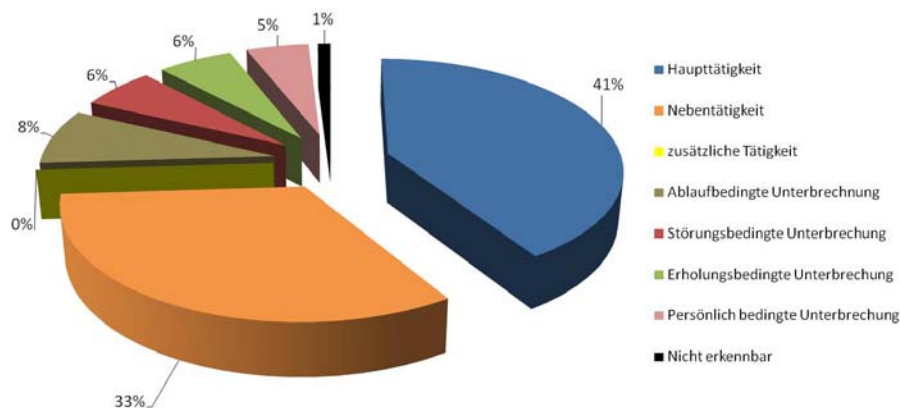


Abbildung 6.41: Auswertung der ersten Ebene

Die statistische Sicherheit beträgt:

$$f_i^I = \pm 1,96 * \sqrt{\frac{41 * (100 - 41)}{1977}} = \pm 2,17 [\%]$$

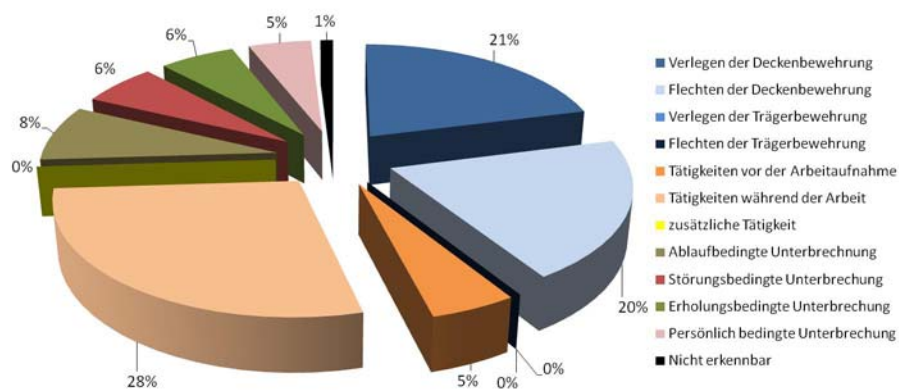


Abbildung 6.42: Auswertung der zweiten Ebene

$$f_i^I = \pm 1,96 * \sqrt{\frac{28 * (100 - 28)}{1977}} = \pm 1,98 \text{ [%]}$$

Die Ermittlung der Zeitarten erfolgt nach Abbildung 3.4 aus Kapitel 3.4. Die Ergebnisse sind in Abbildung 6.43 dargestellt.

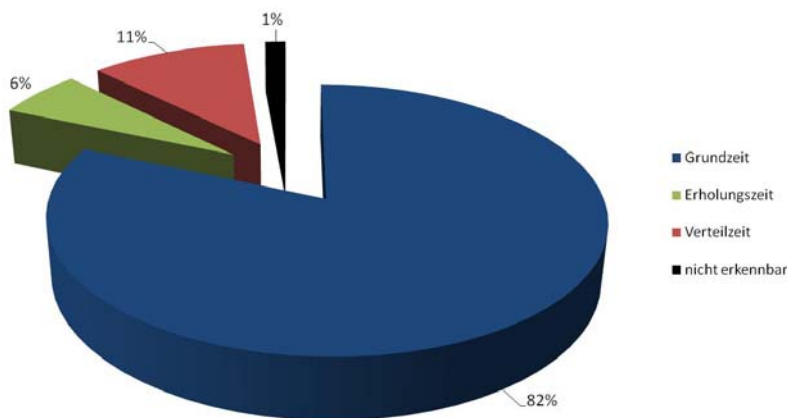


Abbildung 6.43: Verteilung der Zeitarten

$$f_i^I = \pm 1,96 * \sqrt{\frac{82 * (100 - 82)}{1977}} = \pm 1,69 \text{ [%]}$$

Kranbindung

Abbildung 6.44 zeigt den Anteil der Bewehrungsarbeiten an der Kranzeit. Aufgenommen wurde dabei die Betriebsmittelgrundzeit.

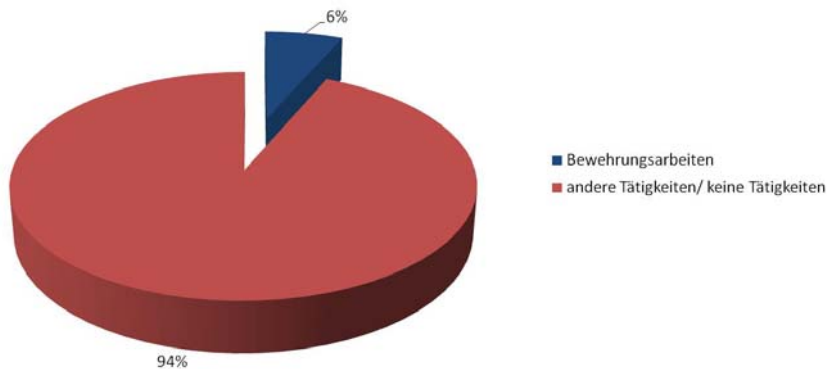


Abbildung 6.44: Kranbindung der Bewehrungsarbeiten

Für die statistische Sicherheit ergibt sich:

$$f_i^I = \pm 1,96 * \sqrt{\frac{6 * (100 - 6)}{710}} = \pm 1,75 \text{ [%]}$$

Die Betriebsmittelgrundzeit wurde mit 0,166 KStd/t gemessen.

Rechnet man von der Betriebsmittelgrundzeit auf die Betriebsmittelzeit hoch, ergibt sich:

$$t_B [KStd / t] = \frac{0,166 [KStd / t]}{60 \text{ \%}} * 100 \text{ [%]} = 0,27 [KStd / t]$$

Sonstige Aufwandswerte

Während der Beobachtungen wurde es ermöglicht, das Abladen der Bewehrung vom LKW auf den Lagerplatz zu untersuchen. Dabei wurden für das Abladen von 22,21 t Bewehrung 1,8 Std. benötigt.

Der Aufwandswert für das Abladen ergibt sich zu:

$$AW_{\text{Abladen}} = \frac{1,8 [Std]}{22,21 [t]} = 0,081 [Std / t]$$

Das Herstellen der Arbeitsfugen wurde von Arbeitern der Baufirma durchgeführt. Für eine Arbeitsfuge von 8,5 m Länge wurde 1 Std. benötigt.

Der Aufwandswert beträgt demzufolge:

$$AW_{\text{Arbeitsfuge}} = \frac{1,0 [Std]}{8,5 [lfm]} = 0,118 [Std / lfm]$$

6.5.6 Interpretation der Ergebnisse

Die gemessenen Werte kommen den vorgegebenen Soll-Werten der VÖBV sehr nahe. Verglichen mit den anderen Soll-Werten liegen die gemessenen Aufwandswerte niedriger.

Der Anteil der Verteilzeit ist verglichen mit den anderen beobachteten Baustellen wesentlich höher. Dies ist vor allem auf Wartezeiten für die Kranbenützung zurückzuführen.

6.6 Vergleich der Ergebnisse

Abbildung 6.45 zeigt die ermittelten Ergebnisse auf einen Blick.

	Baustelle Aderklaa			Baustelle Graz		Baustelle Musiktheater			Baustelle Traun	
	AB1	AB2	AB3	AB1	AB2	AB1	AB2	AB3	AB1	AB2
AW _{ges,ET}	4,23 Std/t	3,62 Std/t	3,30 Std/t	9,00 Std/t	11,89 Std/t	9,13 Std/t	8,33 Std/t	7,17 Std/t	2,77 Std/t	2,72 Std/t
AW _{st,ET}	4,23 Std/t	3,62 Std/t	3,30 Std/t	15,28 Std/t	13,76 Std/t	9,13 Std/t	8,33 Std/t	7,17 Std/t	2,95 Std/t	2,72 Std/t
AW _{tr,ET}				4,37 Std/t						
AW _{ma,ET}				2,68 Std/t	5,05 Std/t				2,13 Std/t	2,71 Std/t
Kranbindung	0,31 h/t			0,13 h/t		0,27 h/t			0,31 h/t	
MH	45,00%			55,00%		41,00%			51,00%	
MN	33,00%			25,00%		33,00%			32,00%	
MZ	0,00%			2,00%		0,00%			0,00%	
MA	10,00%			8,00%		8,00%			5,00%	
ME	6,00%			2,00%		6,00%			5,00%	
MS	0,00%			2,00%		6,00%			4,00%	
MP	5,00%			4,00%		5,00%			2,00%	
NE	1,00%			2,00%		1,00%			1,00%	
Verteilzeit	5,00%			8,00%		11,00%			7,00%	

Abbildung 6.45: Zusammenfassung der Ergebnisse

Blau hinterlegt sind die ermittelten Aufwandswerte dargestellt. Auf grauem Hintergrund ist die Zusammensetzung der Aufwandswerte zu erkennen.

Zum Schluss sollen die markantesten Punkte aufgezeigt und im Detail untereinander verglichen werden. Abhängig von der Herstellform der Bewehrung oder von der Kranbindung ergeben sich bei den Arbeiten unterschiedliche Verteilungen und Aufwandswerte.

6.6.1 Vergleich: lose Stabstahlbewehrung-Elementbewehrung

Durch das Verwenden von Elementbewehrung kann Arbeitszeit beim Verlegen eingespart werden. Der Anteil der Arbeiten wie „Flechten der unteren Bewehrungslage“ vermindert sich, während der Anteil der Schneidearbeiten zunimmt.

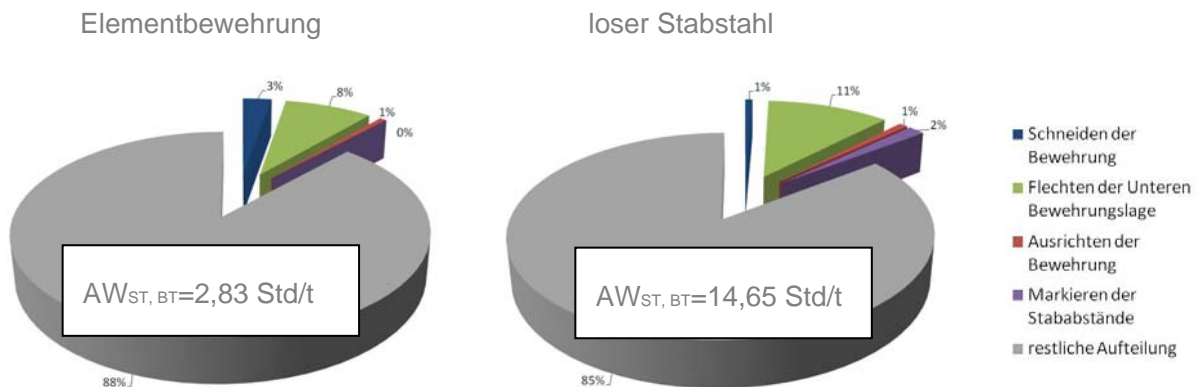


Abbildung 6.46: Vergleich Elementbewehrung-loser Stabstahl

Abbildung 6.46 zeigt, dass beim Verlegen von Elementen der Flechtanteil der unteren Bewehrungslage 8 % beträgt. Beim Verlegen von loseem Stabstahl steigt er hingegen auf 11 % an. Der Schneideanteil liegt beim Einsatz von Elementbewehrung höher.

Die Auswirkungen von Elementbewehrung auf den Aufwandswert werden in Kapitel 7.4, im Zuge der Aufwandswertbereinigung ermittelt.

6.6.2 Vergleich: hohe Kranbindung-niedrige Kranbindung

Die Kranverfügbarkeit hat erhebliche Auswirkungen auf die Produktivität von Bewehrungsarbeiten. Ausgehend von ihr ändert sich auch die Arbeitszusammensetzung. Während bei hoher Kranverfügbarkeit kaum störungsbedingte Unterbrechungen festgestellt wurden, musste vor allem auf Baustellen in der Hauptbauphase öfters auf den Kran gewartet werden.

Abbildung 6.47 zeigt das oben Beschriebene. Während im günstigsten Fall das Vorbereiten mit Kranunterstützung 4 % ausmacht, beträgt er im ungünstigeren Fall nur mehr 1 %. Im Gegensatz dazu steigt der Anteil des störungsbedingten Unterbrechens.

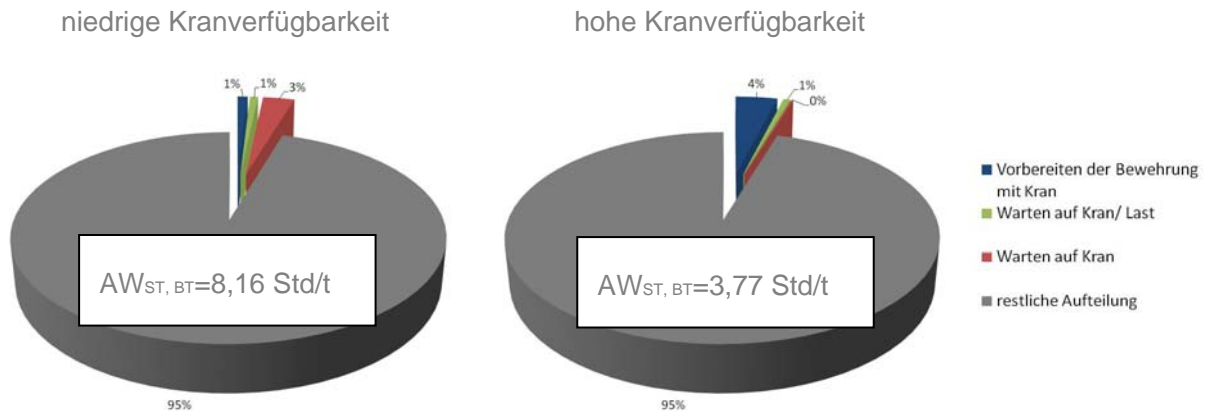


Abbildung 6.47: Vergleich niedrige Kranverfügbarkeit-hohe Kranverfügbarkeit

Für den späteren Vergleich der Aufwandswerte wird in Kapitel 7 versucht, den Einfluss der Kranbindung zu bewerten.

6.6.3 Vergleich: hohe Einarbeitung-niedrige Einarbeitung

In der Literatur wird der Einarbeitung bei Bewehrungsarbeiten nur ein geringer Einfluss zugeschrieben.¹³⁶ Die gewonnenen Ergebnisse lassen jedoch auf Anderes schließen. Als Indikator dafür sollen der Anteil des ablaufbedingten Unterbrechens und der Anteil für das Planstudium dienen.

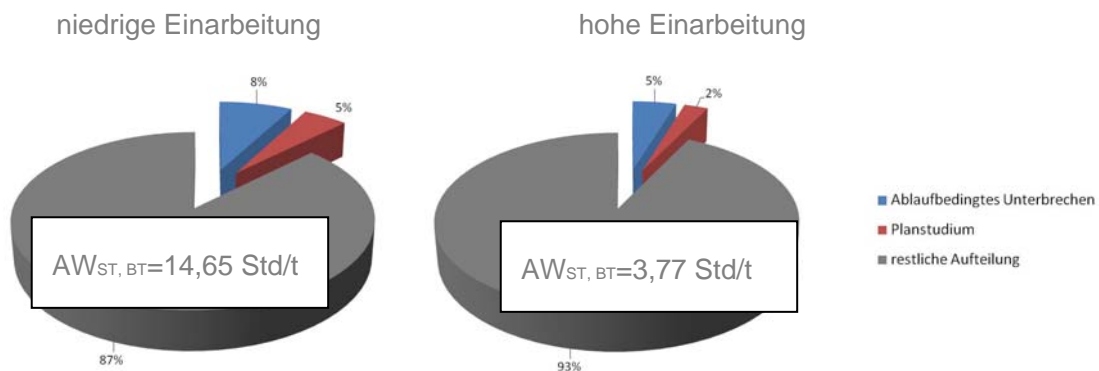


Abbildung 6.48: Vergleich des ablaufbedingten Unterbrechens und Planstudiums

Wie in Abbildung 6.48 ersichtlich ist, erhöht sich der Anteil des ablaufbedingten Wartens bei einem niedrigen Einarbeitungsgrad. Wartezeiten auf Kollegen und Zeiten für Besprechungen sind die Ursache dafür. Zusätzlich erhöht sich auch der Anteil für das Planstudium.

¹³⁶ Vgl. DREES/ SPRANZ: Handbuch der Arbeitsvorbereitung in Bauunternehmen; 1976; S.75.

7 Beurteilung und Angleichung der Aufwandswerte

Die in Kapitel 6 ermittelten Aufwandswerte sind wie bei der Beschreibung der Einflüsse (Kapitel 5.1) dargestellt, von vielen Randbedingungen geprägt. Einige dieser Zusammenhänge werden in der Literatur behandelt und dargestellt, andere sind vom Beobachter objektiv festzulegen.

Aufgrund dieser Tatsache ist es unmöglich, die ermittelten Aufwandswerte eins zu eins untereinander zu vergleichen. Zur Beurteilung wird daher ein Verfahren erforderlich, das diese Einflüsse Schritt für Schritt von den Aufwandswerten löst, um eine Vergleichbarkeit herstellen zu können.

7.1 Konzept zur Beurteilung der Aufwandswerte

Vorrangig geht es darum, festzulegen welche Faktoren, in welcher Reihenfolge die Aufwandswerte beeinflussen. Dabei ist es unmöglich, alle Einflüsse zu berücksichtigen. Das Augenmerk ist dadurch auf die wesentlichen Beeinflussungen zu legen.

Lt. *Schubert/Rose* sind die wesentlichen Einflüsse:¹³⁷

- Ausreißer
- Haupttätigkeitsanteil
- Stabdurchmesser/Mattengewicht
- Bauteil
- Bügelanteil
- Baustelle

Wie sich bei den Beobachtungen gezeigt hat, werden die Aufwandswerte von weiteren Faktoren wesentlich beeinflusst. Diese sind:

- Verteilzeit
- Kranbindung

Nachdem die Einflüsse nun bekannt sind, müssen diese mittels einer Einflussfunktion definiert werden. Ist die Funktion gefunden, können die Werte mittels Formel 7.1 bereinigt werden. Abbildung 7.1 zeigt dies am Beispiel des Faktors Stabdurchmesser.

¹³⁷ SCHUBERT E., ROSE K.: Kosteneinflüsse bei Stahlverlegearbeiten im Betonbau, in: Bauingenieur 63; 1988; S.170.

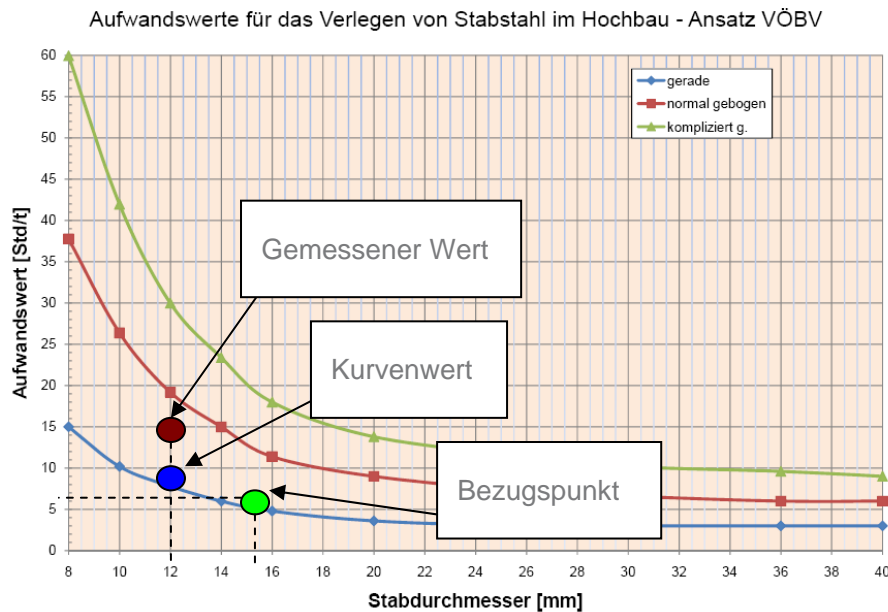


Abbildung 7.1: Aufwandswerte in Abhängigkeit vom Stabdurchmesser lt. VÖBV

Die gemessenen Werte streuen demnach um die Einflussfunktion. Nun lassen sich die Messwerte durch Formel 7.1 bereinigen und streuen dadurch um den Aufwandswert des Bezugspunkts.¹³⁸

$$AW_{\text{bereinigt}} [\text{Std./t}] = AW_{\text{gemessen}} * \frac{AW_{\text{Bezugspunkt}}}{AW_{\text{Kurvenwert}}}$$

Formel 7.1¹³⁹: Hauptformel der Bereinigung

Der Bezugspunkt ist dabei so zu wählen, dass der Mittelwert aller Messpunkte (von zu untersuchender Baustelle und den Vergleichsbaustellen) vor und nach der Bereinigungsstufe gleichbleibt.¹⁴⁰

Der Kurvenwert wird durch die Einflussfunktion ermittelt.

Im Folgenden werden die Einflüsse kurz beschrieben und die zugehörigen Einflussfunktionen definiert.

¹³⁸ Vgl. SCHUBERT E., ROSE K.: Kosteneinflüsse bei Stahlverlegearbeiten im Betonbau, in: Bauingenieur 63; 1988; S.170.

¹³⁹ SCHUBERT E., ROSE K.: Kosteneinflüsse bei Stahlverlegearbeiten im Betonbau, in: Bauingenieur 63; 1988; S.170.

¹⁴⁰ SCHUBERT E., ROSE K.: Kosteneinflüsse bei Stahlverlegearbeiten im Betonbau, in: Bauingenieur 63; 1988; S.170.

7.1.1 Eliminierung der Ausreißer

Die häufig praktizierte Vorgehensweise, Werte ober- und unterhalb festgelegter Grenzen (...) von vornherein als Ausreißer zu betrachten, findet hier keine Anwendung.¹⁴¹

Dies beruht auf der Tatsache, dass jeder ermittelte Wert, unabhängig von seiner Abweichung, erklärbar ist. Aus diesem Grund muss nur entschieden werden, ob gemessene Werte in der Auswertung mitberücksichtigt werden oder nicht.¹⁴²

7.1.2 Berücksichtigung des Haupttätigkeitsanteils

Interpretiert man die Definition der Haupttätigkeit lt. REFA (siehe Kapitel 3.4), kann man daraus schließen, dass der Haupttätigkeitsanteil direkten Einfluss auf die Produktivität hat. Je höher also der Anteil, desto höher die Produktivität und desto niedriger der Aufwandswert.¹⁴³

Ermittlung der Einflussfunktion

Abbildung 7.2 zeigt den Zusammenhang zwischen Haupttätigkeitsanteil und Aufwandswert. Demzufolge wird bei einem Haupttätigkeitsanteil von 0 % keine Produktivität erzielt. Zur Definition der Funktion wird ein Ausgangswert von 10 Std/t gewählt.

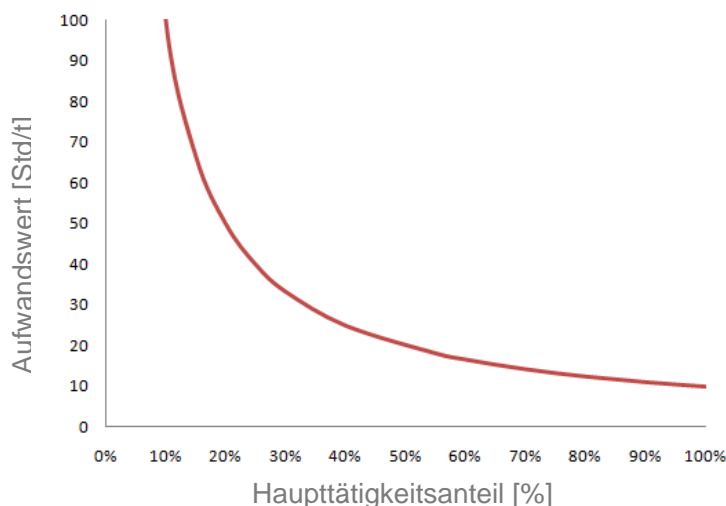


Abbildung 7.2: Aufwandswert in Abhängigkeit des Haupttätigkeitsanteils

¹⁴¹ SCHUBERT E., ROSE K.: Kosteneinflüsse bei Stahlverlegearbeiten im Betonbau, in: Bauingenieur 63; 1988; S.172.

¹⁴² Vgl. SCHUBERT E., ROSE K.: Kosteneinflüsse bei Stahlverlegearbeiten im Betonbau, in: Bauingenieur 63; 1988; S.172f.

¹⁴³ Vgl. SCHUBERT E., ROSE K.: Kosteneinflüsse bei Stahlverlegearbeiten im Betonbau, in: Bauingenieur 63; 1988; S.174.

Der in der Abbildung erkennbare Zusammenhang lässt sich durch Formel 7.2 ¹⁴⁴ beschreiben.

$$AW_{\text{Kurvenwert}} [\text{Std} / \text{t}] = \frac{100 [\%]}{\frac{1}{10 [\text{Std} / \text{t}]} * MH \%}$$

Formel 7.2: Eliminierung der Haupttätigkeit

Nach der Beurteilung der gemessenen Ergebnisse lässt sich der vorhin geschilderte Zusammenhang nicht nachweisen. Abbildung 7.3 zeigt, dass aus einem hohen Anteil der Haupttätigkeit keine höhere Produktivität folgt. Dies liegt daran, dass durch einen hohen Kraneinsatz niedrigere Aufwandswerte erzielt werden konnten, dadurch jedoch der Anteil der Nebentätigkeiten stieg.

Aus diesem Grund erscheint eine Bereinigung der Verteilzeiten sinnvoller, da sie auch Nebentätigkeiten berücksichtigt.

	Baustelle Aderklaa			Baustelle Graz		Baustelle Musiktheater			Baustelle Traun	
	AB1	AB2	AB3	AB1	AB2	AB1	AB2	AB3	AB1	AB2
AW _{GES,BT}	4,23 Std/t	3,62 Std/t	3,30 Std/t	9,00 Std/t	11,89 Std/t	9,13 Std/t	8,33 Std/t	7,17 Std/t	2,77 Std/t	2,72 Std/t
AW _{ST,BT}	4,23 Std/t	3,62 Std/t	3,30 Std/t	15,28 Std/t	13,76 Std/t	9,13 Std/t	8,33 Std/t	7,17 Std/t	2,95 Std/t	2,72 Std/t
AW _{TR,BT}				4,37 Std/t						
AW _{HA,BT}				2,68 Std/t	5,05 Std/t				2,13 Std/t	2,71 Std/t
Kranbindung	0,31 h/t			0,13 h/t		0,27 h/t			0,31 h/t	
MH	45,00%			55,00%		41,00%			51,00%	
MN	33,00%			25,00%		33,00%			32,00%	
MZ	0,00%			2,00%		0,00%			0,00%	
MA	10,00%			8,00%		8,00%			5,00%	
ME	6,00%			2,00%		6,00%			5,00%	
MS	0,00%			2,00%		6,00%			4,00%	
MP	5,00%			4,00%		5,00%			2,00%	
NE	1,00%			2,00%		1,00%			1,00%	
Verteilzeit	5,00%			8,00%		11,00%			7,00%	

Abbildung 7.3: Zusammensetzung der Aufwandswerte

¹⁴⁴ Vgl. SCHUBERT E., ROSE K.: Kosteneinflüsse bei Stahlverlegearbeiten im Betonbau, in: Bauingenieur 63; 1988; S.174.

7.1.3 Einfluss des Stabdurchmessers/Mattengewichts

Wie in der Literatur angeführt, hat der Stabdurchmesser erheblichen Einfluss auf die Verlegezeit. Hier gilt, desto größer der Stabdurchmesser, desto geringere Aufwandswerte.

Abbildung 7.4 zeigt den Zusammenhang der Verlegezeit in Abhängigkeit vom Durchmesser. Wie in Kapitel 4.2 beschrieben, gibt es weitere Ansätze, die diesen Zusammenhang berücksichtigen. Diese weisen qualitativ einen ähnlichen Verlauf auf, quantitativ gibt es jedoch Unterschiede.

Ermittlung der Einflussfunktion

Für die weiteren Betrachtungen soll für das Verlegen von Stabstahlbewehrung der Verlauf lt. *VÖBV* als Einflussfunktion dienen, da er sich in der Praxis bereits bei vielen Vergleichen bewährt hat.

Von den drei dargestellten Kurven ist vorerst nur die blaue von Bedeutung. Die Biegeform der verlegten Stäbe wird erst im Punkt 7.1.5 berücksichtigt.

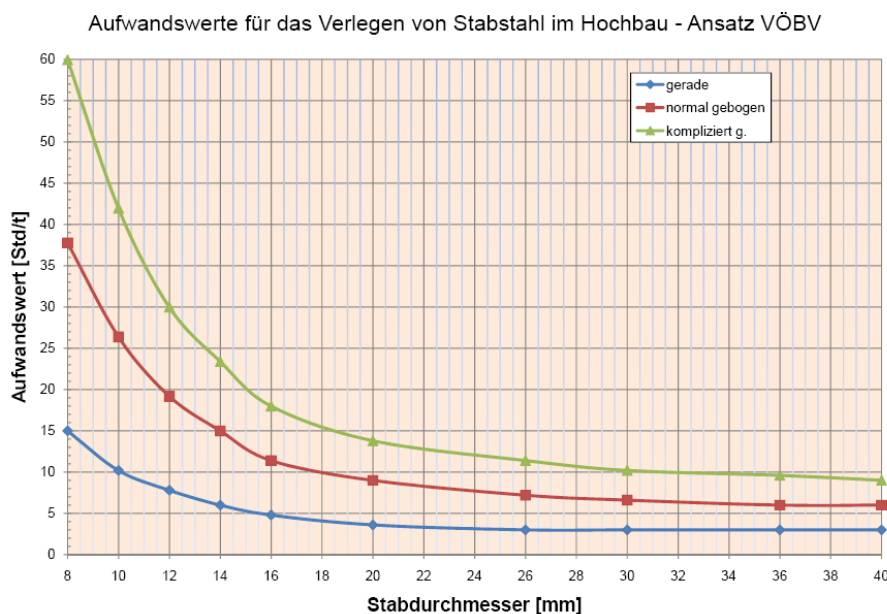


Abbildung 7.4: Zusammenhang von Durchmesser und Aufwandswert lt. *VÖBV*

Für das Verlegen von Mattenstahl soll nun ein ähnlicher Ansatz gefunden werden. *Platz* gibt dabei den Zusammenhang zwischen mittleren Mattengewicht und Aufwandswert an. Abbildung 7.5 zeigt die Funktion.

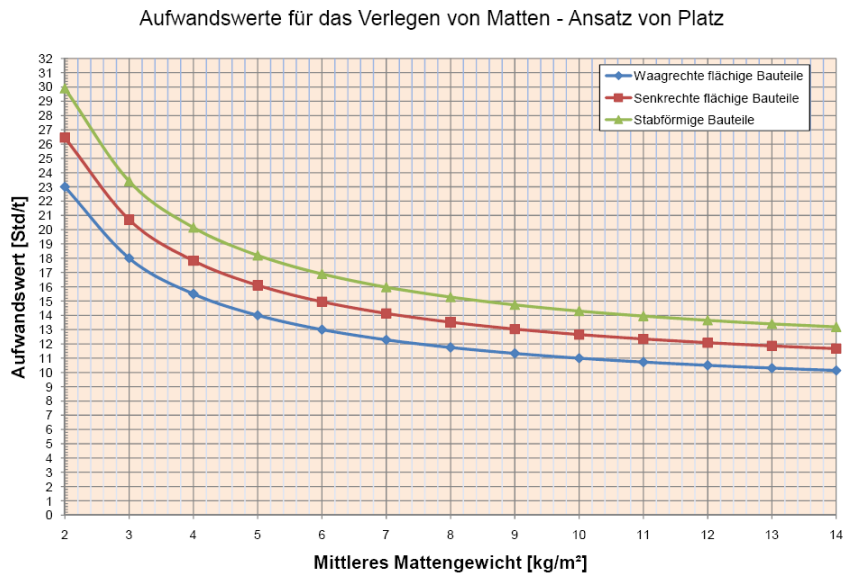


Abbildung 7.5: Zusammenhang zwischen mittleren Mattengewicht und Aufwandswert nach Platz ©Christian Hofstadler

Für das Verlegen von Matten bei Decken ist nur die blau dargestellte Kurve von Bedeutung.

7.1.4 Einfluss des Bauteils

Da die Aufnahmen ohnehin nur an Decken durchgeführt wurden, kann dieser Schritt entfallen.

7.1.5 Einfluss des Bügelanteils

Der Einfluss des Bügelanteils ist in Abbildung 7.6 dargestellt. Dabei kann davon ausgegangen werden, dass der Verlegeaufwand für einfach gebogene Stäbe, unabhängig vom Stabdurchmesser, im Mittel um ca. 220 % über jenen gerader Stäbe liegt. Dies bedeutet, dass bei 100 % Anteil von einfach gebogenen Stäben der Aufwandswert 220 % höher sein wird. Auf keiner der Baustellen wurden kompliziert gebogene Stäbe verlegt, was die grün dargestellte Kurve für die weiteren Überlegungen überflüssig macht.

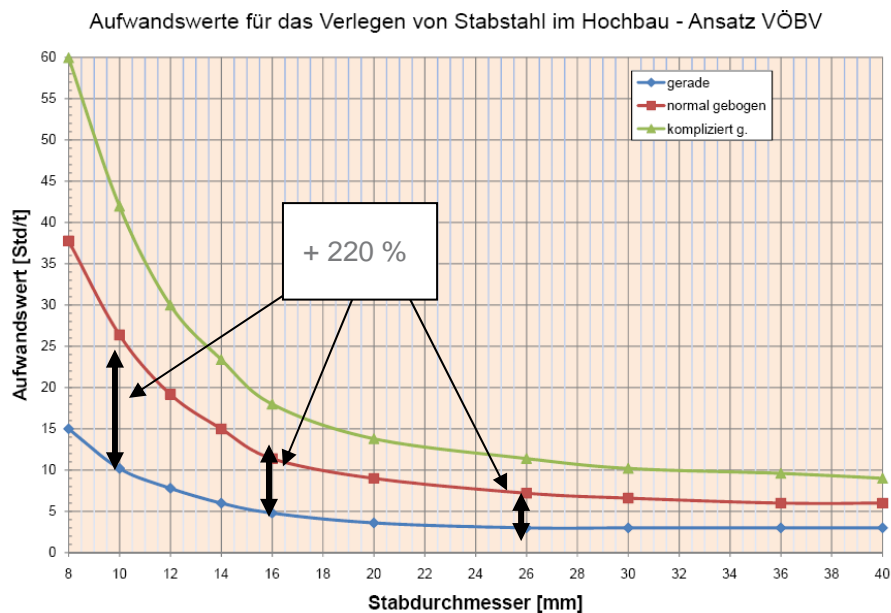


Abbildung 7.6: Aufwandswerte in Abhängigkeit vom Stabdurchmesser und Bügelform lt. VÖBV

Ermittlung der Einflussfunktion

Für eine Beurteilung dieses linearen Zusammenhangs, ist es erforderlich, die Steigung der Geraden zu bestimmen. Bei einem Verlegeaufwand von z.B. 10 Std/t und einem Bügelanteil von 0 % bleibt der Aufwandswert bei 10 Std/t. Erhöht sich der Bügelanteil auf 100 % stellt sich der Wert bei 22 Std/t ein. Die Steigung errechnet sich somit nach Formel 7.3.

$$k = \frac{22 - 10}{100 \%} = 12$$

Formel 7.3: Berechnung der Steigung

Womit sich die Gleichung der Geraden wie folgt aufstellen lässt:

$$y = 12 * x + d$$

Formel 7.4: Gleichung der Geraden zur Bewertung des Bügelanteils

Die grafische Darstellung ist in Abbildung 7.7 ersichtlich. Zur Definition wird ein Ausgangswert von 10 Std/t gewählt.

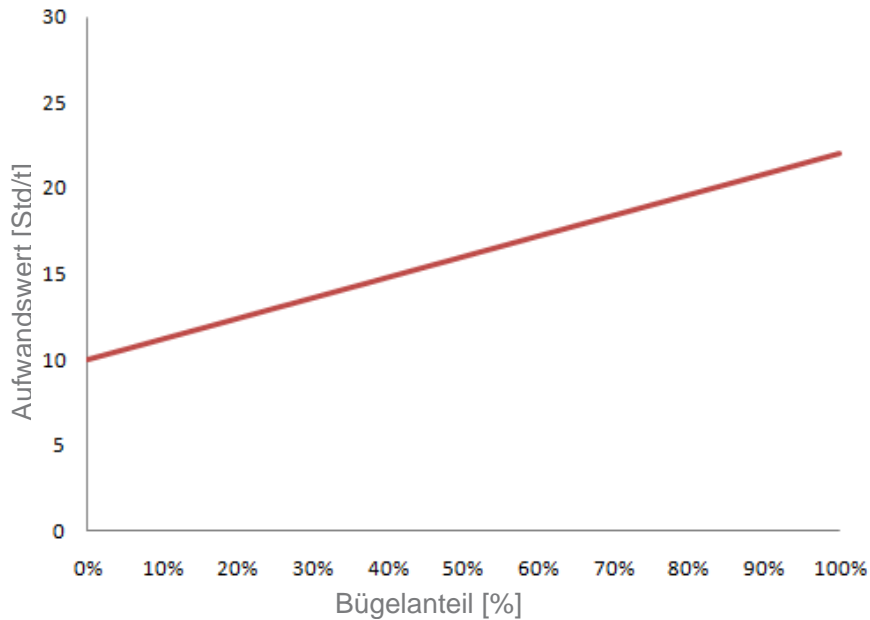


Abbildung 7.7: Aufwandswerte in Abhängigkeit vom Bügelanteil

Daraus folgt der Kurvenwert in Abhängigkeit des Bügelanteils zu:

$$AW_{\text{Kurvenwert}} [\text{Std} / \text{t}] = 12 * \text{Bügelanteil} [\%] + 10 [\text{Std} / \text{t}]$$

7.1.6 Einfluss der Baustelle

Der Einfluss der unterschiedlichen Baustellen lässt sich weder quantitativ noch qualitativ festmachen. Zu viele unterschiedliche Faktoren wirken zusammen, wodurch eine korrekte Bewertung nicht möglich ist.

7.1.7 Berücksichtigung der Verteilzeit

Wie aus Kapitel 3.4 hervorgeht, setzt sich die Verteilzeit aus den Ablaufarten zusätzliche Tätigkeit, störungsbedingtem Unterbrechen und persönlich bedingtem Unterbrechen zusammen. Während der Beobachtungen wurde festgestellt, dass der Anteil der Verteilzeit im Zusammenhang mit der Produktivität steht.

Ermittlung der Einflussfunktion

Desto weniger Verteilzeit, desto größer die Produktivität. Dabei verhält sich die Verteilzeit zum Aufwandswert gleich wie bei der Haupttätigkeit. Demnach würde bei einem Verteilzeitanteil von 100 % die Verlegezeit gegen unendlich tendieren. Dieser Zusammenhang wird mittels Formel 7.5 beschrieben. Zur Definition des Kurvenwerts wird ein Ausgangswert von 10 Std/t gewählt.

$$AW_{\text{Kurvenwert}} [\text{Std} / \text{t}] = \frac{100 [\%]}{\frac{1}{10 [\text{Std} / \text{t}]} * (100 [\%] - \text{Verteilzeit} [\%])}$$

Formel 7.5: Eliminierung der Verteilzeit

Abbildung 7.8 stellt den Zusammenhang der Formel grafisch dar.

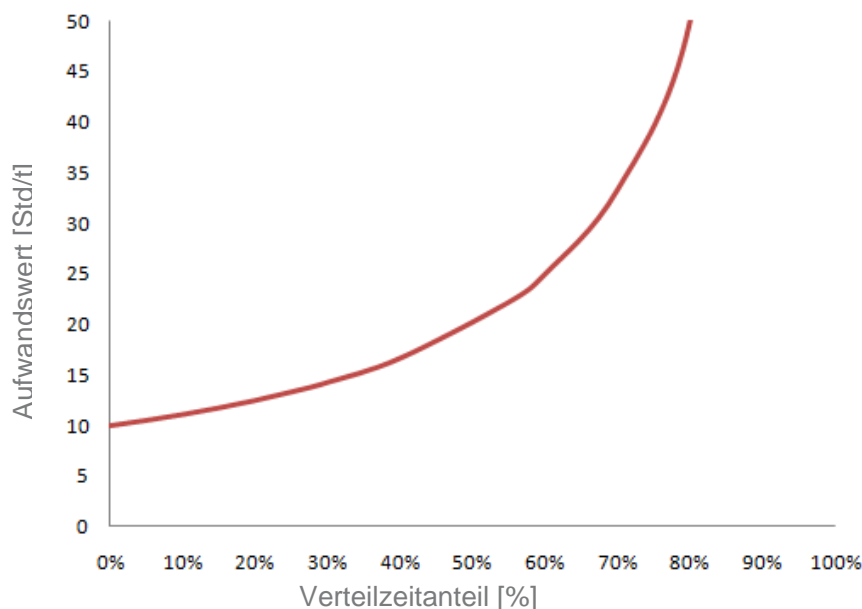


Abbildung 7.8: Zusammenhang zwischen Verteilzeit und Aufwandswert

Als Ausgangswert wurden 10 Std/t angesetzt.

7.1.8 Kranbindung

Während der Aufnahmen wurde festgestellt, dass Verlegearbeiten mit ausreichender Kranunterstützung schneller ausgeführt wurden, als jene mit weniger. Diese Tatsache soll in die Auswertung einfließen. Dafür muss zuerst eine Einflussfunktion ermittelt werden.

Ermitteln der Einflussfunktion

Im Zuge einer Untersuchung des Instituts für Baubetrieb und Bauwirtschaft an der TU-Graz wurde, mittels einer Expertenbefragung der Zusammenhang zwischen Produktivität und Kranverfügbarkeit erörtert. Die Ergebnisse sollen die Grundlage für die Bewertung der Aufwandswerte bilden.

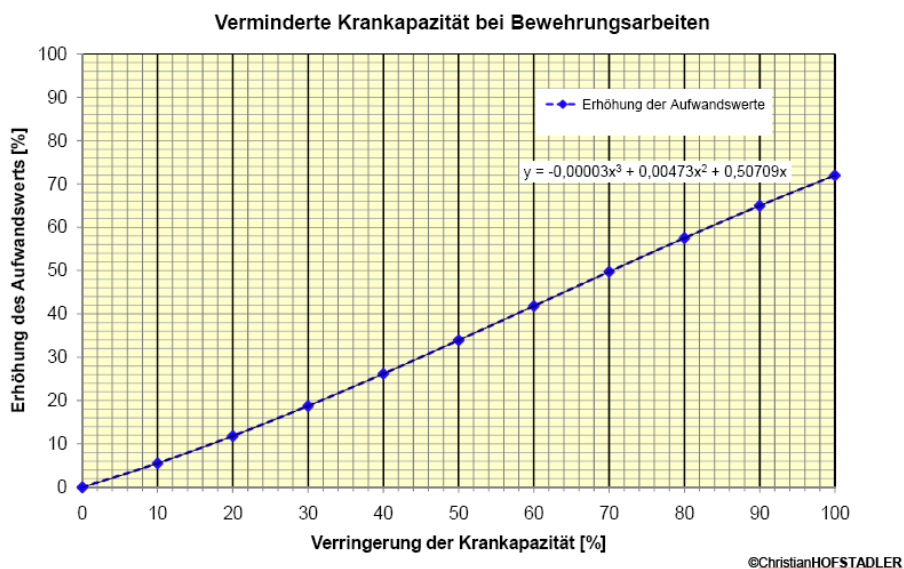


Abbildung 7.9: Erhöhung des Aufwandswerts in Abhängigkeit der Krankapazität¹⁴⁵

Abbildung 7.9 zeigt den Zusammenhang. In weiterer Folge muss noch der Idealwert der Kranbindung festgelegt werden, um Vergleiche anstellen zu können.

Für Rund- und Stabstahl liegt der ideale Kranbelegungswert bei ca. 0,30 h/t.¹⁴⁶ Diese Annahme deckt sich auch mit den Messergebnissen, denn bei einem Kranbelegungswert von 0,32 h/t wurden die niedrigsten Aufwandswerte festgestellt.

¹⁴⁵ Produktivität bei Bewehrungsarbeiten; nicht veröffentlicht

¹⁴⁶ Vgl. HOFSTADLER Chr.: Bauablaufplanung und Logistik im Baubetrieb; 2007; S. 165.

Um eine Einflussfunktion zu erhalten, wird ein Ausgangswert von 10 Std/t gewählt. Geht man davon aus, ergibt sich der Aufwandswert infolge der Kranbindung wie folgt:

$$AW_{\text{Kurvenwert}}[\text{Std} / \text{t}] = 10 [\text{Std} / \text{t}] + 10 [\text{Std} / \text{t}] * \left[\left(-0,00003 * KKap^3 + 0,00473 * KKap^2 + 0,50709 * KKap \right) * 0,01 \right]$$

Formel 7.6: Ermittlung des Kurvenwerts für die Krankapazität

„KKap“ steht dabei für die Verringerung der Krankapazität gegenüber dem Idealwert und ist als ganze Zahl einzusetzen. Die Umrechnung von Prozent erfolgt durch den Faktor 0,01 am Ende. Abbildung 7.10 gibt Formel 7.6 grafisch wieder.

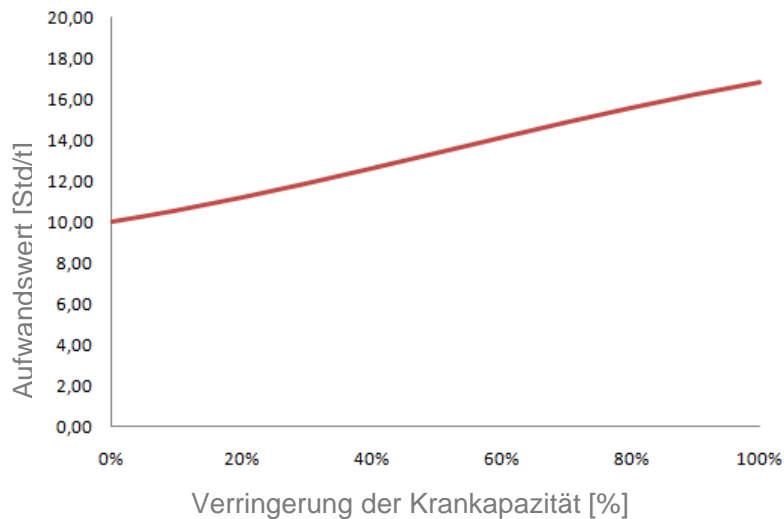


Abbildung 7.10: Einflussfunktion der Krankapazität

7.2 Bereinigung der gemessenen Ergebnisse für Stabstahl

Für die Bereinigung der gemessenen Aufwandswerte werden folgende Einflüsse nach dem vorhin beschriebenen Verfahren eliminiert:

- Stabdurchmesser
- Bügelanteil
- Kranbindung
- Verteilzeit

Vorerst werden nur die ermittelten Aufwandswerte ($AW_{ST,BT}$) für das Verlegen von Stabstahl berücksichtigt.

7.2.1 Eliminierung des Einflusses: Stabdurchmesser

Tabelle 7.1 zeigt die Eingangsparameter zum ersten Bereinigungsverfahren. Festgehalten werden hierbei der mittlere Stabdurchmesser der beobachteten Abschnitte (Spalte 1), der gemessene Aufwandswert (Spalte 2) sowie der Kurven-Sollwert nach dem Verlauf der VÖBV Funktion (Spalte 3). Der Kurvenwert wurde grafisch ermittelt.

	1	2	3
	DN [mm]	$AW_{gemessen}$ [Std/t]	$AW_{Kurvenwert}$ [Std/t]
Aderklaa			
AB1	12,62	4,23	7,20
AB2	12,78	3,62	6,90
AB3	12,85	3,30	6,80
Graz			
AB1	10,27	15,29	9,60
AB2	9,98	13,76	10,20
Musiktheater			
AB1	12,63	9,13	7,20
AB2	12,05	8,33	7,90
AB3	12,21	7,17	7,50
Traun			
AB1	14,48	2,95	5,60
AB2	14,53	2,72	5,50
Mittelwert aller Messungen		7,05	

Tabelle 7.1: Eingangsparameter für die erste Bereinigungsstufe

Der Mittelwert der gemessenen Aufwandswerte (Spalte 2) beträgt vor der Bereinigung 7,05 Std/t.

Nun erfolgt die Bereinigung nach Formel 7.1. Der Bezugspunkt ergibt sich mit 7,98 Std/t. Für Abschnitt 1 der Baustelle Aderklaa bedeutet dies:

$$AW1 = AW_{gemessen} * \frac{AW_{Bezugspunkt}}{AW_{Kurvenwert}} = 4,23 * \frac{7,98}{7,20} = 4,69 \text{ [Std / t]}$$

Als Maß für die Abweichung der Werte wird die Standardabweichung gewählt. Sie wird mittels Formel 7.7 berechnet.

$$s = \sqrt{Var} = \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{n}}$$

Formel 7.7: Ermittlung der Standardabweichung s

Vor Anwendung des ersten Bereinigungs-schritts beträgt die Standardabweichung 4,34 Std/t.

Die Ergebnisse nach dem ersten Bereinigungs-schritt sind in Tabelle 7.2 dargestellt.

	1	2	3
	AW _{gemessen} [Std/t]	AW1 [Std/t]	Veränderung [Std/t]
Aderklaa			
AB1	4,23	4,69	↑ 0,46
AB2	3,62	4,18	↑ 0,56
AB3	3,30	3,87	↑ 0,57
Graz			
AB1	15,29	12,70	↓ -2,59
AB2	13,76	10,76	↓ -3,00
Musiktheater			
AB1	9,13	10,11	↑ 0,98
AB2	8,33	8,41	↑ 0,08
AB3	7,17	7,63	↑ 0,46
Traun			
AB1	2,95	4,20	↑ 1,25
AB2	2,72	3,94	↑ 1,22
Mittelwert aller Messungen		7,05	

Tabelle 7.2: Aufwandswerte nach dem ersten Bereinigungs-schritt

Der Stabdurchmesser wurde also nach der Einflussfunktion bereinigt, was bedeutet, dass die in Tabelle 7.2 errechneten Aufwandswerte vom Durchmesser der verlegten Eisen unabhängig sind. Der Mittelwert der Aufwandswerte (Spalte 2) beträgt wie vor der Bereinigung 7,05 Std/t. In Spalte 3 ist die Veränderung der Aufwandswerte durch die Bereinigung dargestellt.

Nach dem ersten Bereinigungsverfahren beträgt die Standardabweichung 3,15 Std/t.

Interpretation

Durch die großen Stabdurchmesser in Traun (ca. 14,50 mm) hat sich der Aufwandswert nach der Bereinigungsverfahren nach oben korrigiert. Der Verlegeaufwand in Graz hingegen (DN ca. 10 mm) wurde nach unten berichtigt.

7.2.2 Eliminierung des Einflusses: Bügelanteil

Als Eingangswerte für die zweite Bereinigungsverfahren dienen die Ergebnisse aus der ersten Bereinigungsverfahren (Spalte 2) sowie der Bügelanteil in Prozent. Der Kurven-Sollwert ergibt sich lt. Formel 7.4 und errechnet sich für Abschnitt 1 der Baustelle Aderklaa zu:

$$AW_{\text{Kurvenwert}} = 12 * 16,06 [\%] + 10 [\text{Std} / t] = 11,93 [\text{Std} / t]$$

	1	2	3
	Bügelanteil	AW1 [Std/t]	AW _{Kurvenwert} [Std/t]
Aderklaa			
AB1	16,06%	4,69	11,93
AB2	13,05%	4,18	11,57
AB3	7,01%	3,87	10,84
Graz			
AB1	15,59%	12,70	11,87
AB2	29,56%	10,76	13,55
Musiktheater			
AB1	18,97%	10,11	12,28
AB2	10,91%	8,41	11,31
AB3	11,28%	7,63	11,35
Traun			
AB1	3,34%	4,20	10,40
AB2	4,32%	3,94	10,52
Mittelwert aller Messungen		7,05	

Tabelle 7.3: Eingangsparameter für die zweite Bereinigungsverfahren

Der Bezugspunkt ergibt sich zu 11,76 Std/t. Für Abschnitt 1 der Baustelle Aderklaa ergibt sich exemplarisch:

$$AW_2 = AW_1 * \frac{AW_{\text{Bezugspunkt}}}{AW_{\text{Kurvenwert}}} = 4,69 * \frac{11,76}{11,93} = 4,62 [\text{Std} / t]$$

	1	2	3
	AW1 [Std/t]	AW2 [Std/t]	Veränderung [Std/t]
Aderklaa			
AB1	4,69	4,62	↓ -0,07
AB2	4,18	4,26	↑ 0,07
AB3	3,87	4,20	↑ 0,33
Graz			
AB1	12,70	12,59	↓ -0,12
AB2	10,76	9,34	↓ -1,42
Musiktheater			
AB1	10,11	9,69	↓ -0,42
AB2	8,41	8,75	↑ 0,34
AB3	7,63	7,90	↑ 0,27
Traun			
AB1	4,20	4,75	↑ 0,55
AB2	3,94	4,41	↑ 0,47
Mittelwert aller Messungen		7,05	

Tabelle 7.4: Aufwandswerte nach dem zweiten Bereinigungsstschritt

Die Standardabweichung beträgt nun 2,84 Std/t. Der Mittelwert der Aufwandswerte beträgt vor, sowie nach der Bereinigungsstufe 7,05 Std/t.

Interpretation

Deutlich ersichtlich ist, dass sich die Werte aufgrund von hohen Bügelanteilen (z.B. Graz AB2, Musiktheater AB1) nach unten bewegt haben. Im Gegensatz dazu haben sich die Aufwandswerte, die bei niedrigen Bügelanteilen gemessen wurden, (z.B. Traun) erhöht.

Die Verminderung der Standardabweichung zwischen der ersten und der zweiten Bereinigungsstufe zeigt, dass der Einfluss der Stabform nicht unerheblich für die Beurteilung der gemessenen Werte ist.

7.2.3 Eliminierung des Einflusses: Kranbindung

In Tabelle 7.5 werden die Eingangsparameter dargestellt. Die Verringerung der Kranbindung beträgt für die Baustelle Graz 56,67 % und für die Baustelle Musiktheater 10 % auf den Idealwert. Bei den Baustellen Traun und Aderklaa ist die Verringerung der Krankapazität 0 %, der Kurvenwert bleibt also bei 10 Std/t.

$$AW_{\text{Kurvenwert}} [\text{Std} / \text{t}] = 10 [\text{Std} / \text{t}] + 10 [\text{Std} / \text{t}] * \left[(-0,00003 * KKap^3 + 0,00473 * KKap^2 + 0,50709 * KKap) * 0,01 \right]$$

Der Kurvenwert ergibt sich lt. Formel 7.6 und beträgt für Abschnitt 1 der Baustelle Graz:

$$AW_{\text{Kurvenwert}} [\text{Std} / \text{t}] = 10 [\text{Std} / \text{t}] + 10 [\text{Std} / \text{t}] * \left[(-0,00003 * 56,67^3 + 0,00473 * 56,67^2 + 0,50709 * 56,67) * 0,01 \right] = 13,85 [\text{Std} / \text{t}]$$

	1	2	3
	Kranbindung [h/t]	AW2 [Std/t]	AW _{Kurvenwert} [Std/t]
Aderklaa			
AB1	0,32	4,62	10,00
AB2	0,32	4,26	10,00
AB3	0,32	4,20	10,00
Graz			
AB1	0,13	12,59	13,85
AB2	0,13	9,34	13,85
Musiktheater			
AB1	0,27	9,69	10,55
AB2	0,27	8,75	10,55
AB3	0,27	7,90	10,55
Traun			
AB1	0,32	4,75	10,00
AB2	0,32	4,41	10,00
Mittelwert aller Messungen		7,05	

Tabelle 7.5: Eingangsparameter für die dritte Bereinigungsstufe

Die Bereinigung erfolgt nach Formel 7.1 und beträgt für Abschnitt 1 der Baustelle Aderklaa:

$$AW_3 = AW_2 * \frac{AW_{\text{Bezugspunkt}}}{AW_{\text{Kurvenwert}}} = 4,62 * \frac{11,19}{10} = 5,17 [\text{Std} / \text{t}]$$

Der Bezugspunkt ergibt sich dabei bei 11,19 Std/t.

Nach der Bereinigung erhält man Ergebnisse lt. Tabelle 7.6. Die Standardabweichung beträgt dabei 2,21 Std/t.

	1	2	3
	AW2 [Std/t]	AW3 [Std/t]	Veränderung [Std/t]
Aderklaa			
AB1	4,62	5,17	↑ 0,55
AB2	4,26	4,76	↑ 0,50
AB3	4,20	4,70	↑ 0,50
Graz			
AB1	12,59	10,16	↓ -2,42
AB2	9,34	7,54	↓ -1,80
Musiktheater			
AB1	9,69	10,27	↑ 0,58
AB2	8,75	9,27	↑ 0,53
AB3	7,90	8,37	↑ 0,48
Traun			
AB1	4,75	5,31	↑ 0,56
AB2	4,41	4,93	↑ 0,52
Mittelwert aller Messungen		7,05	

Tabelle 7.6: Aufwandswerte nach dem dritten Bereinigungsverfahren

Interpretation

Die ermittelte Standardabweichung zeigt, dass die Streuung nach diesem Bereinigungsverfahren erheblich abgenommen hat. Bei der Baustelle Graz haben sich die Werte nach unten korrigiert, während sie bei den anderen Bauvorhaben größer wurden.

7.2.4 Eliminierung des Einflusses: Verteilzeit

Die Eingangsdaten für diese Bereinigungsstufe sind Tabelle 7.7 zu entnehmen. Bereinigt wird nach der Einflussfunktion aus Abbildung 7.8. Der Kurvenwert wird nach Formel 7.5 berechnet und beträgt für den ersten Abschnitt der Baustelle Aderklaa:

$$AW_{\text{Kurvenwert}} = \frac{100 \text{ [\%]}}{\frac{1}{10 \text{ [Std / t]}} * (100 \text{ [\%]} - 4 \text{ [\%]})} = 10,42 \text{ [Std / t]}$$

	1	2	3
	Verteilzeit	AW3 [Std/t]	AW _{Kurvenwert} [Std/t]
Aderklaa			
AB1	4,00%	5,17	10,42
AB2	4,00%	4,76	10,42
AB3	4,00%	4,70	10,42
Graz			
AB1	8,00%	10,16	10,87
AB2	8,00%	7,54	10,87
Musiktheater			
AB1	11,00%	10,27	11,24
AB2	11,00%	9,27	11,24
AB3	11,00%	8,37	11,24
Traun			
AB1	7,00%	5,31	10,75
AB2	7,00%	4,93	10,75
Mittelwert aller Messungen		7,05	

Tabelle 7.7: Eingangsparameter für die vierte Bereinigungsstufe

Der Bezugspunkt ergibt sich zu 10,90 Std/t. Für Abschnitt 1 der Baustelle Aderklaa bedeutet dies:

$$AW_4 = AW_3 * \frac{AW_{\text{Bezugspunkt}}}{AW_{\text{Kurvenwert}}} = 5,17 * \frac{10,90}{10,42} = 5,40 \text{ [Std / t]}$$

Dabei wurde der Bezugspunkt wieder so gewählt, dass der Mittelwert der Aufwandswerte vor und nach der Bereinigung 7,05 Std/t beträgt.

	1	2	3	
	AW3 [Std/t]	AW4 [Std/t]	Veränderung [Std/t]	
Aderklaa				
AB1	5,17	5,40	↑	0,24
AB2	4,76	4,98	↑	0,22
AB3	4,70	4,91	↑	0,22
Graz				
AB1	10,16	10,19	↑	0,03
AB2	7,54	7,56	↑	0,02
Musiktheater				
AB1	10,27	9,96	↓	-0,31
AB2	9,27	8,99	↓	-0,28
AB3	8,37	8,12	↓	-0,26
Traun				
AB1	5,31	5,39	↑	0,07
AB2	4,93	5,00	↑	0,07
Mittelwert aller Messungen		7,05		

Tabelle 7.8: Aufwandswerte nach dem vierten Bereinigungsverfahren

Die Standardabweichung errechnet sich nach dem Bereinigungsverfahren zu 2,05 Std/t.

Interpretation

Die Standardabweichung hat nach dem Bereinigungsverfahren abgenommen, die Werte haben sich aber nur mehr leicht verändert.

7.2.5 Schlussfolgerungen

Nachdem wesentliche Einflüsse eliminiert wurden, können die Verlegewerte besser untereinander verglichen werden. Tabelle 7.9 stellt die Ergebnisse dar. Die Veränderung der Werte durch alle vier Bereinigungsstufen ist in Spalte 3 dargestellt.

	1	2	3
	AW _{gemessen} [Std/t]	AW4 [Std/t]	Veränderung [Std/t]
Aderklaa			
AB1	4,23	5,40	↑ 1,17
AB2	3,62	4,98	↑ 1,36
AB3	3,30	4,91	↑ 1,61
Graz			
AB1	15,29	10,19	↓ -5,10
AB2	13,76	7,56	↓ -6,20
Musiktheater			
AB1	9,13	9,96	↑ 0,83
AB2	8,33	8,99	↑ 0,66
AB3	7,17	8,12	↑ 0,95
Traun			
AB1	2,95	5,39	↑ 2,44
AB2	2,72	5,00	↑ 2,28
Mittelwert aller Messungen		7,05	

Tabelle 7.9: Darstellung der Ergebnisse im Vergleich zum Mittelwert

Nach wie vor sind Abweichungen ersichtlich. Diese sind durch nicht messbare Einflüsse begründet, welche nur geschätzt werden können. So kann man die höhere Leistung bei der Baustelle Aderklaa mit einem sehr hohen Einarbeitungsgrad erklären, da die beobachteten Abschnitte die letzten bei einem sechs geschossigem Parkhaus waren.

Obwohl in der Literatur für die Einarbeitung bei Bewehrungsarbeiten nur ein sehr geringer Effekt beschrieben wird,¹⁴⁷ ist die niedrigere Leistung in Graz beim ersten Abschnitt wohl durch einen solchen zu erklären.

Ein großer Teil der Abweichung der Baustelle Traun lässt sich durch den Einsatz von Elementbewehrung erklären. Verglichen mit der Baustelle Aderklaa ergeben sich zwar keine wesentlichen Unterschiede, klammert man diese jedoch aufgrund hoher Einarbeitung aus, so kann man davon ausgehen, dass der Einsatz von Elementbewehrung niedrigere

¹⁴⁷ Vgl. DREES/ SPRANZ: Handbuch der Arbeitsvorbereitung in Bauunternehmen; 1976; S.75.

Aufwandswerte ermöglicht. Eine genauere Betrachtung wird im Rahmen einer Sensitivitätsanalyse (Punkt 7.4) durchgeführt. Dabei werden die Werte nach demselben System bereinigt. Die Ergebnisse der Baustelle Aderklaa werden dabei als Ausreißer gesehen und nicht berücksichtigt.

Beim Musiktheater wurden für die ersten beiden Beobachtungen kleine Bauteile gewählt. Die höher angesiedelten Aufwandswerte lassen sich wohl darauf zurückführen.

Ursachen für die Angleichung

Abbildung 7.11 zeigt die Veränderung der Standardabweichung durch den Bereinigungsprozess. Demnach wird ersichtlich, dass der Stabdurchmesser und die unterschiedliche Kranverfügbarkeit hauptverantwortlich für die Angleichung der Werte sind. Der Bügelanteil und die Verteilzeit haben im Vergleich dazu einen geringeren Einfluss.

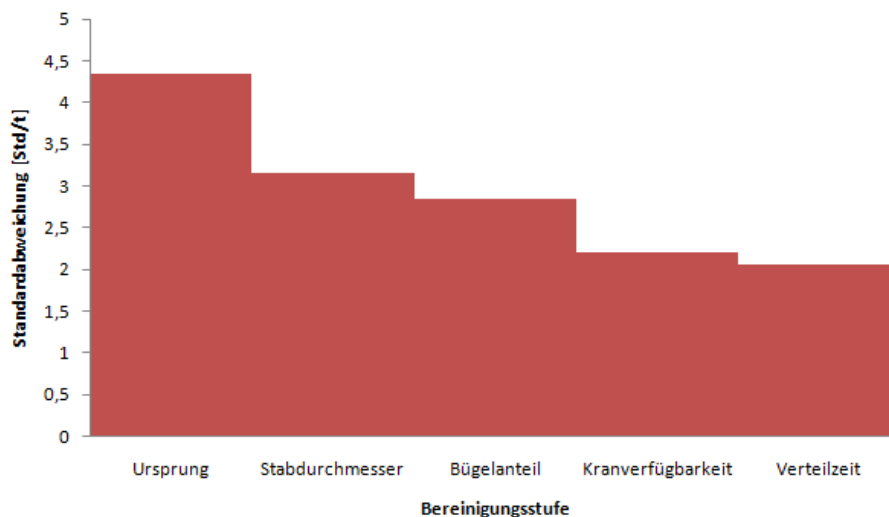


Abbildung 7.11: Veränderung der Standardabweichung durch die Bereinigung

7.3 Bereinigung der gemessenen Ergebnisse für Mattenstahl

Zur Beurteilung der Verlegeleistung von Mattenstahl werden nachfolgende Einflüsse von den Aufwandswerten getrennt:

- Ausreißer
- Mattengewicht
- Verteilzeit

Eine Berücksichtigung der Kranbindung kann hier nicht erfolgen, da kein Zusammenhang mit der Verlegeleistung von Mattenstahl ausgemacht werden kann.

7.3.1 Eliminierung des Einflusses: Ausreißer

Wie Tabelle 7.10 zeigt, weicht eine Messung ohne erkennbaren Grund deutlich von den anderen Ergebnissen ab. Um die Berechnung nicht zu verfälschen wird sie in weiterer Folge als Ausreißer betrachtet und in den weiteren Eliminationsschritten nicht berücksichtigt.

	1	2	3
	MG [kg/m²]	AW [Std/t]	Diff. zu MW
Graz			
AB1	3,74	2,68	106,91%
AB2	4,24	5,05	201,46%
Traun			
AB1	6,04	2,13	84,97%
AB2	6,04	2,71	108,11%
Mittelwert		2,51	100,00%

Tabelle 7.10: Streichung von Ausreißern

Vor der Streichung betrug die Standardabweichung 1,13 Std/t. Durch weglassen des Ausreißers beträgt die Standardabweichung 0,27 Std/t.

7.3.2 Eliminierung des Einflusses: Mattengewicht

Tabelle 7.11 gibt die Eingangsparameter zum ersten Bereinigungsschritt wieder. Analog dem Vorgehen bei der Eliminierung des Stabdurchmessers von Stabstahl, werden die Werte mittels Formel 7.1 bereinigt. Der Kurvenwert wird grafisch ermittelt.

	1	2	3
	Mattengewicht [kg/m ²]	AW _{gemessen} [Std/t]	AW _{Kurvenwert} [Std/t]
Graz			
AB1	3,74	2,68	15,90
Traun			
AB1	6,04	2,13	13,00
AB2	6,04	2,71	13,00
Mittelwert		2,51	

Tabelle 7.11: Eingangsparmeter für die erste Reinigungsstufe

Der Bezugspunkt ergibt sich zu 13,91 Std/t.

Die Ergebnisse des Reinigungsschritts sind Tabelle 7.12 zu entnehmen. Nach der Berechnung hat sich die Standardabweichung auf 0,28 Std/t erhöht.

	1	2	3
	AW _{gemessen} [Std/t]	AW1 [Std/t]	Veränderung [Std/t]
Graz			
AB1	2,68	2,34	↓ -0,34
Traun			
AB1	2,13	2,28	↑ 0,15
AB2	2,71	2,90	↑ 0,19
Mittelwert		2,51	

Tabelle 7.12: Aufwandswerte nach dem ersten Reinigungsschritt

Der Mittelwert der Aufwandswerte beträgt vor, wie nach der Bereinigung 2,51 Std/t.

Interpretation

Die Standardabweichung hat sich durch die Bereinigung zwar leicht erhöht, anhand der Angleichung der Werte der beiden ersten Abschnitte wird der Zusammenhang zwischen mittleren Mattengewicht und Verlegeleistung allerdings bestätigt.

7.3.3 Eliminierung des Einflusses: Verteilzeit

Wie bereits erläutert, hat die Verteilzeit einen Einfluss auf die Verlegezeiten. Die Eliminierung erfolgt gleich wie bei Stabstahl nach Formel 7.1. Tabelle 7.13 stellt die Eingangswerte für den Bereinigungsverfahren dar. Der Kurvenwert ergibt sich nach Formel 7.5.

	1	2	3
	Verteilzeit	AW1 [Std/t]	AW _{Kurvenwert} [Std/t]
Graz			
AB1	8,00%	2,34	10,87
Traun			
AB1	7,00%	2,28	10,75
AB2	7,00%	2,90	10,75
Mittelwert		2,51	

Tabelle 7.13: Eingangsparameter für die zweite Bereinigungsstufe

Nach der Eliminierung beträgt die Standardabweichung 0,28 Std/t. Die Ergebnisse sind in Tabelle 7.14 dargestellt.

	1	2	3
	AW1 [Std/t]	AW2 [Std/t]	Veränderung [Std/t]
Graz			
AB1	2,34	2,33	↓ -0,02
Traun			
AB1	2,28	2,29	↑ 0,01
AB2	2,90	2,91	↑ 0,01
Mittelwert		2,51	

Tabelle 7.14: Aufwandswerte nach dem zweiten Bereinigungsverfahren

Interpretation

Da die Verteilzeiten nicht wesentlich unterschiedlich sind, ändert sich auch an den Aufwandswerten nicht mehr viel.

7.3.4 Schlussfolgerungen

Die Ergebnisse nach der Bereinigung sind in Tabelle 7.15 dargestellt. Die Veränderung der Aufwandswerte über den Bereinigungsprozess sind Spalte 3 zu entnehmen.

	1	2	3
	AW _{gemessen} [Std/t]	AW2 [Std/t]	Veränderung [Std/t]
Graz			
AB1	2,68	2,33	↓ -0,35
Traun			
AB1	2,13	2,29	↑ 0,16
AB2	2,71	2,91	↑ 0,20
Mittelwert aller Messungen		2,51	

Tabelle 7.15: Darstellung der Ergebnisse im Vergleich zum Mittelwert

Wie auch beim Stabstahl sind die hier noch vorhandenen Abweichungen von nicht messbaren Einflüssen geprägt. So kann die Abweichung beim zweiten Abschnitt in Traun durch andere Faktoren, wie z.B. Witterung oder Motivation erklärt werden.

Dass die Kranbindung, im Gegensatz zum Bewehren von Stabstahl, beim Verlegen von Mattenstahl keinen Einfluss hat, kann anhand der Verlegeweise erklärt werden.

Während Stabstahlpakete, die vom Kran zur Decke befördert werden, relativ kompakt verteilt werden können, müssen Mattenpakete aufgrund ihrer Abmessungen an einem Platz abgestellt und danach verteilt werden. D.h. Matten werden unabhängig von der Kranverfügbarkeit auf einem Platz abgestellt und danach von diesem Platz aus auf die ganze Decke verteilt. Unterdessen können Stabstahlpakete (bei viel Kranverfügbarkeit) aufgrund ihrer Kompaktheit mehrfach aufgeteilt werden.

7.4 Sensitivitätsanalyse zur Beurteilung der Verlege-Produktivitätssteigerung bei Einsatz von Elementen

Wie die Ergebnisse nach der Bereinigung des Aufwandswerts für Stabstahl zeigen, liegen die gemessenen Werte der Baustelle Traun trotz des Einsatzes von Elementbewehrung in etwa der gleichen Höhe wie bei der Baustelle Aderklaa. Vergleicht man nun diese beiden Bauvorhaben miteinander, so könnte man darauf schließen, dass der Einsatz von Elementen die Verlege-Produktivität nicht steigert. Betrachtet man jedoch die Ergebnisse der Baustellen Musiktheater und Graz mit Traun, so ergeben sich sehr wohl Vorteile durch den Einsatz von Elementen.

Um einen derartigen Vergleich anstellen zu können, wird die Bereinigung der Aufwandswerte für Stabstahl nochmals durchgeführt. Dabei werden die Ergebnisse der Baustelle Aderklaa allerdings als Ausreißer betrachtet und nicht berücksichtigt. Aufgrund geringer Einarbeitung wird auch der erste Abschnitt der Baustelle Graz nicht berücksichtigt. Die ersten beiden Beobachtungsabschnitte beim Musiktheater wurden an kleinen Decken durchgeführt, sie werden auch als Ausreißer betrachtet.

Die Vorgehensweise ist dieselbe wie vorhin und wird in weiterer Folge nicht mehr im Detail beschrieben. Tabelle 7.16 zeigt lediglich die Ergebnisse.

	1	2	3	4
	AW _{gemessen} [Std/t]	AW4 [Std/t]	Veränderung [Std/t]	
Graz				
AB2	13,76	7,72	↓ -6,04	
Musiktheater				
AB3	7,17	8,28	↑ 1,11	
Mittelwert Graz und Musikth.		8,00		100,00%
Traun				
AB1	2,95	5,50	↑ 2,55	
AB2	2,72	5,10	↑ 2,38	
Mittelwert Traun		5,30		66,24%

Tabelle 7.16: Ergebnisse nach vier Bereinigungsstufen

Spalte 1 zeigt die gemessenen Ausgangswerte, Spalte 2 die bereinigten Werte. Die Veränderung zwischen beiden ist in Spalte 3 errechnet. Die vierte Spalte stellt die ermittelten Mittelwerte in prozentualen Zusammenhang.

Die Veränderung der Standardabweichung über den Bereinigungsprozess ist in Abbildung 7.12 dargestellt. Ähnlich wie nach der vorigen

Bereinigung ist zu erkennen, dass die Eliminierung des Stabdurchmessers und der Kranverfügbarkeit die größte Angleichung bewirkt.

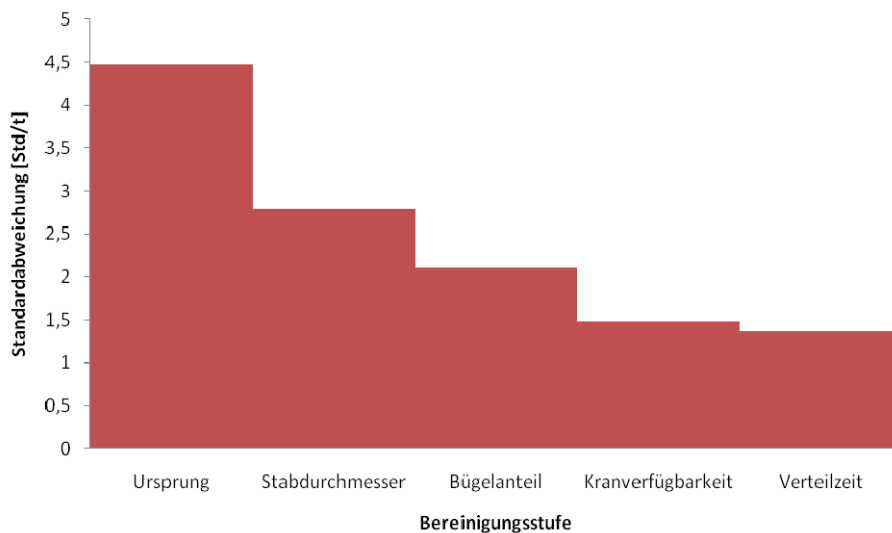


Abbildung 7.12: Standardabweichung nach der Bereinigung

7.4.1 Interpretation der Ergebnisse

Betrachtet man die Abweichung zum jeweiligen Mittelwert (Spalte 4), so kann man erkennen, dass der Wert der Baustelle Traun um ca. 34 % niedriger liegt als bei den Vergleichsbaustellen. Dies kann einerseits auf nicht messbare Einflüsse, die in der Bereinigung nicht berücksichtigt werden konnten, und auf den Einsatz von Elementbewehrung zurückgeführt werden.

Die Abweichung der nicht messbaren Beeinflussungen können nur geschätzt werden. Im Zuge einer Baustellenanalyse in Deutschland wurde festgestellt, dass diese Faktoren 20-30 % des Aufwandswerts ausmachen können.¹⁴⁸

Nimmt man die allgemeinen Faktoren also mit 20 % an, so kann davon ausgegangen werden, dass der Einsatz von Elementbewehrung die Aufwandswerte für das Verlegen um 14-54 % senken kann.

¹⁴⁸ Vgl. SCHUBERT E., ROSE K.: Kosteneinflüsse bei Stahlverlegearbeiten im Betonbau, in: Bauingenieur 63; 1988; S.173.

7.5 Sensitivitätsanalyse zur Überprüfung der Soll-Aufwandswerte der VÖBV Kurven

Zum Abschluss soll noch eine Sensitivitätsanalyse zur Beurteilung der VÖBV Kurven, die Soll-Aufwandswerte, abhängig von der Bügelform und dem Stabdurchmesser angeben, erfolgen. Die Kurven geben Werte an, die bei optimalen Baustellenbedingungen zustande kommen.

Zu diesem Zweck werden nur die Faktoren:

- Kranbindung und
- Verteilzeit

eliminiert. Die bereinigten Werte werden mit den Soll-Werten der VÖBV Kurven verglichen und im Anschluss beurteilt. Der mittlere Stabdurchmesser und der Bügelanteil werden in der Bereinigung nicht berücksichtigt, da diese auch bei der Ermittlung der Soll-Werte einfließen. Außerdem werden die Werte der Baustelle Aderklaa wieder als Ausreißer betrachtet und im Zuge der Bereinigung nicht berücksichtigt.

Tabelle 7.17 zeigt die Ergebnisse nach den beiden Bereinigungsstufen (Spalte 2). In Spalte 1 sind die gemessenen Ausgangswerte eingetragen. Die Differenz ergibt sich lt. Spalte 3.

	1	2	3
	AW _{gemessen} [Std/t]	AW2 [Std/t]	Veränderung [Std/t]
Graz			
AB1	15,29	13,30	↓ -1,99
AB2	13,76	11,97	↓ -1,79
Musiktheater			
AB1	9,13	10,08	↑ 0,95
AB2	8,33	9,20	↑ 0,87
AB3	7,17	7,92	↑ 0,75
Traun			
AB1	2,95	3,59	↑ 0,64
AB2	2,72	3,31	↑ 0,59
Mittelwert aller Messungen		8,48	

Tabelle 7.17: Ergebnisse nach Bereinigung der beiden Faktoren

In Tabelle 7.18 werden die gemessenen Werte (vor der Bereinigung) mit den VÖBV Soll-Werten verglichen. Wie während der vorhin durchgeführten Sensitivitätsanalyse ermittelt, erhöht sich durch den Einsatz von Elementbewehrung die Verlegeproduktivität. Für den Vergleich wird sie mit 35 % angenommen (siehe Spalte 2).

	1	2	3	4	5
	AW _{gemessen} [Std/t]		Soll-AW _{vöbv} [Std/t]	(3)-(1) bzw. (3)-(2) [Std/t]	
Graz					
AB1	15,29		11,92	↓ -3,37	-28,27%
AB2	13,76		15,03	↑ 1,27	8,45%
Musiktheater					
AB1	9,13		9,05	↓ -0,08	-0,88%
AB2	8,33		9,20	↑ 0,87	9,46%
AB3	7,17		8,68	↑ 1,51	17,40%
Traun		zuzgl. 35 %			
AB1	2,95	3,98	5,88	↑ 2,93	49,83%
AB2	2,72	3,67	5,96	↑ 3,24	54,36%
Mittelwerte	8,48				15,76%

Tabelle 7.18: Vergleich zwischen Soll-Werten und tatsächlichen Werten

Die Abweichung zum Soll-Wert in Prozent ist in Spalte 5 dargestellt. Es zeigt sich, dass die Abweichung im Mittel ca. 16 % beträgt.

Tabelle 7.19 zeigt die Abweichungen zum Soll-Wert nach der Bereinigung.

	1	2	3	4	5
	AW2 [Std/t]		Soll-AW _{vöbv} [Std/t]	(3)-(1) bzw. (3)-(2) [Std/t]	
Graz					
AB1	13,30		11,92	↓ -1,38	-11,54%
AB2	11,97		15,03	↑ 3,06	20,39%
Musiktheater					
AB1	10,08		9,05	↓ -1,03	-11,37%
AB2	9,20		9,20	↑ 0,00	0,04%
AB3	7,92		8,68	↑ 0,76	8,81%
Traun		zuzgl. 35 %			
AB1	3,59	4,85	5,88	↑ 1,03	17,52%
AB2	3,31	4,47	5,96	↑ 1,49	24,97%
Mittelwerte	8,48	4,66			6,97%

Tabelle 7.19: Vergleich zwischen Soll-Werten und tatsächlichen Werten nach der Bereinigung

Die Abweichung zum Soll-Wert in Prozent ist in Spalte 5 dargestellt. Es zeigt sich, dass die Abweichung im Mittel ca. 7 % beträgt.

7.5.1 Interpretation der Ergebnisse

Durch die Bereinigung von Kranbindung und Verteilzeit hat sich die Abweichung zum Soll-Wert reduziert. Das Ergebnis zeigt, dass die Werte im Mittel ca. 7 % von den vorgegebenen Soll-Werten abweichen. Bereits beim Vergleich der gemessenen Werte mit den Soll-Werten hat sich herausgestellt, dass die *VÖBV*-Kurven die Realität am besten abbilden, was durch die Eliminierung der Faktoren Kranbindung und Verteilzeit bestätigt wird.

8 Zusammenfassung

Aufwandswerte für Bewehrungsarbeiten sind sehr komplex, weil sie von einer Vielzahl von Faktoren abhängen. Wie die Beobachtungen an den vier Bauprojekten ergeben haben, schwanken die Werte je nach Gegebenheiten erheblich. Mit dem Werkzeug der statistischen Bereinigung ist es jedoch möglich geworden, die wesentlichen Einflussfaktoren zu eliminieren. Eine bessere Vergleichbarkeit der Werte untereinander konnte dadurch ermöglicht werden.

Durch die Bereinigung wurde es möglich, die Produktivitätssteigerung durch den Einsatz von Bewehrungselementen zu beurteilen. Außerdem konnte durch Eliminieren von entscheidenden Faktoren eine bessere Vergleichbarkeit mit Literaturwerten erreicht werden.

In der Literatur sind die Soll-Werte großteils überhöht. Vor allem ältere Quellen wie *Platz*, *ARH* und *Toffel* liegen bei den Angaben deutlich über den gemessenen Werten. Am realistischsten wurden die Aufwandswerte in den *VÖBV*-Kurven abgebildet.

Anzumerken bleibt, dass bei allen beobachteten Baustellen die Verlegearbeiten von spezialisierten Fachkräften durchgeführt wurden. Die Bewehrung war bei allen Projekten vorbereitet und musste nur in Ausnahmefällen selbst gebogen bzw. nachbearbeitet werden. Eine Durchführung der Verlegearbeiten durch weniger geübtes Personal hätte mit Sicherheit eine Erhöhung der Aufwandswerte zur Folge gehabt.

9 Abkürzungsverzeichnis

<i>VÖBV</i>	Verband österreichischer Biege- und Verlegetechnik
<i>REFA</i>	Reichsausschuss für Arbeitszeitermittlung
<i>ARH</i>	Arbeitszeitrichtwerte für den Hochbau
<i>MH</i>	Haupttätigkeit
<i>MN</i>	Nebentätigkeit
<i>MZ</i>	zusätzliche Tätigkeit
<i>MA</i>	ablaufbedingte Unterbrechung
<i>MS</i>	störungsbedingte Unterbrechung
<i>ME</i>	erholungsbedingte Unterbrechung
<i>MP</i>	persönlich bedingte Unterbrechung
<i>NE</i>	nicht erkennbare Tätigkeit
<i>AW_{GES,BT}</i>	Gesamtaufwandswert je Bauteil
<i>AW_{ST,BT}</i>	Aufwandswert für das Verlegen von Stabstahl je Bauteil
<i>AW_{MA,BT}</i>	Aufwandswert für das Verlegen von Mattenstahl je Bauteil
<i>AW_{TR,BT}</i>	Aufwandswert für das Verlegen der Trägerbewehrung je Bauteil
<i>AW_{GES,BT,Soll}</i>	Gesamt Soll-Aufwandswert je Bauteil
<i>AW_{ST,BT,Soll}</i>	Soll-Aufwandswert für das Verlegen von Stabstahl je Bauteil
<i>AW_{MA,BT,Soll}</i>	Soll-Aufwandswert für das Verlegen von Mattenstahl je Bauteil
<i>AW_{TR,BT,Soll}</i>	Soll-Aufwandswert für das Verlegen der Trägerbewehrung je Bauteil
<i>AW_{Abladen}</i>	Aufwandswert für das Abladen der Bewehrung vom LKW auf den Lagerplatz
<i>AW_{Arbeitsfuge}</i>	Aufwandswert für das Herstellen von Arbeitsfugen
<i>AB</i>	Abschnitt

10 Literaturverzeichnis

- [1] **Autorengemeinschaft Hochbau.** (1981). *Handbuch Arbeitsorganisation Bau: 1.04 Richtzeiten Bewehrungsarbeiten.* Neu-Isenburg: Zeittechnik Verlag GmbH.
- [2] **Bauer, H.** (1992). *Baubetrieb 1 - Einführung, Rahmenbedingungen, Bauverfahren.* Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag.
- [3] **Bauer, U.** (2006). *Skriptum: Enzyklopädie Betriebswirtschaftslehre.* Graz: Institut für Betriebswirtschaftslehre und Betriebssoziologie.
- [4] **Drees, G., & Spranz, D.** (1976). *Handbuch der Arbeitsvorbereitung in Bauunternehmen.* Gütersloh: Bauverlag.
- [5] **Ernst & Sohn.** (2009). *Beton Kalender 2009: Konstruktionen Hochbau, Aktuelle Massivbaunormen - Teil 2.* Berlin: Verlag für Architektur und technische Wissenschaften GmbH & Co. KG.
- [6] **Fritsche, G., & Blasy, R.** (2009). *Bewehrungsatlas - Eurocode ÖNorm EN 1992-1-1; ÖNorm B 1992-1-1.* Innsbruck: Eigenverlag Fritsche/Blasy.
- [7] **Goldau, R.** (1981). *Bewehrung der Stahlbeton-Konstruktionen - Band 1 - Konstruktive Grundlagen.* Wiesbaden und Berlin: Bauverlag GmbH.
- [8] **Goldau, R.** (1976). *Richtig Bewehren - Band 1 - Grundwissen.* Wiesbaden und Berlin: Bauverlag GmbH.
- [9] **Heck, D.** (WS 09/10). *Skriptum Baubetriebslehre VU.* Graz: Institut für Baubetrieb und Bauwirtschaft.
- [10] **Hofstadler, C.** (2006). *Bauablaufplanung und Logistik im Baubetrieb.* Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag.
- [11] **Hofstadler, C.** (nv). *Bewehrungsarbeiten - nicht veröffentlicht.* nv.
- [12] **Hofstadler, C.** (2008). *Schalarbeiten.* Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag.
- [13] **Kämpfe, H.** (2010). *Bewehrungstechnik.* Wiesbaden: Vieweg + Teubner/GWV Fachverlage GmbH.
- [14] **Lang, A.** (1987). *Ein Verfahren zur Bewertung von Bauablaufstörungen und zur Projektsteuerung.* Düsseldorf: VDI Verlag.
- [15] **REFA.** (1984). *Methodenlehre des Arbeitsstudiums - Teil 1 - Grundlagen.* München: Carl Hanser Verlag.
- [16] **REFA.** (1992). *Methodenlehre des Arbeitsstudiums - Teil 2 – Datenermittlung.* München: Carl Hanser Verlag.
- [17] **Riccabona, C.** (1994). *Bau Konstruktions Lehre 1 - Keller, Wände, Decken, Böden.* Wien: Manz Verlag.

- [18] **Riediger, H.-G., & Steinmetzger, R.** (2001). Rationalisierung im Baubetrieb: Möglichkeiten der REFA-Methodenlehre. *45 Jahr Baubetrieb und Bauverfahren in Weimar*, S. 1-20.
- [19] **Schubert, E., & Rose, K.** (1988). Kosteneinflüsse bei Stahlverlegetarbeiten im Betonbau. *Bauingenieur* 63, S. 169-176.
- [20] **Sparowitz, L.** (2004). *Vorlesungsskriptum aus Betonbau*. Graz: Institut für Betonbau.
- [21] **Toffel, R. F.** (2001). *Ein Bewehrungs-Leistungs-Nomogramm*. Braunschweig: Schmidt Buchbinderei & Druckerei.

11 Linkverzeichnis

www.bauwerk-verlag.de

www.best-baueisen.at

www.btssb.ch

www.gueteschutzverband.at

www.ibr-online.de

www.jost-bautechnik.de

www.progress-m.com

www.voebv.at

12 Anhang

12.1 Beispiel für einen Aufnahmebogen

Baustelle:			A																				
Datum:			B																				
AN-kürzel:			C																				
	Stunde	1	2	3	4	5																	
	Minute	0 5 10 15 20 25 30 35 40 45 50 55	0 5 10 15 20 25 30 35 40 45 50 55	0 5 10 15 20 25 30 35 40 45 50 55	0 5 10 15 20 25 30 35 40 45 50 55	0 5 10 15 20 25 30 35 40 45 50 55																	
Haupttätigkeit	Verlegen der Deckenbewehrung	Auflegen der unteren Hauptbewehrung																					
		Einfaden der unteren Hauptbewehrung																					
		Auflegen der unteren Querbewehrung																					
		Einfaden der unteren Querbewehrung																					
		Auflegen der oberen Hauptbewehrung																					
Einfaden der oberen Hauptbewehrung																							
Auflegen der oberen Querbewehrung																							
Einfaden der oberen Querbewehrung																							
Auflegen der Schubbewehrung																							
Einfaden der Schubbewehrung																							
Auflegen der unteren Bewehrung (Matte)																							
Einfaden der unteren Bewehrung (Matte)																							
Auflegen der oberen Bewehrung (Matte)																							
Einfaden der oberen Bewehrung (Matte)																							
Auflegen der Anschlussbewehrung (z.B. Wände)																							
Einfaden der Anschlussbewehrung (z.B. Wände)																							
Auflegen der Randverstärker																							
Einfaden der Randverstärker																							
Auflegen sonstiger Bewehrung																							
Einfaden sonstiger Bewehrung																							
Rödeln der Decken	Rödeln der unteren Bewehrungslage																						
		Rödeln der oberen Bewehrungslage																					
Verlegen der Trägerbewehrung	Auflegen der Stäb Bewehrung																						
	Einfaden der Stäb Bewehrung																						
	Auflegen der Schubbewehrung (Bügel)																						
	Einfaden der Schubbewehrung (Bügel)																						
	Auflegen sonstiger Bewehrung																						
Einfaden sonstiger Bewehrung																							
Rödeln der Träger	Rödeln der Stäb Bewehrung																						
	Rödeln der Schubbewehrung (Bügel)																						
Tätigkeiten vor der Arbeitsaufnahme	Weg zum Arbeitsplatz																						
	Werkzeug vorbereiten																						
Nebentätigkeit	Tätigkeiten während der Arbeit	Arbeitsplatz vorbereiten																					
		Planetafel																					
		Besprechung mit Kranfahrer																					
		Lagerplatz begutachten																					
		Anweisung an Arbeiter																					
		Sonstige Vorarbeiten																					
		Vorbereiten der Anschlussbewehrung																					
		Auflegen der Abstreifenhalter																					
		Einfaden der Abstreifenhalter																					
		Planskizzen																					
		Markieren der Stäbstände																					
		Markieren der Bügelabstände																					
		Nachmessern																					
		Bewehrung am Lagerplatz vorbereiten																					
		Bewehrung am Arbeitsplatz vorbereiten																					
Bewehrung zum Arbeitsplatz transportieren																							
Werkzeug holen																							
Sonstiges Material holen																							
Vorbereiten der Bewehrung mit Kran																							
Vorbereiten der Auflagen (für Trägerbewehrung)																							
Nacharbeiten an der Bewehrung (Träger)																							
Aspirieren der Bewehrung																							
Erheben der Trägerbewehrung																							
Arbeitsplatz aufräumen																							
Draht zum Rödeln vorbereiten																							
Bewehrung schneiden																							
Zusätzl. Tätigkeit	Nacharbeiten an der Schalung																						
	Sonstige Nacharbeiten (Elektriker, HKL, etc.)																						
	Besprechung mit Polier																						
	Besprechung mit Kranfahrer																						
	Besprechung mit Vorgesetzter																						
Ablaufbedingt	Besprechung mit Kollegen																						
	Warten auf Kran																						
	Warten auf Kran (Last)																						
	Vorarbeiten nicht abgeschlossen (Elektriker)																						
	Warten auf Material																						
Störungsbedingt	Material suchen																						
	Abfrage bei Materialverantwortlichem																						
	Feherhafte Pläne																						
	Beschädigung ausbessern																						
	Warten auf Kran																						
Erholungsbedingt	Warten auf Anweisung																						
	Tiefen																						
	Essen																						
	Überblick verschaffen durchatmen																						
	Sonstige Pausen																						
Persönlich bedingt	Gang zur Toilette																						
	Rauchen																						
	Gespräch mit Kollegen																						
	Feldgespräch																						
	nicht auf Baustelle																						
Freizeit	nicht sichtbar																						
	ledigt nicht anwesend																						

12.2 Baustelle Wien Aderklaaerstrasse

12.2.1 Baustellen Datenblatt

PROJEKTDATENBLATT - HOCHBAU

TU Graz - Institut für Baubetrieb und Bauwirtschaft

ausgefüllt von: Johannes WagnerDatum: 15.04.2010

ALLGEMEINE PROJEKTDATEN

Projekt: P & R Aderklaa
 Bauherr: P & R Aderklaa GmbH
 Auftragnehmer: ÖSTU Stettin

Ausschreibungsart: funktional
 Vertragsart: GU Pauschal

Beschreibung des Bauwerks: P & R Anlage mit 1474 Stellplätze
 (Art des Bauwerks, Verwendungszweck, Bausituation, Erschwernisse,...)

Standort: Wien Seehöhe [m.ü.A.]: 171 m.ü.A.

Bauweise: Ortbeton Fertigteil Mischbauw.

Grundstücksfläche: m² Baustelleneinrichtungsfaktor:
 Bauwerksgrundrissfläche: 4500 m² (BE-Fläche / Bauwerksgrundrissfläche)
 Baustelleneinrichtungsfläche: m² 0,000 -

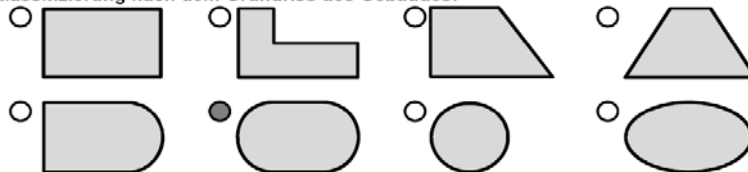
Gebäudeabmessungen: L= m Geschoßanzahl: 8
 B= m Geschoßhöhe 1: ca. 3,5 m
 H= m Geschoßhöhe (2-n): ca. 3,0 m

Bruttorauminhalt: m³

Klassifizierung nach der Art des Gebäudes:

- Büro Gewerbe und Industrie Lehre und Forschung
 Wohnbauten Schulen und Kindergärten Gesundheitswesen
 Geschäft Gasthaus/ Hotel

Klassifizierung nach dem Grundriss des Gebäudes:



Gleichbleibender Bauwerksgrundriss: JA NEIN

Pläne (Bitte belegen oder als PDF mappen!):

- Bauzeitplan Baustelleneinrichtungsplan Ansichten
 Grundriss(e) Schnitt(e) Visualisierungen
 Schalungsplan Bewehrungsplan

KOSTEN

Gesamtkosten:	12.500.000 €
Kosten Bauwerk-Rohbau:	8.300.000 €

ZEITMANAGEMENT

Planvorlaufzeit V-Pläne:	d	Wo	
Planvorlaufzeit F-Pläne:	d	1-5 Wo	
Bauzeit - gesamt (D _{GES}):	d	13 Mo	
Pufferzeit - gesamt:	d	0 Mo	% der Gesamtbauzeit
Pufferzeit - Stb.arbeiten:	d	0 Mo	
Baustelleneinrichtung:	14 d	Mo	
Erdarbeiten:	d	2 Mo	
Gründung:	d	Mo	
Rohbau (Stb.arbeiten):	d	7,5 Mo	(Beginn Fundamentplatte bis Ende DG Decke)
Baustellenräumung:	14 d	Mo	

BAUSTELLENEINRICHTUNG

Baustraße: Umfahrt Durchfahrt Stichstraße

Container:	Anzahl	Fläche
- Mannschaft:	8 Stk.	117,92 m ²
- Magazin:	12 Stk.	176,88 m ²
- Sanitär:	3 Stk.	44,22 m ²
- Bauleitung	5 Stk.	73,70 m ²
- AN:	Stk.	m ²
- AG:	2 Stk.	29,48 m ²

Krane:		Anzahl	Lastmoment
- Krantypen:	Turmdrehkran	4 Stk.	tm
		Stk.	tm
		Stk.	tm

- Ermittlung der Krananzahl in der Arbeitsvorbereitung:

- Krananzahl über Arbeitskräfte:	Stk.
- Krananzahl über Kranbelegungswerte:	Stk.
- Krananzahl über Bruttorauminhalt:	Stk.
- Erfahrung :	4 Stk.

Sonstige Baugeräte/ Baumaschinen:	Anzahl	nach Bedarf
- Bagger	Stk.	
- Dumper	Stk.	
- LKW	Stk.	
- Betonpumpe	Stk.	

PERSONAL

Anzahl der AK für die Arbeitsvorbereitung: 2 AK Zeit für die Arbeitsvorbereitung: 30 d
 % der Bauzeit

Arbeitszeitmodell: Regalarbeit Schichtarbeit Dekadenarbeit
 lange/ kurze Woche lange/ lange/ kurze Wo

Arbeitszeit: 45 Std/Wo

Angestellte:	Anzahl	eigen	Sub.	Arbeiter:	Anzahl	eigen	Sub.
- Bauleiter:	1 AK	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	- Schaler:	10 AK	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
- Techniker:	1 AK	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	- Bewehrter:	9 AK	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
- Poller:	1 AK	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	- Betonierer:	AK	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
- Anleger :	1 AK	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	- Maurer:	AK	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
				- Schaler Leas.:	18 AK	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
				- : :	AK	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Stamppersonal: 37,04 %
 Ausländeranteil: %
 Frauenanteil: 0 %

Ø - Arbeitskräfteanzahl (AK_{MW}):
 AK/d

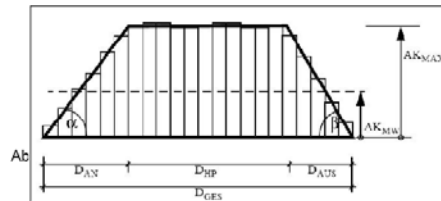
Ø - Arbeitsfläche Je AK:
 m²/AK

Maximale Arbeitskräfteanzahl (AK_{MAX}):
 AK/d

Minimale Arbeitsfläche je AK:
 m²/AK

Arbeitskräfteverlauf über die Bauzeit:

- Anlaufphase (D_{AN}):
 d
 % der Bauzeit
- Hauptbauzeit (D_{HP}):
 d
 % der Bauzeit
- Auslaufphase (D_{AUS}):
 d
 % der Bauzeit



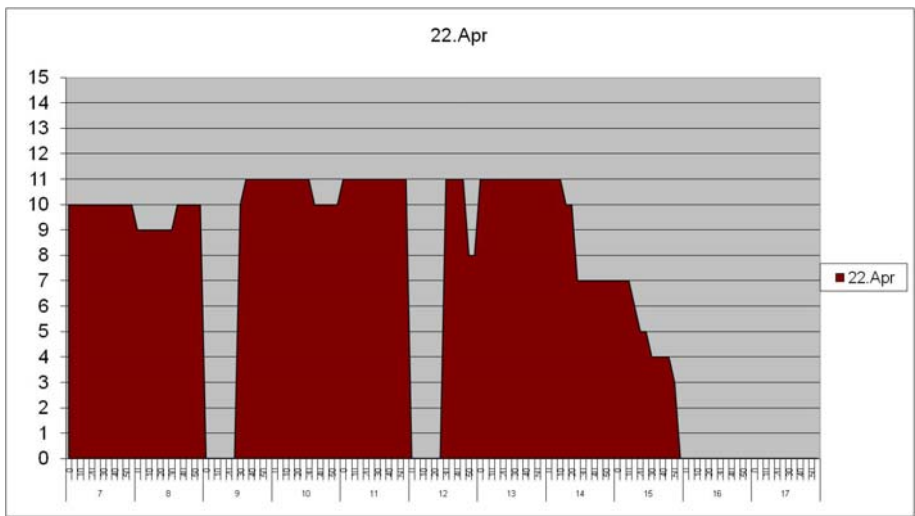
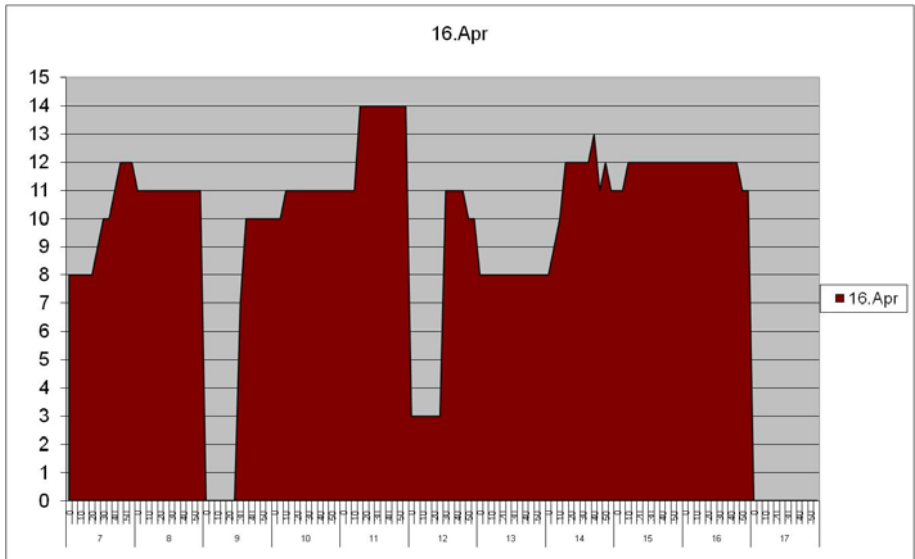
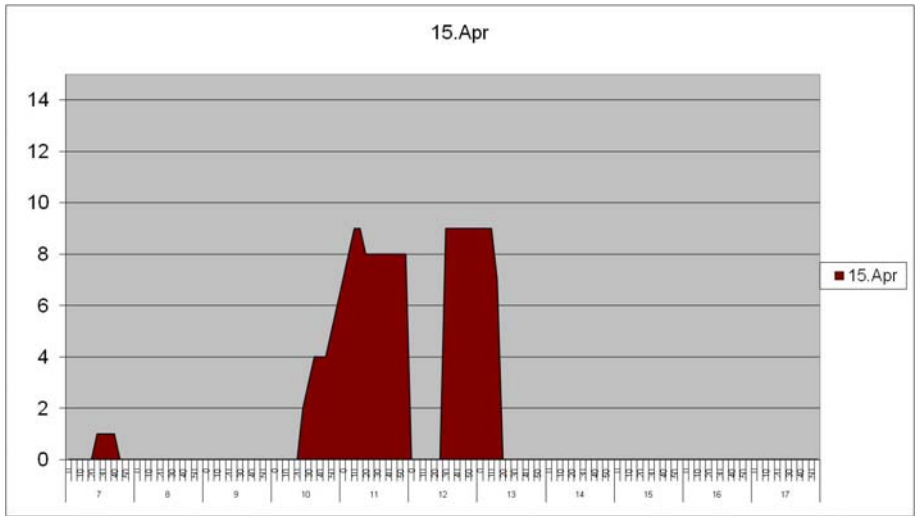
MENGENÜBERSICHT

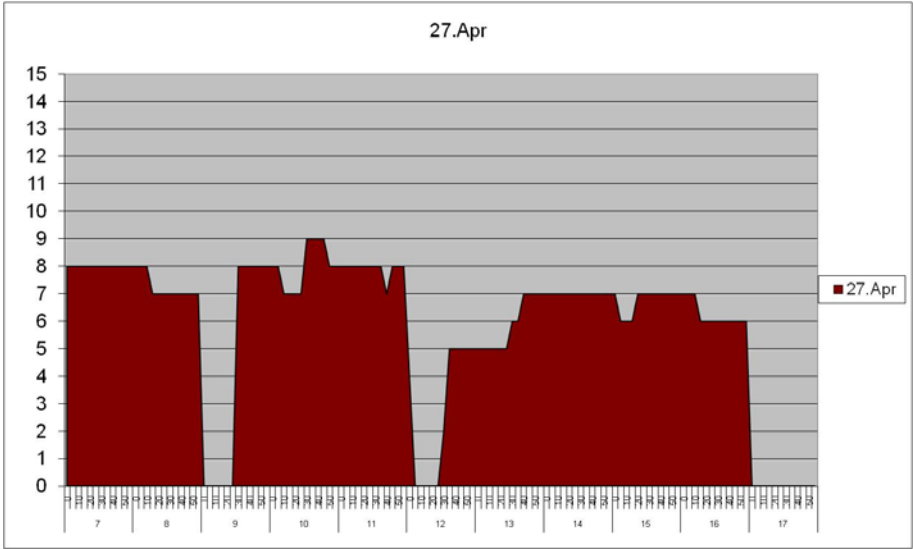
Bodenklasse:		Anzahl der Transporte		
		Antransporte	Abtransporte	Gesamt
Erdarbeiten:	<u>17.500 m³</u>	-	-	<u>1.250 -</u>
Gründung:	<u> m³</u>	-	-	<u> -</u>
Rohbau:				
- Schalung:	<u>45.000 m²</u>	-	-	<u> -</u>
- Bewehrung:	<u>1.240 to</u>	-	-	<u> -</u>
- Beton:	<u>12.700 m³</u>	-	-	<u> -</u>

12.2.2 Zusammengefasster Aufnahmebogen

		15.04.2010	16.04.2010	22.04.2010	27.04.2010	Gesamt			
Haupt- tätigkeit	Verlegen der Deckenbewehrung	Auflegen der unteren Hauptbewehrung	36	65	33	43	177		
		Erfüllen der unteren Hauptbewehrung	1	67	4	5	77		
		Auflegen der unteren Querbewehrung	12	10	32	33	57		
		Erfüllen der unteren Querbewehrung	3	10	13	5	31		
		Auflegen der oberen Hauptbewehrung	1	0	0	0	1		
		Erfüllen der oberen Hauptbewehrung	1	0	0	0	1		
		Auflegen der oberen Querbewehrung	0	56	32	34	122		
		Erfüllen der oberen Querbewehrung	0	4	0	1	5		
		Auflegen der Schubbewehrung	0	0	0	0	0		
		Erfüllen der Schubbewehrung	0	0	0	0	0		
		Auflegen der Bewehrung (Matte)	0	0	0	0	0		
		Erfüllen der unteren Bewehrung (Matte)	0	0	0	0	0		
		Auflegen der oberen Bewehrung (Matte)	0	0	0	0	0		
		Erfüllen der oberen Bewehrung (Matte)	0	0	0	0	0		
		Auflegen der Anschlussbewehrung (z.B. Wand)	0	16	0	0	16		
Neben- tätigkeit	Röden der Tagger	Auflegen der Randstreifen	1	23	0	15	49		
		Erfüllen der Randstreifen	0	0	6	0	6		
		Auflegen sonstiger Bewehrung	4	26	1	0	31		
		Erfüllen sonstiger Bewehrung	1	15	0	0	16		
		Röden der unteren Bewehrungslage	5	123	108	45	281		
		Erfüllen der unteren Bewehrungslage	0	0	0	0	0		
		Auflegen der Stabbewehrung	0	0	0	0	0		
		Erfüllen der Stabbewehrung	0	0	0	0	0		
		Auflegen der Schubbewehrung (Bügel)	0	0	0	0	0		
		Erfüllen der Schubbewehrung (Bügel)	0	0	0	0	0		
		Auflegen sonstiger Bewehrung	0	0	0	0	0		
		Erfüllen sonstiger Bewehrung	0	0	0	0	0		
		Röden der Schubbewehrung (Bügel)	0	0	0	0	0		
		Weg zum Arbeitsplatz	13	76	51	35	175		
		Tätigkeiten vor der Arbeitsaufnahme	Werkzeug vorbereiten	Werkzeug vorbereiten	0	0	0	0	0
Arbeitsplatz vorbereiten	0			0	0	0	0		
Bereitstellung des Materials	0			0	0	0	0		
Besprechung mit Kundfahrer	0			0	0	0	0		
Besprechung mit Kundfahrer	1			0	4	1	6		
Liegeplatz befreieren	0			0	0	0	0		
Anweisung an Arbeiter	0			0	0	0	0		
sonstige Vorbereiten	0			0	0	0	0		
Tätigkeiten während der Arbeit	Vorbereiten der Anschlussbewehrung			Vorbereiten der Anschlussbewehrung	38	16	17	14	85
				Einleiten der Anschlussbewehrung	3	0	0	0	3
				Erfüllen der Abstände	3	7	5	3	18
				Planstudium	0	0	0	0	0
				Munition der Stababstände	2	4	0	0	6
				Munition der Bügelabstände	0	0	0	0	0
				Rahmen	1	0	0	0	1
		Berechnung der Lagerplatz vorbereiten	12	35	16	18	71		
		Besprechung am Arbeitsplatz vorbereiten	23	74	152	38	287		
		Bewehrung zum Arbeitsplatz transportieren	0	10	6	5	21		
		Werkzeug holen	2	2	0	1	5		
		sonstiges Material holen	0	0	0	0	0		
		Vorbereiten der Bewehrung mit Kran	0	0	0	0	0		
		Vorbereiten der Aufgaben (An Tagbewehrung)	0	0	0	0	0		
		Nacharbeiten an der Bewehrung (Tagger)	4	26	19	26	75		
Ausrichten der Bewehrung	0	0	0	0	0				
Zusatz- tätigkeit	Besprechung mit Partner	Einleiten der Taggerbewehrung	0	0	0	0	0		
		Überprüfen der Bewehrung	0	18	19	18	55		
		Überprüfen der Bewehrung	0	0	0	0	0		
		Bewehrung schneiden	0	2	0	2	4		
		Nacharbeiten an der Schalung	0	0	0	0	0		
		sonstige Nacharbeiten (Elektriker HKLS)	0	0	0	0	0		
		Besprechung mit Partner	0	5	4	1	10		
		Besprechung mit Kundfahrer	3	1	0	0	4		
		Besprechung mit Kundfahrer	8	28	28	16	80		
		Besprechung mit Kollegen	8	65	28	24	117		
		Warten auf Kollegen	1	13	14	14	42		
		Warten auf Kran/ Last	1	6	6	5	20		
		Vorbereiten nicht abgeschlossener Ebenen	0	1	0	0	1		
		Warten auf Material	0	0	0	0	0		
		Warten auf Material	0	0	0	0	0		
Klären fehlender Maßangaben	0	0	0	0	0				
Fehlende Pläne	0	0	0	0	0				
Kleidung abgeben	0	3	0	0	3				
Warten auf Kran	0	2	0	0	2				
Warten auf Anweisung	1	10	4	4	19				
Essen	1	63	60	27	151				
Erholungs- bedingte	Überblick verschaffen/ durchfahren	Überblick verschaffen/ durchfahren	0	0	0	0	0		
		sonstige Pause	1	12	3	1	17		
		Gang zur Toilette	0	16	7	6	29		
		Rauschen	1	5	10	5	21		
		Gepäck mit Kollegen	1	23	11	18	53		
		nicht sichtbar	0	0	0	0	0		
		selbst nicht anwesend	1	12	14	7	34		
		Personlich bedingte	Nicht erlaubt	sonstige	0	0	0	0	0
				sonstige	0	1190	906	783	3079

12.2.3 Arbeitskräfteverteilung



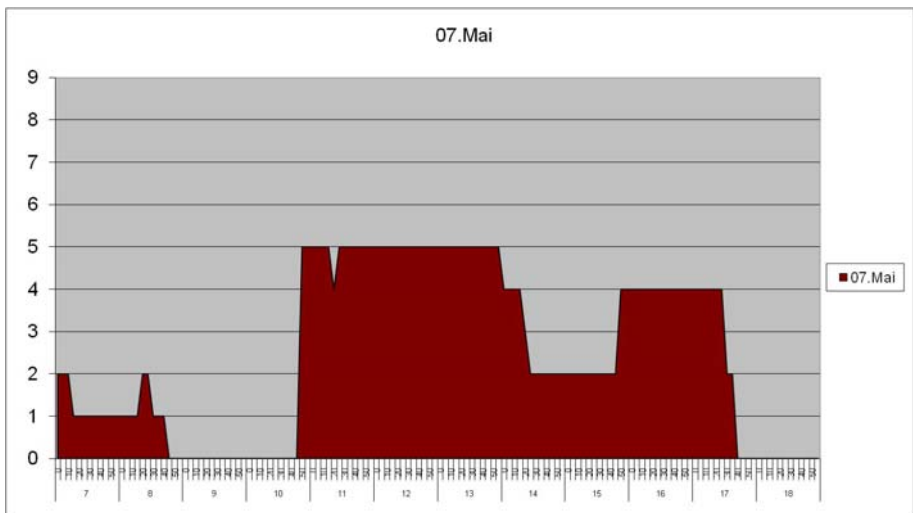
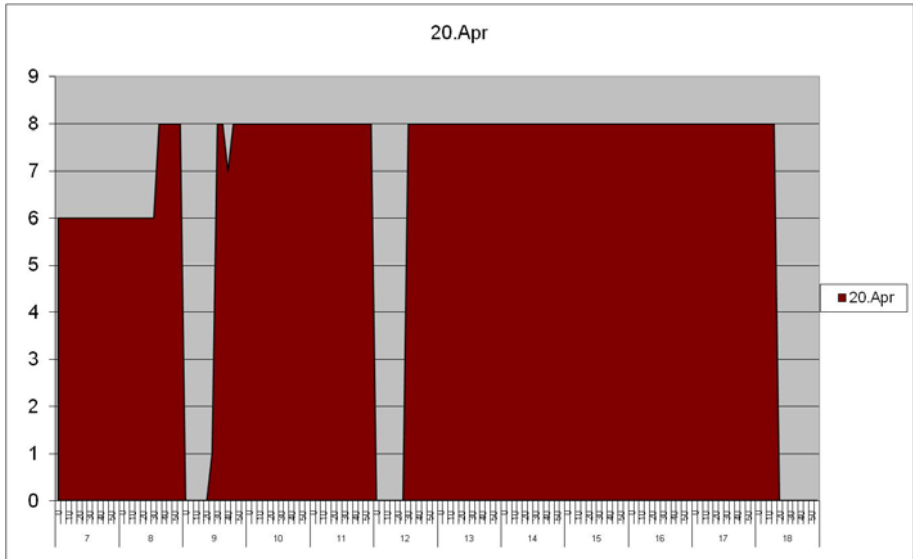
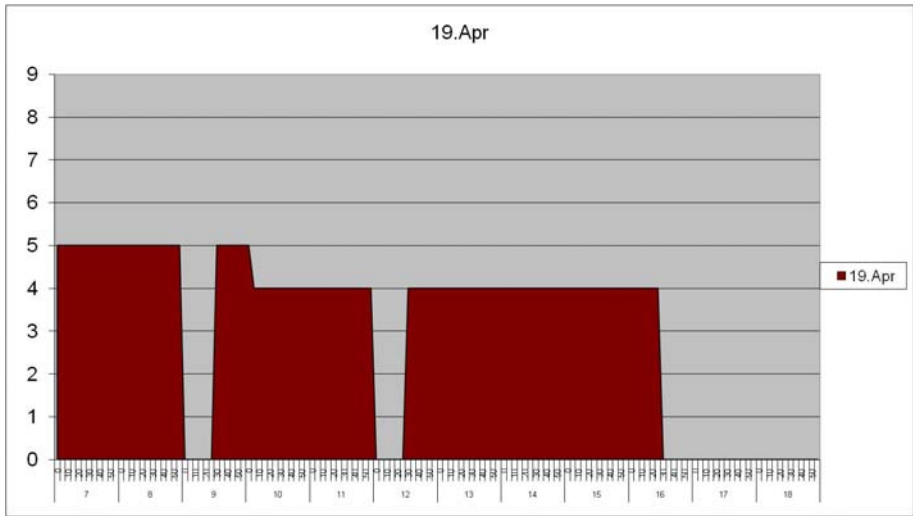


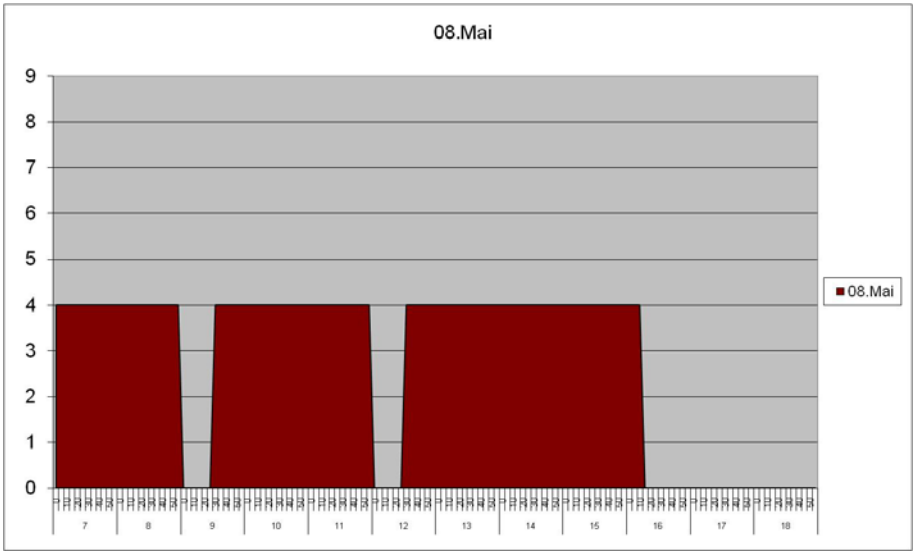
12.3 Baustelle Graz

12.3.1 Zusammengefasster Aufnahmebogen

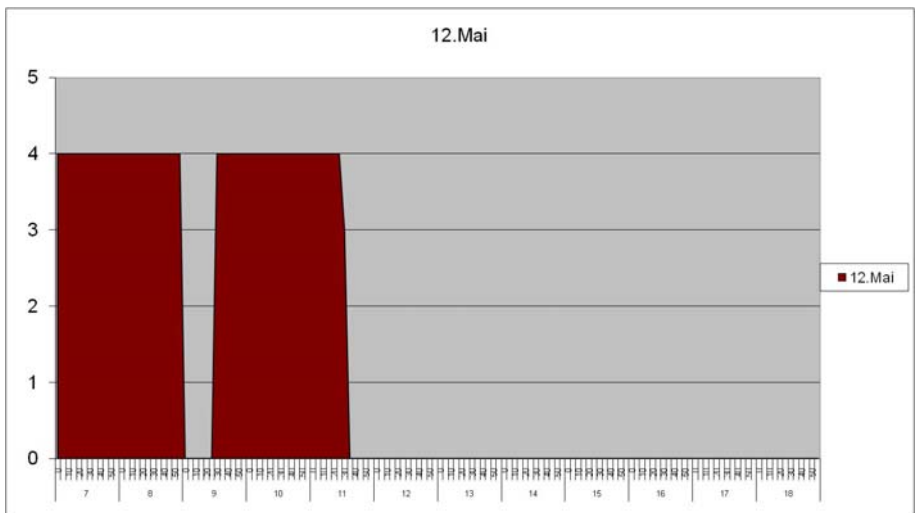
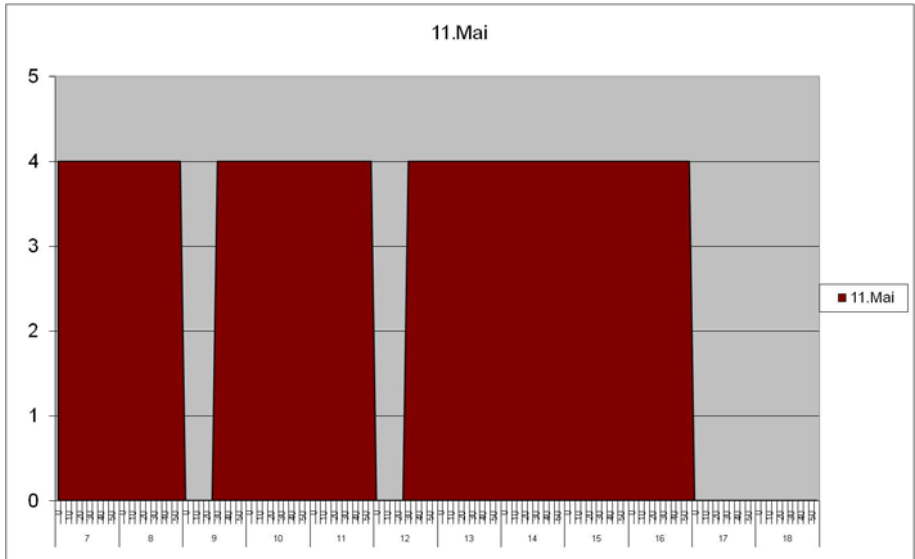
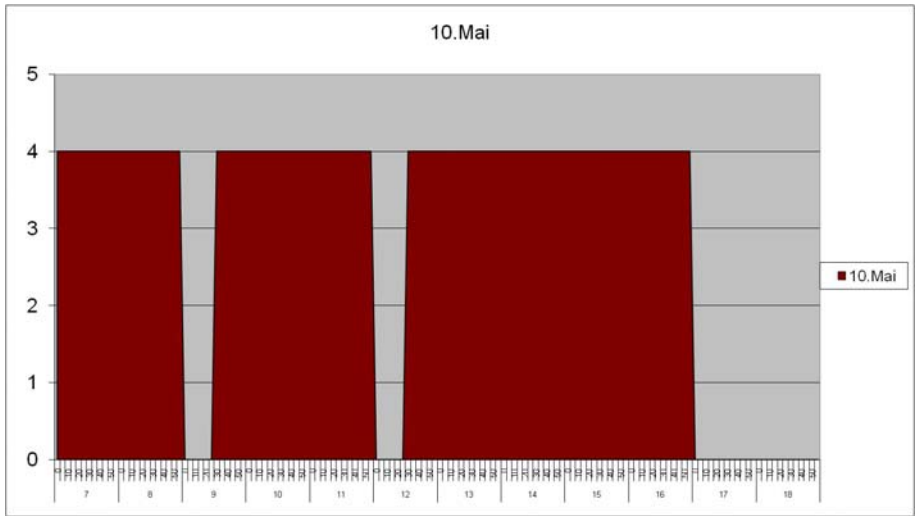
		19.04.2010	20.04.2010	07.05.2010	08.05.2010	Gesamt	
Haupt- taetigkeit	Verlegen der Decken- bewehrung	Auflagen der unteren Hauptbewehrung	0	20	24	1	65
		Auflagen der unteren Querbewehrung	0	26	18	6	50
		Einbinden der unteren Querbewehrung	0	6	3	11	20
		Auflagen der oberen Hauptbewehrung	0	21	0	1	22
		Einbinden der oberen Hauptbewehrung	0	3	0	17	20
		Einbinden der oberen Querbewehrung	0	0	0	1	1
		Auflagen der Schubbewehrung	0	0	0	0	0
		Einbinden der Schubbewehrung	0	5	0	2	7
		Einbinden der unteren Bewehrung (Matten)	0	0	0	0	0
		Einbinden der unteren Bewehrung (Matten)	0	0	0	0	0
		Auflagen der oberen Bewehrung (Matten)	0	26	0	24	50
		Auflagen der oberen Bewehrung (Matten)	0	0	0	0	0
		Auflagen der Anschlussbewehrung (z.B. Wände)	0	0	0	15	15
		Auflagen der Randbeton	0	24	15	8	47
		Einbinden der Randbeton	0	0	15	4	19
Auflagen sonstiger Bewehrung	0	0	4	4	8		
Einbinden sonstiger Bewehrung	0	0	0	0	0		
Einbinden sonstiger Bewehrung	0	136	87	60	283		
Rücken der Decken	Einbinden der Stabbewehrung	1	0	0	0	1	
Hilfs- taetigkeit	Rücken der Decken	Einbinden der Stabbewehrung	63	37	0	0	100
		Einbinden der Schubbewehrung (Bügel)	19	24	0	0	43
		Einbinden sonstiger Bewehrung	0	0	0	0	0
		Einbinden sonstiger Bewehrung	0	2	0	0	2
		Rücken der Stabbewehrung	70	26	0	0	96
		Rücken der Schubbewehrung (Bügel)	12	0	0	0	12
		Wagen zum Abtransport	1	16	1	0	18
		Wendung vorbereiten	0	0	0	0	0
		Arbeitsplatz vorbereiten	4	0	0	0	4
		Paniersicht	0	0	0	0	0
		Arbeitsplatz mit Vorarbeiter	0	0	0	0	0
		Arbeitsplatz besetzen	0	0	0	0	0
		Arbeitsplatz an Arbeiter	0	0	0	0	0
		sonstige Vorbereiten	3	3	1	0	7
		Vorbereiten der Anschlussbewehrung	1	2	0	0	3
Einbinden der Anschlussbewehrung	0	3	0	0	3		
Einbinden der Abstreifer	0	0	0	0	0		
Einbinden der Abstreifer	25	39	20	18	102		
Mauern der Stabbestände	3	15	11	3	32		
Mauern der Eugehölzlinge	1	3	3	1	8		
Mauern der Eugehölzlinge	1	3	3	1	8		
Bewehrung am Arbeitsplatz vorbereiten	37	34	9	18	98		
Bewehrung zum Arbeitsplatz transportieren	1	3	2	2	8		
Arbeitsplatz vorbereiten	0	0	0	0	0		
sonstiges Material holen	0	0	0	0	0		
Vorbereiten der Bewehrung mit Kran	4	12	6	6	28		
Vorbereiten der Auflagen für Traglebewehrung	0	0	0	0	0		
Arbeitsstellen an der Bewehrung (Träger)	0	0	0	0	0		
Einbinden der Traglebewehrung	0	0	0	0	0		
Arbeitsplatz annehmen	1	9	0	4	14		
Dauer zum Richten vorbereiten	5	24	8	10	47		
Dauer zum Richten vorbereiten	0	0	0	0	0		
Einbinden der Schalung	0	0	0	0	0		
Einbinden der Schalung	1	14	0	1	16		
sonstige Nacharbeiten (Elektriker, MALIS)	4	2	1	0	7		
Besichtigung mit Prüfer	8	2	7	6	23		
Besichtigung mit Kranführer	1	0	0	0	1		
Besichtigung im Lagerboden	5	26	6	6	43		
Warten auf Kollegen	13	21	2	6	42		
Warten auf Kollegen	3	21	2	1	27		
Warten auf Kran Last	2	1	3	2	8		
Vorbereiten nicht abgeschlossen (Eisenwerk)	0	0	0	0	0		
Material suchen	1	0	0	0	1		
Material suchen	0	0	0	0	0		
Klärung schiefer Maßangaben	0	1	0	1	2		
Freihalte-Pläne	0	0	0	0	0		
Veränderung Skizzen	9	2	0	7	18		
Warten auf Kran	3	6	0	9	18		
Warten auf Anweisung	0	6	0	0	6		
Einweilen	2	12	2	1	17		
Essen	0	5	0	0	5		
Überbleibsel verschaffen / durchfallen	5	3	2	0	10		
Arbeitsplatz vorbereiten	2	0	0	0	2		
Stang der Ebnelle	5	9	0	3	17		
Rachen	3	13	1	20	37		
Geplänk mit Kollegen	4	12	3	21	39		
Feiergespräch	2	9	7	0	18		
nicht auf Baustellen	0	15	0	0	15		
nicht auf Baustellen	11	16	0	0	27		
gibt nicht an/versteht	0	0	0	0	0		
NM		479	954	283	396	2062	

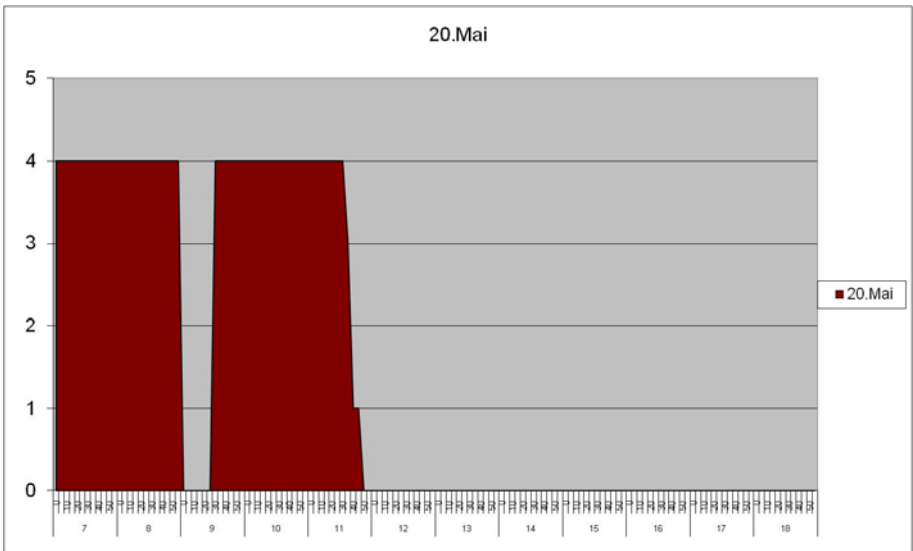
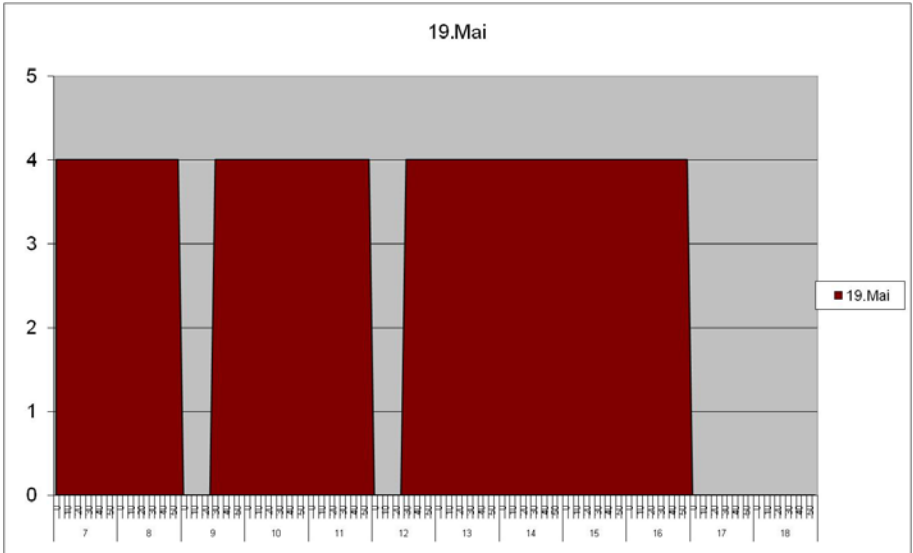
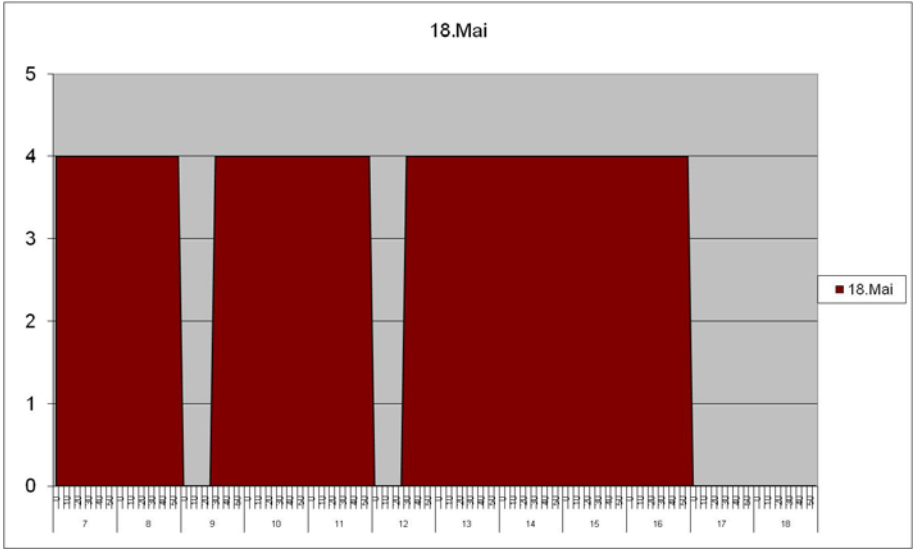
12.3.2 Arbeitskräfteverteilung





12.4.2 Arbeitskräfteverteilung





12.5 Baustelle Musiktheater Linz

12.5.1 Baustellen Datenblatt

PROJEKTDATENBLATT - HOCHBAU

TU Graz - Institut für Baubetrieb und Bauwirtschaft

ausgefüllt von: Johannes WagnerDatum: 11.06.2010

ALLGEMEINE PROJEKTDATEN

Projekt: Musiktheater Linz
 Bauherr: M.T.G. Musiktheater Linz GmbH
 Auftragnehmer: Strabag AG

Ausschreibungsart: Leistungsverzeichnis mit Einheitspreisen
 Vertragsart: Pauschalvertrag

Beschreibung des Bauwerks: Neubau eines Musiktheaters in Linz
 (Art des Bauwerks, Verwendungszweck, Bausituation, Erschwernisse,...)

Standort: Linz Seehöhe [m.ü.A.]: 261 m.ü.A.

Bauweise: Ortbeton Fertigteil Mischbauw.

Grundstücksfläche: 12000 m² Baustelleneinrichtungsfaktor:
 (BE-Fläche / Bauwerksgrundrissfläche)
 Bauwerksgrundrissfläche: 11000 m²
 Baustelleneinrichtungsfläche: 12000 m² 1,091 -

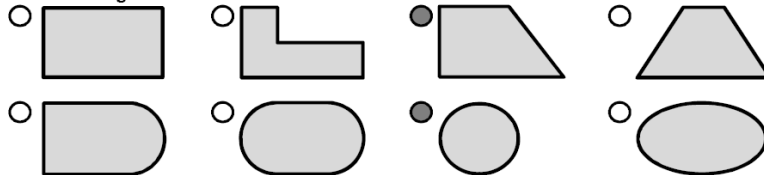
Gebäudeabmessungen: L= 162 m Geschoßanzahl: 2UG, 5OG, Bühnenturm
 B= max. 82 m Geschoßhöhe 1: m
 H= m Geschoßhöhe (2-n): m

Bruttorauminhalt: 290000 m³

Klassifizierung nach der Art des Gebäudes:

- Büro Gewerbe und Industrie Lehre und Forschung
 Wohnbauten Schulen und Kindergärten Gesundheitswesen
 Geschäft Gasthaus/ Hotel

Klassifizierung nach dem Grundriss des Gebäudes:



Gleichbleibender Bauwerksgrundriss: JA NEIN

Pläne (Bitte beilegen oder als PDF mailen!):

- Bauzeitplan Baustelleneinrichtungsplan Ansichten
 Grundriss(e) Schnitt(e) Visualisierungen
 Schalungsplan Bewehrungsplan

KOSTEN

Gesamtkosten:	150.000.000	€
Kosten Bauwerk-Rohbau:	20.800.000	€

ZEITMANAGEMENT

Planvorlaufzeit V-Pläne:	d	6	Wo	
Planvorlaufzeit F-Pläne:	d	4	Wo	
Bauzeit - gesamt (D _{GES}):	d	32	Mo	
Pufferzeit - gesamt:	d		Mo	% der Gesamtbauzeit
Pufferzeit - Stb.arbeiten:	d		Mo	
Baustelleneinrichtung:	d		Mo	
Erdarbeiten:	d		Mo	
Gründung:	d		Mo	
Rohbau (Stb.arbeiten):	d	16	Mo	(Beginn Fundamentplatte bis Ende DG Decke)
Baustellenräumung:	d		Mo	

BAUSTELLENEINRICHTUNG

Baustraße: Umfahrt Durchfahrt Stichstraße

Container:	Anzahl	Fläche
- Mannschaft:	8 Stk.	117,92 m ²
- Magazin:	18 Stk.	264,96 m ²
- Sanitär:	3 Stk.	44,22 m ²
- Bauleitung	10 Stk.	147,4 m ²
- AN:	Stk.	m ²
- AG:	4 Stk.	58,96 m ²

Krane:		Anzahl	Lastmoment
- Krantypen:	Turmdrehkran	5 Stk.	tm
	Schnellmontagekran	1 Stk.	tm
		Stk.	tm

- Ermittlung der Krananzahl in der Arbeitsvorbereitung:

- Krananzahl über Arbeitskräfte:	5 Stk.
- Krananzahl über Kranbelegungswerte:	Stk.
- Krananzahl über Bruttorauminhalt:	5 Stk.
- :	Stk.

Sonstige Baugeräte/ Baumaschinen:	Anzahl	nach Bedarf
- Bagger	Stk.	
- Dumper	Stk.	
- LKW	Stk.	
- Betonpumpe	Stk.	

PERSONAL

Anzahl der AK für die Arbeitsvorbereitung:

5 AK

Zeit für die Arbeitsvorbereitung:

14 d

% der Bauzeit

Arbeitszeitmodell: Regularbeit Schichtarbeit Dekadenarbeit
 lange/ kurze Woche lange/ lange/ kurze Wo

Arbeitszeit: 42 Std/Wo

Angestellte:	Anzahl	eigen	Sub.	Arbeiter:	Anzahl	eigen	Sub.
- Bauleiter:	1 AK	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	- Schaler:	80 AK	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
- Techniker:	3 AK	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	- Bewehrer:	15-20 AK	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
- Polier:	1 AK	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	- Betonierer:	AK	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
- H- Poller :	2 AK	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	- Maurer:	AK	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
				- Schaler Leas.:	20 AK	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
				- _____ :	AK	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Stamppersonal: _____ %
Ausländeranteil: _____ %
Frauenanteil: 0 %

Ø - Arbeitskräfteanzahl (AK_{MW}): _____ AK/d

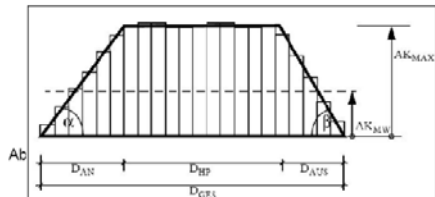
Ø - Arbeitsfläche je AK: _____ m²/AK

Maximale Arbeitskräfteanzahl (AK_{MAX}): _____ AK/d

Minimale Arbeitsfläche je AK: _____ m²/AK

Arbeitskräfteverlauf über die Bauzeit:

- Anlaufphase (D_{AN}):
 d
 % der Bauzeit
- Hauptbauzeit (D_{HP}):
 d
 % der Bauzeit
- Auslaufphase (D_{AUS}):
 d
 % der Bauzeit



MENGENÜBERSICHT

Bodenklasse:		Anzahl der Transporte		
		Antransporte	Abtransporte	Gesamt
Erdarbeiten:	65000 m ³	-	-	4700 -
Gründung:	9800 m ³	-	-	-
Rohbau:				
- Schalung:	109000 m ²	-	-	-
- Bewehrung:	5400 to	-	-	-
- Beton:	44000 m ³	-	-	-

12.5.2 Zusammengefasster Aufnahmebogen

	08.05.2010	09.05.2010	25.05.2010	30.05.2010	12.08.2010	13.08.2010	Gesamt
Haupt- taetigkeit	Aufgaben der unteren Hauptbewehrung	7	6	19	0	28	60
	Erfraden der unteren Hauptbewehrung	0	0	0	0	0	0
	Aufgaben der unteren Hauptbewehrung	0	0	0	0	0	0
	Erfraden der unteren Hauptbewehrung	3	6	14	0	7	30
	Aufgaben der oberen Hauptbewehrung	4	0	11	15	0	28
	Erfraden der oberen Hauptbewehrung	0	0	0	0	0	0
	Aufgaben der oberen Carobewehrung	6	4	7	5	0	22
	Erfraden der oberen Carobewehrung	0	0	0	0	0	0
	Aufgaben der Schubbewehrung	0	0	0	0	0	0
	Erfraden der Schubbewehrung	0	0	0	0	0	0
	Aufgaben der unteren Bewehrung (Mittel)	0	0	0	0	0	0
	Erfraden der unteren Bewehrung (Mittel)	0	0	0	0	0	0
	Aufgaben der oberen Bewehrung (Mittel)	0	0	0	0	0	0
	Erfraden der oberen Bewehrung (Mittel)	0	0	0	0	0	0
	Aufgaben der Anschlussbewehrung (z.B. Wände)	0	0	0	0	0	0
Erfraden der Anschlussbewehrung (z.B. Wände)	8	0	2	3	0	13	
Aufgaben der Bandwreter	0	0	0	0	0	0	
Erfraden der Bandwreter	10	0	0	0	0	10	
Aufgaben sonstiger Bewehrung	0	0	0	0	0	0	
Erfraden sonstiger Bewehrung	0	0	0	0	0	0	
Rollen der unteren Bewehrungslage	28	5	85	14	0	132	
Rollen der oberen Bewehrungslage	8	12	15	0	0	35	
Aufgaben der Stützbewehrung	0	0	0	0	0	0	
Erfraden der Stützbewehrung	0	0	0	0	0	0	
Aufgaben der Schubbewehrung (Bügel)	0	0	0	0	0	0	
Erfraden der Schubbewehrung (Bügel)	0	0	0	0	0	0	
Aufgaben sonstiger Bewehrung	0	0	0	0	0	0	
Erfraden sonstiger Bewehrung	0	0	0	0	0	0	
Sonstige Bewehrung	0	0	0	0	0	0	
Rollen der Schubbewehrung (Bügel)	0	0	0	0	0	0	
Weg zum Arbeitsplatz	14	24	11	8	16	73	
Werkzeug vorbereiten	0	0	0	0	0	0	
Arbeitsplatz vorbereiten	0	0	0	0	0	0	
Besprechung mit Vorgesetzter	0	0	0	0	0	0	
Arbeitsplatz begradigen	0	0	0	0	0	0	
Anweisung an Arbeiter	0	0	0	0	0	0	
sonstige Vorbereiten	0	0	0	0	0	0	
Arbeitsplatz vorbereiten	0	0	0	0	0	0	
Erfraden der Abfahrtschale	11	16	0	0	0	27	
Planstudium	10	28	0	0	9	47	
Montieren der Stahlschale	0	0	0	0	0	0	
Montieren der Bügelstiftschale	0	0	0	0	0	0	
Montieren der Bügelstiftschale	0	0	0	0	0	0	
Bewehrung am Lagerplatz vorbereiten	38	6	51	8	12	115	
Bewehrung am Arbeitsplatz vorbereiten	12	5	22	5	24	68	
Bewehrung zum Arbeitsplatz transportieren	8	7	7	12	7	41	
Arbeitsplatz vorbereiten	0	0	0	0	0	0	
Arbeitsplatz vorbereiten	0	0	0	0	0	0	
Arbeitsplatz vorbereiten	0	0	0	0	0	0	
Vorbereiten der Bewehrung mit Kran	2	0	0	0	4	6	
Vorbereiten der Aufgaben für Trägerbewehrung	0	0	0	0	0	0	
Nacharbeiten an der Bewehrung (Träger)	0	0	0	0	0	0	
Zurücksetzen der Bewehrung	0	0	0	0	0	0	
Arbeitsplatz aufräumen	0	0	0	0	0	0	
Dreh zum Flechten vorbereiten	1	6	6	5	14	32	
Bewehrung schneiden	3	3	3	0	7	16	
Nacharbeiten an der Bewehrung	0	0	0	0	0	0	
Bewehrung vorbereiten	0	0	0	0	0	0	
Bewehrung vorbereiten	0	0	0	0	0	0	
Bewehrung vorbereiten	0	0	0	0	0	0	
Besprechung mit Vorgesetzter	1	0	0	0	0	1	
Besprechung mit Vorgesetzter	1	0	0	0	0	1	
Besprechung mit Vorgesetzter	2	1	13	5	5	26	
Besprechung mit Kollegen	11	7	13	1	11	43	
Besprechung mit Kollegen	5	1	4	4	4	18	
Warten auf Kranlast	0	0	0	0	0	0	
Vorbereiten nicht abgeschlossener (Einbauten)	0	0	0	0	0	0	
Warten auf Material	0	0	0	0	0	0	
Material suchen	0	0	0	0	0	0	
Material suchen	0	0	0	0	0	0	
Material suchen	0	0	0	0	0	0	
Kleidung abputzen	1	3	1	0	0	5	
Warten auf Kran	27	2	12	5	6	52	
Warten auf Anweisung	0	0	0	0	0	0	
Entlasten	7	0	0	0	0	7	
Überblick verschaffen durchzweites	4	1	2	1	4	12	
sonstige Pause	20	5	0	0	6	31	
Gang zur Toilette	0	19	6	0	6	31	
Rauchen	2	2	1	2	4	11	
Gespräch mit Kollegen	3	4	0	2	3	12	
nicht auf Baustelle	0	0	0	0	0	0	
nicht sichtbar	8	5	2	2	5	22	
selbst nicht anwesend	0	0	0	0	0	0	
Summe	295	240	494	152	406	1587	

Tätigkeit

12.5.3 Arbeitskräfteverteilung

