

VDI

Schalarbeiten haben – wie im Buch dargestellt wird – eine hohe baubetriebliche und bauwirtschaftliche Bedeutung für das Bauwesen. Kosten und Bauzeit werden im Ortbetonbau maßgeblich von den Schalarbeiten bestimmt. Das vorliegende Buch leistet einen Beitrag zur Steigerung der Effizienz in der Auswahl von Schalungssystemen/-verfahren sowie für Ablaufplanung, Logistik und Kalkulation. Dazu werden Ablaufschemata und Interaktionsdiagramme sowie Kennzahlen vorgestellt. Damit wird eine systematische Vorgangsweise in der Bearbeitung und übersichtlichen Darstellung von wesentlichen baubetrieblichen und bauwirtschaftlichen Zusammenhängen gefördert. Die dargestellten Interaktionsdiagramme eignen sich auch besonders für Untersuchungen zur Sensitivität und Plausibilität. Zur Vermittlung der technologischen Grundlagen werden für vertikale und horizontale Bauteile die Funktionen der grundlegenden Schalungssysteme und Schalungselemente dargestellt. Im Zusammenhang mit Sichtbeton wird auf Planung, Ausschreibung, Ausführung und Qualitätskontrolle eingegangen.



Univ.-Doz. Dipl.-Ing. Dr. techn. Christian Hofstadler studierte an der Technischen Universität Graz Wirtschaftsingenieurwesen/Bauwesen. 1999 erfolgte die Promotion an der TU Graz. Im Zuge seiner Doktorarbeit befasste er sich intensiv mit dem Baubetrieb von Stahlbetonarbeiten. Von 1995 bis 2001 war er als Universitätsassistent und von 2002 bis 2006 als Assistent an der TU Graz beschäftigt. Die Auseinandersetzung mit baubetrieblichen Fragestellungen (vor allem Arbeitsvorbereitung, Ablaufoptimierung, Optimierung von Stahlbetonarbeiten, Schalungs- und Rüsttechnik, Logistik) führte zu Lösungen, welche in der Bauindustrie angewendet werden. Im November 2005 wurde Dr. Hofstadler die Lehrbefugnis für das wissenschaftliche Fach Baubetrieb an der TU Graz verliehen, wo er seit 2006 als Universitätsdozent tätig ist. Seine Habilitationsschrift verfasste er zum Thema Bauablaufplanung und Logistik. Er ist Experte im Österreichischen Normungsinstitut und „Allgemein beeideter und gerichtlich zertifizierter Sachverständiger“ für das Bauwesen. Praktische Erfahrungen in der Bauausführung konnte er auf verschiedenen Baustellen – vor allem in den Bereichen Hoch- und Brückenbau sowie in der Gebäudesanierung und bei Umbauten – sammeln.

ISBN 978-3-540-85178-3



springer.de

VDI

Hofstadler

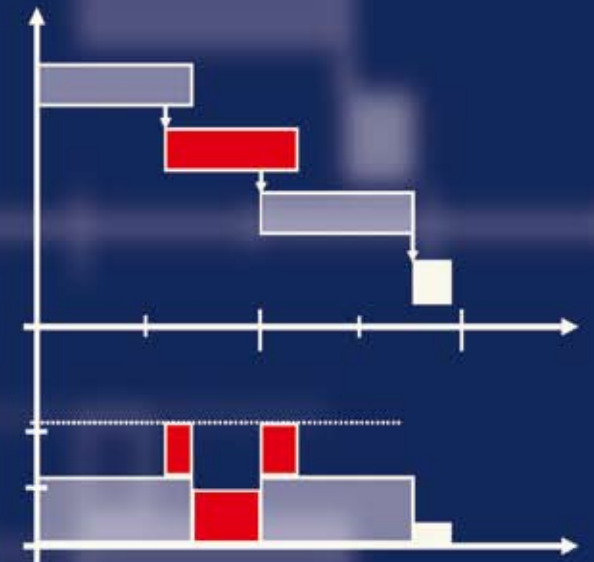


Schalarbeiten

Christian Hofstadler

Schalarbeiten

Technologische Grundlagen, Sichtbeton, Systemauswahl, Ablaufplanung, Logistik und Kalkulation



VDI

Springer

Scholarbeiten

Christian Hofstadler

Scholarbeiten

Technologische Grundlagen, Sichtbeton,
Systemauswahl, Ablaufplanung, Logistik
und Kalkulation

Univ.-Doz. Dipl.-Ing. Dr. Christian Hofstadler
Institut für Baubetrieb und Bauwirtschaft
Technische Universität Graz
Lessingstr. 25/II
8010 Graz
Österreich
hofstadler@tugraz.at

ISBN 978-3-540-85178-3

e-ISBN 978-3-540-85179-0

DOI 10.1007/978-3-540-85179-0

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

© 2008 Springer-Verlag Berlin Heidelberg

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, des Vortrags, der Entnahme von Abbildungen und Tabellen, der Funk-sendung, der Mikroverfilmung oder der Vervielfältigung auf anderen Wegen und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei nur auszugsweiser Verwertung, vorbehalten. Eine Vervielfältigung dieses Werkes oder von Teilen dieses Werkes ist auch im Einzelfall nur in den Grenzen der gesetzlichen Bestimmungen des Urheberrechtsgesetzes der Bundesrepublik Deutschland vom 9. September 1965 in der jeweils geltenden Fassung zulässig. Sie ist grundsätzlich vergütungspflichtig. Zuwider-handlungen unterliegen den Strafbestimmungen des Urheberrechtsgesetzes.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk be-rechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften. Sollte in diesem Werk direkt oder indirekt auf Gesetze, Vorschriften oder Richt-linien (z. B. DIN, VDI, VDE) Bezug genommen oder aus ihnen zitiert worden sein, so kann der Verlag keine Gewähr für die Richtigkeit, Vollständigkeit oder Aktualität übernehmen. Es empfiehlt sich, gegebenenfalls für die eigenen Arbeiten die vollständigen Vorschriften oder Richtlinien in der jeweils gültigen Fassung hinzuzuziehen.

Einbandgestaltung: WMXDesign, Heidelberg

Gedruckt auf säurefreiem Papier

9 8 7 6 5 4 3 2 1

springer.de

I Inhaltsverzeichnis

I	Inhaltsverzeichnis	VII
1	Einleitung	1
1.1	Einführung	1
1.2	Ziel	2
1.3	Gliederung	3
2	Baubetriebliche und bauwirtschaftliche Bedeutung	5
2.1	Bauweisen	7
2.1.1	Ortbetonbauweise	8
2.1.1.1	Standardbauweise	8
2.1.1.2	Kombinierte Bauweise	8
2.1.2	Fertigteilbauweise	9
2.1.3	Mischbauweise	10
2.2	Baubetrieblicher Stellenwert	10
2.2.1	Bauablauf	14
2.2.2	Baustelleneinrichtung	14
2.2.2.1	Lagerflächen	15
2.2.2.2	Kranbedarf	18
2.2.2.3	Verkehrsanbindung	18
2.2.3	Logistik	19
2.2.4	Verfahrensvergleich	19
2.3	Bauwirtschaftlicher Stellenwert	19
2.3.1	Schararbeiten als Eigenleistung	20
2.3.2	Schararbeiten werden ausgelagert (Outsourcing)	20
2.3.3	Kalkulation	21

2.3.4	Soll/Ist-Vergleiche	22
2.3.4.1	Zeit	24
2.3.4.2	Qualität	24
2.3.4.3	Kosten	24
2.3.4.4	Aufwandswerte	25
2.3.4.5	Leistung	25
2.3.4.6	Vorhaltemenge	25
2.3.5	Mehrkostenforderungen	26
2.3.6	Kostenanteil der Schalarbeiten an den Stahlbetonarbeiten	27
2.3.6.1	Kostenanteil in Österreich	28
2.3.6.2	Kostenanteil in Deutschland	33
3	Funktion der Schalung	35
3.1	Formgebung	36
3.1.1	Ebene Flächen	36
3.1.2	Gekrümmte Flächen	36
3.1.2.1	Einfach gekrümmte Flächen	36
3.1.2.2	Doppelt gekrümmte Flächen	37
3.2	Gestaltungsfunktion	38
3.2.1	Flächengliederung	39
3.2.1.1	Arbeitsfugen	39
3.2.1.2	Elementfugen	40
3.2.1.3	Schalungshautfugen	40
3.2.2	Struktur	41
3.2.3	Farbe	41
3.2.4	Porigkeit	42
3.3	Kraftableitung	42
3.4	Ermöglichung einer dichten Betonoberfläche	42
4	Schalungshautarten	45
4.1	Systematische Einteilung der Schalungshautarten	45
4.2	Schalungshaut aus Holz	48
4.3	Schalungshaut aus Holzwerkstoff	49
4.3.1	Massivholzplatten	50
4.3.2	Sperrholzplatten	51
4.3.3	Faserplatten	52
4.4	Spanplatten	53
4.5	Schalungshaut aus Kunststoff	54

4.5.1	Kunststoffverbundplatten	54
4.5.2	Kunststoffbeschichtete Platten	55
4.5.3	Kunststoffvlies	55
4.5.4	Schalungshautmatrizen	56
4.6	Schalungshaut aus Metall	57
4.6.1	Schalungshaut aus Stahl	58
4.6.2	Schalungshaut aus Blech	58
4.6.2.1	Tafeln aus Blech	59
4.6.2.2	Rippenstreckmetall	59
4.6.3	Schalungshaut aus Papier	60
4.7	Ausbildung der Schalungshautstöße	61
5	Wechselwirkung zwischen Schalungshaut, Trennmittel und Beton . . .	63
5.1	Einflüsse der Schalungshaut auf den Beton	64
5.2	Trennmittel	66
5.2.1	Arbeitsvorbereitung	68
5.2.2	Ausführung	69
5.2.3	Der Einsatz von Schalungshaut ohne Trennmittel	70
5.3	Wechselwirkung zwischen Schalungshaut und Trennmittel	71
5.4	Wechselwirkung zwischen Trennmittel und Beton	71
5.5	Verbundforschung in Deutschland - wesentliche Ergebnisse	72
6	Schalungen für vertikale Bauteile	75
6.1	Herstellung von vertikalen Bauteilen	75
6.1.1	Anzahl der Häupter	76
6.1.1.1	Einhäuptige Schalungen	77
6.1.1.2	Doppelhäuptige Schalungen	79
6.1.2	Bauweise	80
6.1.3	Arbeitsfortschritt	81
6.1.4	Kranabhängigkeit	81
6.2	Einteilung der Wandschalungen	81
6.3	Überblick über Schalungssysteme für Wände	82
6.3.1	Konventionelle Schalungen - Wände	83
6.3.2	Rahmenschalungen - Wände	86
6.3.2.1	Rahmenschalungen - Aufbau	86
6.3.2.2	Oberflächenbeschaffenheit der Rahmenelemente	88

6.3.2.3	Elementanordnung und Verbindungsmittel	88
6.3.2.4	Ankerungen	91
6.3.2.5	Ausgleiche	93
6.3.2.6	Eckausbildungen	96
6.3.2.7	Abstützelemente und Arbeitsgerüste	98
6.3.2.8	Rahmenschalungen für runde Bauwerke	100
6.3.2.9	Rahmenschalungen aus Aluminium	101
6.3.2.10	Rahmenschalungen aus Stahl	101
6.3.2.11	Rahmenschalungen aus Kunststoff	102
6.3.3	Trägerschalungen	103
6.3.3.1	Trägerschalung mit bauseitiger Grundmontage	104
6.3.3.2	Trägerschalung werkseitig vormontiert	108
6.3.3.3	Trägerrundschalungen	110
6.4	Überblick über Schalungssysteme für Stützen und Säulen	112
6.4.1	Konventionelle Schalung	112
6.4.2	Trägerschalungen	113
6.4.3	Rahmenschalungen	114
6.4.3.1	Rahmenelemente für den Universaleinsatz	115
6.4.3.2	Rahmenelemente für den Klappeinsatz	116
6.4.3.3	Rahmenelemente für den flexiblen Einsatz	117
6.4.4	Stahlschalungen für runde Stützenschalungen	118
6.4.5	Einwegschalungen	119
6.5	Höhenversetzbare Schalungen	119
6.5.1	Kletterschalung	120
6.5.1.1	Kranabhängige Kletterschalung	120
6.5.1.2	Selbstkletterschalung	122
6.5.2	Gleitschalung	124
6.6	Fertigteile	128
6.7	Auswahlkriterien	128
7	Schalungen für horizontale Bauteile	129
7.1	Einteilung der Deckenschalungen	129
7.2	Konventionelle Schalung	131
7.3	Trägerschalung	133
7.3.1	Trägerschalung ohne Fallkopf	133
7.3.1.1	Schalung mit Stützen	133
7.3.1.2	Schalung mit Gerüsten	138
7.3.2	Trägerschalung mit Fallkopf	139
7.3.3	Randabschalung	140
7.3.3.1	Randabschalung im Wandbereich	141

7.3.3.2	Randabschalung mit freiem Deckenende	141
7.3.4	Unterzüge	142
7.3.4.1	Randunterzüge	142
7.3.4.2	Feldunterzüge	143
7.4	Rahmenschalung - Decken	145
7.4.1	Rahmenschalung ohne Fallkopf	145
7.4.2	Rahmenschalung mit Fallkopf	146
7.5	Trägerrostschalung	150
7.6	Deckentische	151
7.7	Schubladenschalung	154
7.8	Raumschalung	154
7.9	Fertigteile	155
7.9.1	Fertigteile mit Unterstellung	155
7.9.2	Fertigteile ohne Unterstellung	155
7.9.2.1	Spannbetonhohldielen	155
7.9.2.2	Vorgespannte Rippendecken	156
7.10	Auswahlkriterien	156
8	Schalungen für geneigte Bauteile	157
8.1	Einteilung	158
8.2	Anwendung von Schalungssystemen für geneigte Bauteile . .	159
8.2.1	Schalungen mit Gerüsten	159
8.2.2	Sonderschalungen	160
8.2.2.1	Faulbehälter	160
8.2.2.2	Wassertürme	161
8.2.3	Kletterschalungen	163
8.2.4	Gleitschalungen	163
8.3	Auswahlkriterien	166
9	Frischbetondruck und Bemessung	167
9.1	Grundlagen	168
9.2	Theorie zum Frischbetondruck	168
9.3	Frischbetondruck auf horizontale Bauteile	169
9.4	Frischbetondruck auf vertikale Bauteile	169
9.4.1	Grundlagen des Frischbetondruckes auf lotrechte Schalungen	170
9.4.2	Frischbetondruck nach DIN 18218	171
9.4.2.1	Größe und Verteilung des Frischbetondruckes	172
9.4.2.2	Entwicklung des Verteilungsdiagramms nach DIN 18218	175

9.4.3	Berechnungsbeispiel - Lotrechte Wand	176
9.4.3.1	Ermittlung des Frischbetondrucks und der Ankerkräfte	178
9.4.3.2	Bemessung der Wandschalung	185
9.5	Frischbetondruck auf geneigte Bauteile	189
9.5.1	Ansatz für geneigte Schalungen	191
9.5.2	Frischbetonkeil	192
9.5.3	Anwendung des vereinfachten Lastbildes für geneigte Schalungen	193
9.5.3.1	Schalungsfläche unterhalb des Frischbetons	194
9.5.3.2	Schalungsfläche oberhalb des Frischbetonspiegels	195
9.5.4	Berechnungsbeispiel - Geneigte Wand	197
9.5.5	Ankerlage und Auftrieb	202
10	Sichtbeton	203
10.1	Grundlagen	204
10.2	Gestaltungsmerkmale	208
10.2.1	Struktur	209
10.2.2	Farbe	209
10.2.3	Flächengliederung	209
10.2.3.1	Arbeitsfugen	210
10.2.3.2	Element- und Schalungshaufugen	210
10.3	Überblick über Normen, Richtlinien und Merkblätter	214
10.3.1	Grundlagen	215
10.3.2	Normen, Richtlinien und Merkblätter im deutschsprachigen Raum - Überblick	217
10.3.2.1	Überblick in Deutschland	217
10.3.2.2	Überblick in Österreich	218
10.3.2.3	Überblick in der Schweiz	220
10.4	Kriterien für Sichtbeton	220
10.4.1	Kriterien für die Planung	220
10.4.2	Kriterien für die Ausschreibung	221
10.4.3	Kriterien für die Kalkulation	222
10.4.4	Kriterien für die Arbeitsvorbereitung	223
10.4.5	Kriterien für die Ausführung	224
10.5	Ablaufdiagramm für Sichtbeton	228
10.5.1	Konventioneller Ablauf	228
10.5.2	Modifizierter Ablauf	230
10.6	Checkliste für Sichtbeton - Ausführende	232
10.6.1	Phase: vor Ausführung der Arbeiten	234
10.6.1.1	Planung/Ausschreibung	234
10.6.1.2	Arbeitsvorbereitung	234

10.6.2	Phase: Ausführung der Arbeiten	235
10.7	Regelkreise im Zusammenhang mit Sichtbeton.	235
10.7.1	Beteiligte von der Planung, über die Herstellung bis zur Übernahme von Sichtbeton	236
10.7.2	Regelkreis - Allgemein	236
10.7.3	Bearbeitungsintensität in Abhängigkeit vom Planungsstadium	238
10.7.4	Regelkreis für die Planung, Ausschreibung und Bauausführung . . .	239
10.7.4.1	Regelkreis für die Planung.	239
10.7.4.2	Regelkreis für die Ausschreibung	243
10.7.4.3	Regelkreis für die Ausführung	246
10.7.4.4	Störeinflüsse auf Regelkreise	249
10.7.5	Unvernetzte Betrachtung der verschiedenen Regelkreissysteme . .	249
10.7.6	Vernetzte Betrachtung der verschiedenen Regelkreissysteme	251
10.7.7	Zusammenfassung.	252
10.8	Meinungsbild der Architekten über Sichtbeton.	254
10.8.1	Ziel der Umfrage.	254
10.8.2	Auswertung	255
10.8.2.1	Unternehmensgröße der Befragten.	255
10.8.2.2	Tätigkeitsbereiche der Befragten.	256
10.8.2.3	Welche Baustoffe werden als gestalterisches Element eingesetzt?	256
10.8.2.4	Welche Argumente sprechen gegen den Einsatz von Sichtbeton als Gestaltungselement?	257
10.8.2.5	Welche Kriterien sind für die Planer wesentlich beim Sichtbeton?	260
10.8.2.6	Wie wird der auszuführende Sichtbeton beschrieben?	262
10.8.2.7	Was stört die Planer besonders bei Sichtbeton?	263
10.8.2.8	Wie würden die Planer zukünftig die Abnahmekriterien vereinbaren?	264
10.8.2.9	Welche Regelwerke sind den Planern bekannt und werden auch eingesetzt?	266
10.8.2.10	Bewertung der Verbesserungsvorschläge zur Steigerung der Sichtbetonqualität	267
10.8.2.11	Zusammenfassung zur Untersuchung.	269
11	Ausschreibung und Qualitätsbeurteilung.	271
11.1	Ausschreibung von Stahlbetonarbeiten	271
11.2	Baubetriebliche Angaben des Auftraggebers in der Ausschreibung	274
11.3	Ausschreibung für Normalbeton.	278
11.4	Ausschreibung für Sichtbeton	279
11.4.1	Musterflächen.	280
11.4.2	Referenzflächen	281

11.5	Beurteilung der Sichtbetonbetonqualität - Modalitäten	281
11.5.1	Festlegung von Musterflächen und eines Vergleichszeitraumes	282
11.5.2	Sichtbetonkriterien	284
11.5.2.1	Ebenheit	285
11.5.2.2	Porigkeit	286
11.5.2.3	Struktur	286
11.5.2.4	Farbgleichheit	286
11.6	Ablauf der Beurteilung	288
11.6.1	Zwischenbeurteilung	288
11.6.1.1	Zeitlicher Ablauf der Zwischenbeurteilung der Sichtbetonqualität	289
11.6.1.2	Beurteilung des Einzeleindrucks für eine Zwischenbeurteilung	290
11.6.1.3	Beurteilung des Gesamteindrucks für die Abnahme/Übernahme.	290
11.6.1.4	Beurteilung des Einzeleindrucks für die Abnahme/Übernahme.	290
11.6.2	Ablaufdiagramm	291
12	Kalkulation	295
12.1	Grundlagen zur Kalkulation	296
12.1.1	Phasen der Kalkulation	296
12.1.1.1	Angebotskalkulation.	297
12.1.1.2	Auftragskalkulation	297
12.1.1.3	Arbeitskalkulation.	298
12.1.1.4	Nachkalkulation	298
12.1.1.5	Nachtragskalkulation	299
12.1.2	Zuschlagskalkulation	299
12.2	Kalkulationsgrundlagen für die Lohnkosten	300
12.2.1	Mittellohnkosten	300
12.2.1.1	Mittellohnkosten - Grobkalkulation.	300
12.2.1.2	Mittellohnkosten - Detailkalkulation	300
12.2.2	Aufwandswert.	301
12.2.2.1	Gesamt-Aufwandswert für die Stahlbetonarbeiten	302
12.2.2.2	Mittlerer Aufwandswert für die Schalarbeiten - Hochbau	303
12.2.2.3	Mittlerer Aufwandswert für die Schalarbeiten - Brückenbau	304
12.2.2.4	Detailaufwandswert für einen Bauteil oder Fertigungsabschnitt	304
12.2.2.5	Einflüsse auf den Aufwandswert - Baubetriebliche Betrachtung	305

12.2.2.6	Einflüsse auf den Aufwandswert - Bauwirtschaftliche Betrachtung	308
12.2.2.7	Quellen für Aufwandswerte	308
12.2.2.8	Aufwandswertematrix - Schalarbeiten	311
12.3	Kalkulationsgrundlagen für die Gerätekosten	313
12.3.1	Gerätekosten - Grobkalkulation	313
12.3.2	Gerätekosten - Detailkalkulation.	315
12.3.2.1	Schalung wird gekauft	317
12.3.2.2	Gemietete Schalung	319
12.4	Kalkulationsgrundlagen für die Materialkosten	319
12.5	Grob- und Detailkalkulation der Stahlbetonarbeiten	320
12.5.1	Grobkalkulation für die Stahlbetonarbeiten	321
12.5.1.1	Grobkalkulation für die Stahlbetonarbeiten - gesamtes Bauwerk	321
12.5.1.2	Grobkalkulation für die Stahlbetonarbeiten - Bauteile/Fertigungsabschnitte	322
12.5.2	Detailkalkulation für die Stahlbetonarbeiten	322
12.5.2.1	Detailkalkulation für die Stahlbetonarbeiten - gesamtes Bauwerk	322
12.5.2.2	Detailkalkulation für die Stahlbetonarbeiten - Bauteile/Fertigungsabschnitte	323
12.6	Grob- und Detailkalkulation der Schalarbeiten	324
12.6.1	Grobkalkulation für die Schalarbeiten.	324
12.6.1.1	Grobkalkulation für die Schalarbeiten - gesamtes Bauwerk	325
12.6.1.2	Grobkalkulation für die Schalarbeiten - Bauteile/Fertigungsabschnitte	325
12.6.2	Detailkalkulation der Schalarbeiten	326
12.6.2.1	Detailkalkulation für die Schalarbeiten - gesamtes Bauwerk	326
12.6.2.2	Detailkalkulation für die Schalarbeiten - Bauteile/Fertigungsabschnitte	327
12.7	Beispiel zur Kalkulation	328
12.7.1	Grobkalkulation der Schalarbeiten	329
12.7.1.1	Gerätekosten	329
12.7.1.2	Lohnkosten	330
12.7.1.3	Materialkosten	330
12.7.1.4	Einzelkosten	330
12.7.2	Detailkalkulation der Schalarbeiten	330
12.7.2.1	Gerätekosten	332
12.7.2.2	Lohnkosten	334

12.7.2.3	Materialkosten	336
12.7.2.4	Zusammenstellung der Einzelkosten	336
13	Systematischer Verfahrens- und Systemvergleich	337
13.1	Prioritätenmatrix für die Stahlbetonarbeiten	337
13.2	Arten des Schalungsvergleichs	339
13.2.1	Kalkulatorischer Verfahrensvergleich	340
13.2.1.1	Allgemeiner kalkulatorischer Schalungsvergleich	340
13.2.1.2	Vertiefter kalkulatorischer Schalungsvergleich	340
13.2.1.3	Beispiel	342
13.2.2	Differenzierter Verfahrensvergleich	345
13.2.2.1	Entscheidungsmatrix	346
13.2.2.2	Auswahlkriterien	349
13.2.2.3	Einsatz der Entscheidungsmatrix	354
14	Bauablaufplanung	355
14.1	Fertigungsablaufmodelle	355
14.1.1	Fließfertigung	356
14.1.2	Taktfertigung	357
14.2	Anordnungsbeziehungen	358
14.2.1	Normalfolge	359
14.2.2	Anfangsfolge	360
14.2.3	Endfolge	361
14.2.4	Bedingungen für die Anordnungsbeziehungen	361
14.2.4.1	Anordnungsbeziehungen zwischen Schalen und Bewehren	362
14.3	Berechnung der Schalungsleistung für verschiedene Schalungsphasen	367
14.3.1	Leistung in den Schalungsphasen	367
14.3.2	Berechnung der Vorgangsdauer	369
14.3.3	Berücksichtigung der Einarbeitung bei Scharbeiten	370
14.3.4	Berücksichtigung der Einarbeitung in den Aufwandswerten	373
14.3.4.1	Berücksichtigung der Einarbeitung in den Aufwandswerten für die Arbeitsvorbereitung und die Bauausführung	373
14.3.4.2	Berücksichtigung der Einarbeitung in den Aufwandswerten zur Angebotserstellung	374
14.3.5	Berücksichtigung der Einarbeitung in der Leistungsberechnung für die Scharbeiten	376
14.3.6	Konsequenzen aus der Nichtberücksichtigung der Einarbeitung	378
14.3.6.1	Folgen für die Angebotskalkulation	379

14.3.6.2	Folgen für die Arbeitsvorbereitung bzw. Bauausführung (Vorgangsdauer).	379
14.3.7	Anpassungsmöglichkeiten zur Erzielung und Aufrechterhaltung einer konstanten Schalungsleistung	380
14.3.7.1	Konstante Schalungsleistung – Kapazitive Anpassung.	381
14.3.7.2	Beispiel für eine kapazitive Anpassung	382
14.3.7.3	Konstante Schalungsleistung – Arbeitszeitliche Anpassung	383
14.3.7.4	Berechnung der Leistungsverluste	384
14.3.7.5	Beispiele für eine arbeitszeitliche Anpassung	385
14.3.8	Zusammenfassung.	388
14.4	Leistungsabstimmung bei Stahlbetonarbeiten im Hochbau	390
14.4.1	Abstimmung zwischen vertikalen und horizontalen Bauteilen	390
14.4.2	Abstimmung zwischen Schalen und Bewehren	391
14.4.2.1	Leistungsabstimmung bei Decken.	392
14.4.2.2	Leistungsabstimmung bei Wänden	393
15	Schalungslogistik.	411
15.1	Beschaffungslogistik.	413
15.2	Produktionslogistik	415
15.2.1	Externe Fördermittel	418
15.2.1.1	Krane	418
15.2.1.2	Bauaufzug	420
15.2.1.3	Hubsysteme.	420
15.2.1.4	Transportfahrzeuge	422
15.2.1.5	Flaschenzüge und Winden	422
15.2.1.6	Fahrwerke	422
15.2.2	Integrierte Fördermittel	423
15.2.2.1	Heber bei der Gleitschalung	423
15.2.2.2	Selbstklettereinrichtung	424
15.3	Entsorgungslogistik	424
15.4	Vorhaltemenge für die Schalung	425
15.4.1	Vorhaltemenge für die Grobplanung	426
15.4.2	Berechnung der Vorhaltemenge bei Fließfertigung – Decken	426
15.4.3	Interaktionsdiagramm für die Vorhaltemenge an Schalung – Fließfertigung.	430
15.4.3.1	Beschreibung des Interaktionsdiagramms.	430
15.4.3.2	Anwendung des Interaktionsdiagramms	432
15.4.3.3	Beispiel zur Sensitivitätsanalyse	434
15.4.4	Berechnung der Vorhaltemenge bei Taktfertigung – Decken	434

15.4.5	Berechnung der Vorhaltemenge bei Fließfertigung für Decken – Frühausschalen	435
15.4.5.1	Frühausschalen – Schalung	436
15.4.5.2	Frühausschalen – Rüstung	436
15.4.6	Vorhaltemenge und Bauzeit	439
15.4.6.1	Zusammenhang	439
15.4.6.2	Beispiel zur Vorhaltemenge	440
15.4.7	Zusammenfassung – Vorhaltemenge	442
16	Kennzahlen	443
16.1	Mindestarbeitsfläche	444
16.1.1	Ansätze aus der Literatur	446
16.1.2	Aktuelle Untersuchungen zur Mindestarbeitsfläche	446
16.1.2.1	Mindestarbeitsfläche - Untersuchungsergebnisse	447
16.1.2.2	Bedeutung der Mindestarbeitsfläche getrennt nach Schalen, Bewehren und Betonieren - Beispiel	449
16.1.3	Anwendung	451
16.2	Kennzahlen für die Mengenermittlung	452
16.2.1	Schalfläche	452
16.2.2	Schalungsgrad	453
16.2.2.1	Grundlagen für den Schalungsgrad	454
16.2.2.2	Schalungsgrad: Vergleichende Darstellung	454
16.2.2.3	Berechnung des Schalungsgrades für zwei Bauwerke aus Stahlbeton	456
16.2.2.4	Zusammenfassung	458
16.2.3	Schalungsverhältnisgrad	461
16.2.4	Vorhaltemengengrad	462
16.2.4.1	Vorhaltemengengrad - Bauwerk	462
16.2.4.2	Vorhaltemengengrad - Horizontale Bauteile	463
16.2.4.3	Vorhaltemengengrad - Vertikale Bauteile	463
16.2.4.4	Vorhaltemengenverhältnisgrad	463
16.2.5	Ortbetongrad	463
16.3	Kennzahlen für die Logistik	464
16.3.1	Transporte für die Schalung	464
16.3.2	Transporte für die Stahlbetonarbeiten	465
II	Literaturverzeichnis	467
II.1	Bücher	467
II.2	Buchkapitel	468
II.3	Diplomarbeiten	469
II.4	Dissertationen	469

II.5	Fachbeiträge	469
II.6	Firmenunterlagen	470
II.7	Regelwerke	471
II.8	Skripten und Studienunterlagen	472
II.9	Sonstige	472
II.10	Vorträge	473
III	Begriffe	475
III.1	Abstützung	475
III.2	Arbeitsfuge	475
III.3	Bauablauf	475
III.4	Bauablaufplanung	476
III.5	Baubetrieb	476
III.6	Bauteil	477
III.7	Bauteilgruppe	477
III.8	Erstarrungszeit	477
III.9	Feinplanung	477
III.10	Fertigungsschwerpunkt	477
III.11	Frischbetondruck	477
III.12	Grat	478
III.13	Grenzschalfläche	478
III.14	Grobplanung	478
III.15	Hydrostatische Druckhöhe	478
III.16	Kritische Annäherung	478
III.17	Lagerungsschwerpunkt	478
III.18	Lehrgerüst	479
III.19	Lohnstunde	480
III.20	Negativabdruck	480
III.21	Passfläche	480
III.22	Positivabdruck	480
III.23	Prüflos	480
III.24	Regelfläche	480
III.25	Rüstung	481
III.26	Schalung	481
III.27	Schalungselemente	481
III.28	Schalungsgerüste	481

III.29	Steiggeschwindigkeit	482
III.30	Serienschalung	482
III.31	Stückliste	482
III.32	Sonderschalungen	482
III.33	Traggerüst	482
III.34	Vorhaltemenge	483
III.35	Zeitstunde	483
III.36	Zielgrößen	483
IV	Abkürzungsverzeichnis	485
V	Abbildungsverzeichnis	497
VI	Sachverzeichnis	513

2 Baubetriebliche und bauwirtschaftliche Bedeutung

Baubetrieblich und bauwirtschaftlich haben die Schalarbeiten in Abhängigkeit von der Bauweise, dem Ortbetongrad und dem Schalungsgrad eine - wie später dargestellt - beachtliche Bedeutung für das Bauwesen.

Schalarbeiten bei Bauwerken aus vorwiegend Stahlbeton (Ortbeton) mit höherem Gesamtschalungsgrad (z.B. 4 bis 6 m²/m³) liegen am kritischen Weg und bestimmen das Baugeschehen. Alle anderen Arbeiten werden an die Schalarbeiten angepasst und optimiert. Eine isolierte Betrachtung der Schalarbeiten ist auf jeden Fall nicht zielführend. Im Zuge von Leistungsabstimmungen und -optimierungen sind die Bewehrungs- und Betonierarbeiten in die Betrachtungen mit einzubeziehen. Für Verfahrensvergleiche sollte nicht alleine auf Miet- oder Investitionskosten abgezielt werden, sondern es sollten auch erzielbare Aufwands- und Leistungswerte berücksichtigt werden. Im Rahmen eines differenzierten Verfahrensvergleichs werden weitere Randbedingungen, wie z.B. baubetriebliche, technologische und sicherheitstechnische, untersucht.

Größtenteils werden die Schalarbeiten von den Baufirmen selbst ausgeführt. Sie können dadurch unmittelbar Rationalisierungsmaßnahmen ergreifen. Produktivitätssteigerungen sind durch Erhöhung der Arbeits-, Betriebsmittel- oder Materialproduktivität möglich. Die Rationalisierung gelingt in Kombination mit den dispositiven Produktionsfaktoren.

Diese Produktivitätssteigerungen können durch entsprechende Ausbildung von den in der Arbeitsvorbereitung beschäftigten Menschen und mit steigender Anzahl an untersuchten Ausführungsmöglichkeiten (Schalungssystem, Fertigungsablauf, Anzahl der Fertigungsabschnitte, Mannschaftsstärke, Anordnung der Arbeitsfugen etc.) erreicht werden. In den Untersuchungen sollten verschiedene Fertigungsabläufe (z.B. Fließfertigung, Taktfertigung, Parallelarbeit), unterschiedliche Schalsysteme (z.B. konventi-

onelle Trägerschalung, Deckentische, Fallkopfschalungen), variable Mannschaftsstärken, variierende Anzahl an Fertigungsabschnitten etc. berücksichtigt werden. Die geplanten Maßnahmen sind auf der Baustelle umzusetzen und zu kontrollieren. Bei Abweichungen ist den Störungen gegenzusteuern.

Eine Vielzahl solcher Berechnungen ist im Zuge der Arbeitsvorbereitung erforderlich, damit eine Baufirma ein Projekt optimal umsetzen kann. Erst mit diesen Untersuchungen wird in der Regel sichergestellt, dass eine wirtschaftlich optimale Lösung für die Ausführung gefunden wird. Anhand von Sensitivitätsanalysen kann bereits im Vorfeld der Einfluss möglicher Störungen untersucht werden (Variation maßgebender Größen wie z.B. Erhöhung von Aufwandswerten etc.). Man kennt damit schon vor der Ausführung der Arbeiten mögliche Auswirkungen von Störungen und es können bereits im Vorfeld entsprechende Gegensteuerungsmaßnahmen (z.B. zeitliche Anpassung, kapazitive Anpassung etc.) überlegt werden. In der Bauausführung kann dadurch auf Abweichungen zu den Sollwerten effizienter reagiert werden.

Während der Bauausführung bleibt für Rationalisierungsüberlegungen in der Regel wenig Zeit. Der Grundstein zur Erzielung von Einsparungen ist bereits in der Arbeitsvorbereitung zu legen.

Im Zusammenhang mit der Schalung sind unterschiedliche Sichtweisen bei der Planung, Betontechnologie und dem Baubetrieb zu berücksichtigen:

- Vom Tragwerksplaner werden die Bauteile konstruiert und bemessen. Meist wird dabei die Konstruktion nicht auf die Abmessungen der Serienschalungen abgestimmt. Eine fehlende Abstimmung erfordert in der Regel Sonderlösungen bei den Schalungssystemen. Die Schalungsplanung und Schalungsbemessung wird den Baufirmen überlassen, die diese Leistungen teilweise an Schalungshersteller vergeben.
- Der Betontechnologe zielt bei der Erstellung der Betonrezepturen hauptsächlich auf die Festigkeitseigenschaften und sonstige Anforderungen (z.B. Dichte, Sichtbeton) des Betons ab. Baubetriebliche Belange stehen dabei meist nicht im Vordergrund der Betrachtungen (z.B. Einflüsse des Betons auf die Schalungsauswahl, Auswirkungen auf den Frischbetondruck etc.).
- Der Bauleiter ist an einer geringen Vorhaltemenge und damit an kurzen Standzeiten der Schalungen interessiert. Er hat die Verantwortung für die Anordnungen bezüglich des Ausschaltzeitpunktes zu tragen, wenn vor Ablauf der normgemäßen Ausschulfristen mit dem Ausschalen begonnen wird. Weiters ist es für den Bauleiter wichtig, alle notwendigen Veranlassungen betreffend der Sicherheit auf der Baustelle vorzunehmen.

2.1 Bauweisen

Im Hochbau wird bei Bauwerken aus Stahlbeton - in Abhängigkeit der Ausgangsmaterialien - in Ortbeton-, Fertigteil- und Mischbauweise unterschieden, in Abb. 2-1 ist die Übersicht dazu dargestellt.

Welche Bauweise zur Anwendung kommt, hängt von der Funktion und Art des Bauwerks und den Präferenzen der Bauherren bzw. ihrer Planer ab. Im Industriebau wird eher die Fertigteilbauweise forciert. Bei wasserundurchlässigen Bauwerken wird sinnvollerweise Ortbeton eingesetzt. Der Einsatz von Fertigteilen würde einen sehr hohen Aufwand für die Abdichtung erfordern und das Risiko für die Gewährleistung einer dauerhaften Dichtheit scheint hier sehr groß.

Die Mischbauweise wird häufig bei der Herstellung von Kellern und im Einfamilienhausbau eingesetzt.

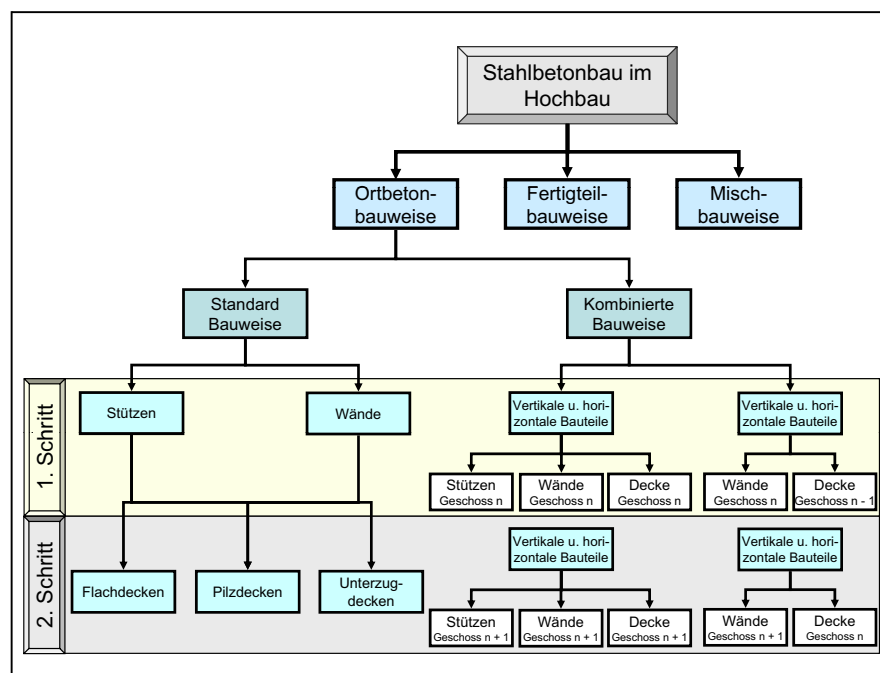


Abb. 2-1 Bauweisen im Stahlbetonhochbau [Hofstadler]

2.1.1 Ortbetonbauweise

Sobald der Frischbeton in seiner endgültigen Lage eingebaut ist und in der Schalung erhärtet, wird von Ortbeton gesprochen. Prinzipiell lässt sich jedes ausgeschriebene Bauwerk in Ortbeton ausführen. Statische, konstruktive und gestalterische Grenzen sind bei Ortbetonprojekten bekannt.

Folgende Randbedingungen sind in die Entscheidungsfindung, ob auch der Einsatz von Fertigteilen möglich ist, mit einzubeziehen:

- Arbeitsfugen
- Ausführung in WU-Beton
- Bauzeit
- Frischbetondruck
- geforderte Oberflächenqualität
- Kosten
- Krankapazität
- Personaleinsatz
- Schalungsaufwand
- Schalungsvorhaltemenge
- Wettereinflüsse
- Zugänglichkeit bei Ein- und Ausschalen etc.

Im Rahmen eines differenzierten Verfahrensvergleichs ist zu prüfen, mit welcher Bauweise die geforderten Aufgaben am wirtschaftlichsten erreicht werden können. Die Randbedingungen aus dem Bauvertrag müssen dabei auf jeden Fall erfüllt werden.

2.1.1.1 Standardbauweise

Bei der Standardbauweise werden im ersten Schritt die vertikalen Bauteile (Wände, Stützen) hergestellt und in einem zweiten Schritt werden die horizontalen Bauteile (z.B. Decken, Unterzüge) betoniert. Die vertikalen Tragglieder müssen ausgeschalt sein, damit mit den Schalarbeiten für die horizontalen Tragglieder begonnen werden kann. Die Herstellung der vertikalen und horizontalen Bauteile ist hier klar getrennt.

2.1.1.2 Kombinierte Bauweise

Bei der kombinierten Bauweise werden entweder die Stützen, Wände und die Decke eines Geschosses oder die Stützen und Wände eines Geschosses und die darunterliegende Decke in einem Betoniervorgang hergestellt (siehe Abb. 2-1).

2.1.2 Fertigteilbauweise

Besonders im Hallenbau werden industriell (im Fertigteilwerk) vorgefertigte Stützen (z.B. für zwei Geschosse) und vorgespannte Hallenbinder oder Deckenelemente eingesetzt. Diese vorgefertigten Bauteile werden dann auf den Baustellen zusammengesetzt. Fertigteile können auch vor Ort hergestellt werden, dort sind jedoch die Serien zumeist wesentlich kleiner und die Bedingungen nicht mit jenen im Fertigteilwerk vergleichbar.

Vom konstruktiven Prinzip her versucht der Fertigteilbau nicht mehr, den monolithischen Ortbetonbau nachzuahmen, sondern es werden statisch bestimmte Konstruktionen mit zahlreichen biegeweichen (gelenkigen) Knoten angewandt. So sind die Elementverbindungen leichter realisierbar. Sowohl hinsichtlich des Entwurfes und der Gestaltung, als auch der statischen Durchbildung von Gebäuden gelten andere Anforderungen als beim Ortbetonbau. Es sind eingehende Kenntnisse der produktionsbedingten Möglichkeiten bzw. der angebotenen Systeme und eine enge Zusammenarbeit zwischen Planern und Ingenieuren erforderlich.

Einsatzmöglichkeiten von Fertigteilen:

- Betonwaren (Rohre, Betonringe, Platten etc.)
- Fertigteildecken und -treppen im Hochbau
- Fassadenelemente, Rahmenkonstruktionen, Säulen
- Deckenplatten für Parkdecks
- industrialisiertes Bauen (Herstellung von Gesamtbauwerken)
- Randbalken im Brückenbau
- Schächte
- Tübbinge im Tunnelbau oder Kanalbau etc.

Vorteile der Vorfertigung:

- Bauzeitverkürzung durch Vorproduktion unabhängig vom Baufortschritt (Produktion am nicht kritischen Weg)
- höhere Einsatzzahlen der Schalung und Wegfall der Rüstung im Fertigteilwerk
- höherer Mechanisierungsgrad
- leichtere Demontierbarkeit der fertigen Bauten
- steuerbare Werkstattbedingungen und Lernprozesse der Schalungspartie bei sich stetig wiederholenden Arbeitsprozessen
- witterungsunabhängige Produktion etc.

Wenn beispielsweise Schalungssysteme für Bauteile speziell geplant und angefertigt werden müssten, kann die alternative Verwendung von Fertigteilen oder Halbfabrikaten (verlorene Schalung) von Vorteil sein.

Bei Hallenkonstruktionen sind vorgespannte Stahlbetonbinder äußerst wirtschaftlich einsetzbar. Sie erlauben kurze Bauzeiten bei gleichzeitig guter Oberflächenqualität und sind in der Produktion völlig und bei der Montage weitgehend witterungsunabhängig. Bei der Projektplanung sind das Gewicht, die Abmessungen und die Logistik zu berücksichtigen.

Der Vorteil der günstigeren Produktionskosten der Fertigteile wird in der Praxis durch einen erhöhten logistischen Aufwand reduziert. Weiters können Umlanungen nicht kurzfristig umgesetzt werden, sondern bedürfen einer längeren Vorlaufzeit (wegen der Produktionsplanung).

Eignet sich für bestimmte Bauaufgaben die Fertigteilweise sowie die Ortbetonbauweise, sind durch differenzierte Vergleiche die optimalen Bauweisen und Systeme für das Bauwerk bzw. seine Bauteile herauszufinden.

2.1.3 Mischbauweise

Dabei handelt es sich um eine Kombination aus Fertigteilen und Ortbeton. Vor allem im Deckenbereich kommen solche Systeme zum Einsatz. Fertigteilplatten (ca. 5 cm bewehrte Betonplatten mit Gitterträgern aus Bewehrungsseisen) fungieren hier als „verlorene Schalung“. Dieses System kommt vor allem dann zum Einsatz, wenn der zu schalende Bauteil für den Ein- und Ausschalvorgang schwer zugänglich ist, oder bei niedrigen Deckenhöhen (sogenannten „Kriechkellern“) sowie bei besonders großen Unterstellungshöhen.

Ebenso werden Mischlösungen bei den sogenannten Fertigteilkellern eingesetzt. Der Hohlraum zwischen zwei Fertigteilwandelementen wird mit Ortbeton ausgefüllt.

2.2 Baubetrieblicher Stellenwert

Die effiziente Kombination der Produktionsfaktoren (Systematik siehe Abb. 2-2) steht im Fokus der baubetrieblichen Betrachtung. Unter Beachtung der wirtschaftlichen Interessen beziehen sich die baubetrieblichen Untersuchungen vor allem auf die Baustelleneinrichtung, Bauablaufplanung, Verfahrenswahl und Logistik. Schalungen haben dabei allen technischen, ästhetischen und sicherheitstechnischen Vorschriften zu genügen.

Im Zuge der Arbeitsvorbereitung werden die optimalen Bauverfahren ausgewählt sowie die Baustelleneinrichtung, der Bauablauf und die Logistik geplant.

Die Anforderungen an die Arbeitsvorbereitung können anhand folgender Planungsmaßnahmen verwirklicht werden:

- Auswahl des wirtschaftlichsten Schalverfahrens (Verfahrensvergleich) unter Berücksichtigung der ästhetischen, technischen, sicherheitsrelevanten, umfeldspezifischen, umweltrelevanten und baubetrieblichen Randbedingungen
- Planung des Bauablaufs (Bauablaufplanung)
- Planung des Ressourceneinsatzes von Arbeitskräften, Maschinen und Baustoffen (Schalungslogistik)
- Planung der Baustelleneinrichtung für die Schalung

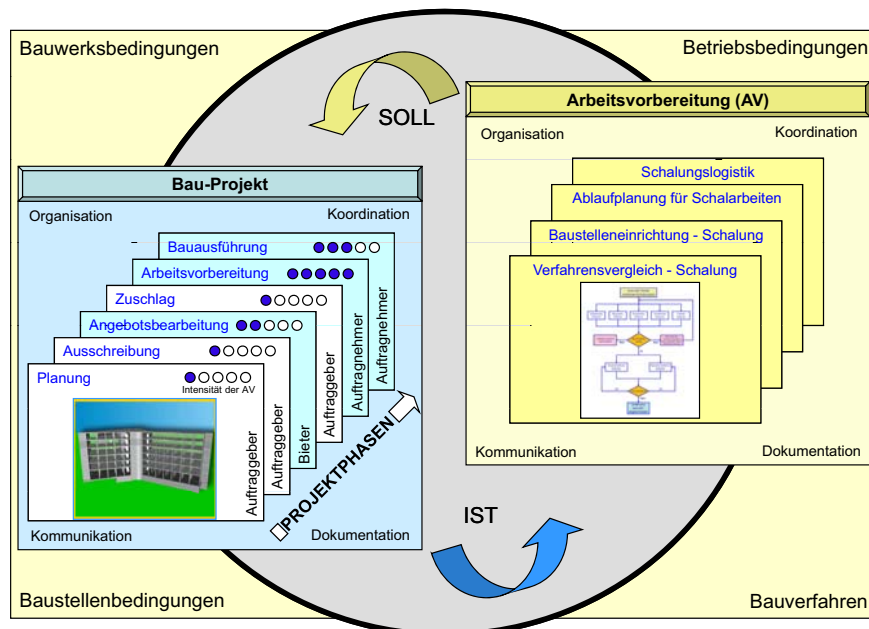


Abb. 2-2 Arbeitsvorbereitung für Scharbeiten im Regelkreis [Hofstadler]

Weiters ist in der Arbeitsvorbereitung der Soll/Ist-Vergleich zu planen. In der Arbeitskalkulation werden die Vorgaben für die Ausführung formuliert (Aufwandswerte, Leistungswerte, Geräte- und Materialkosten etc.). Alle Änderungen in der Bauabwicklung sind durch die Arbeitskalkulation zu erfassen.

Diese einzelnen Planungsmaßnahmen sind vernetzt zu betrachten. Wobei für diese Vernetzung funktionierende Organisations-, Koordinations-, Kommunikations- und Dokumentationsstrukturen erforderlich sind.

Für die Ablaufplanung der Schalarbeiten hat sich folgende Vorgangsweise bewährt:

- Analyse der Vertragsunterlagen hinsichtlich der Schalarbeiten, des Bauwerks und der Baustellenbedingungen und darauf aufbauend Durchführung der Grobplanung der wichtigsten Ablaufabschnitte
- basierend auf der Grobplanung: Durchführung der Feinplanung, in der die maßgebenden (hinsichtlich Kosten, Bauzeit, Qualität und Quantität) Vorgänge und Fertigungsabschnitte genau betrachtet werden.
- Kontrolle der Ergebnisse hinsichtlich der externen (Bauvertrag) und internen (Vorgaben aus der Angebots- bzw. Arbeitskalkulation) Zielerreichung und Durchführung von Anpassungen und Optimierungen.

Die elementaren Produktionsfaktoren (Arbeit, Betriebsmittel, Materialien) sollen durch die Planung des Bauablaufs und der Logistik derart miteinander kombiniert werden (Maßnahmen dazu zählen zu den dispositiven Produktionsfaktoren), dass damit das wirtschaftlich optimale Ergebnis erzielt wird (minimale Herstellkosten bei vorgegebenem Budget).

Die Bedeutung der Logistik nimmt in der heutigen Zeit mit dem immer größeren Verkehrsaufkommen mehr und mehr zu und hat, besonders im innerstädtischen Bereich und beim Bauen im Bestand, wesentlichen Einfluss auf den Bauablauf und damit auf die Bauzeit und Kosten. Bei manchen Bauaufgaben, wie z.B. Um- und Neubauten im Flughafenbereich, wird die Logistik zentral gesteuert. Die einzelnen Gewerke müssen ihre Transporte rechtzeitig anmelden und werden hinsichtlich Route und zeitlichem Korridor genau gesteuert und überwacht.

Für das Bauwesen wurde der Begriff Baugistik eingeführt und in die Bereiche

- Beschaffungslogistik,
- Produktionslogistik und
- Entsorgungslogistik

unterteilt.¹⁾

Die Beschaffungslogistik ist das Bindeglied zwischen Schalungshersteller bzw. -lieferant und der Baustelle (Produktionsstätte). Die Hauptaufgaben der Beschaffungslogistik am Bau sind die Ermittlung des Schalungsbedarfs 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

¹⁾ vgl. Blömeke (2001). Die Baustellenlogistik als neues Dienstleistungsfeld im Schlüssel-
ertigbau. 51

Bezugsquellen, die Beschaffung der Schalung und die zeitliche und räumliche Koordination des Baustoffflusses zur Baustelle.

Die Produktionslogistik am Bau wird auch als Baustellenlogistik bezeichnet und beschäftigt sich mit der Planung der Transporte 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. Der Schalungstransport auf der Baustelle erfolgt mittels Fördermittel. Für die rationelle Transportgestaltung ist die Transportkapazität richtig zu bestimmen und es sind die geeignetsten Fördermittel auszuwählen. Im Hochbau bilden die Krane die wesentliche „Drehscheibe“ für die vertikale und horizontale Verteilung der Schalung auf der Baustelle. Die erforderliche Anzahl der Krane ist im Wesentlichen abhängig von der Bauzeit, den eingesetzten Schalungsverfahren und vom Bauablauf. Begrenzt wird die Anzahl der einsetzbaren Krane beispielsweise von der zur Verfügung stehenden Fläche und den Bauwerks- und Baustellenbedingungen.

Die Aufgabe der Entsorgungslogistik ist die Planung und Steuerung des Abtransports der Schalung zum Vermieter, Bauhof oder zur nächsten Baustelle sowie der Schalungsreste, die zu entsorgen sind. Die systematische Trennung und Lagerung der Schalungsreste (z.B. Schalungshaut für Passflächen, Verschnitt etc.) ermöglicht eine entsprechende Trennung hinsichtlich Deponierung und Recycling (Entsorgungskosten beachten).

Grundvoraussetzung für die erfolgreiche Abwicklung der Schalarbeiten ist die effiziente Arbeitsvorbereitung vor Baubeginn, die in weiterer Folge dynamisch an den fortschreitenden Bauprozess angepasst wird. In zeitnahen Soll/Ist-Vergleichen (aktuelle Forschungsvorhaben laufen dazu am Institut für Baubetrieb der TU Darmstadt²⁾) ist die Umsetzung und Wirksamkeit der geplanten Maßnahmen zu überprüfen und bei Abweichungen den Störungen entgegenzusteuern (Regelkreis).

Störungen sind ständige Begleiter in der Ausführung der Schalarbeiten. Gestörte Bauabläufe resultieren oft aus einer unzureichenden Arbeitsvorbereitung (z.B. unzutreffende Schalungswahl, falsche Beziehungen zwischen den Vorgängen, unzureichende Kommunikation, unzureichendes Logistik-konzept etc.) zu Baubeginn.

Können solche Störungen nicht behoben werden, sind dadurch Defizite bei Kosten, Zeit, Qualität und in weiterer Folge bei der Zufriedenheit des Bauherrn zu erwarten. Die Auswirkungen der Verfehlungen hängen von den Dimensionen der Störungen ab. Störungen bei Baustellen mit guter Arbeits-

²⁾ TU Darmstadt, Institut für Baubetrieb

vorbereitung können in der Regel einfacher behoben werden als bei jenen mit unzureichender Arbeitsvorbereitung. Erst nach der Lokalisierung von Störungen können Abweichungsanalysen durchgeführt werden, mit dem Ziel, die Ursachen dafür zu ermitteln. Stehen die Gründe für die Störungen fest, sind die Möglichkeiten aufzuzeigen, wie diesen begegnet werden kann.

Auf den effizienten Einsatz der Produktionsfaktoren beim Beheben der Störungen ist zu achten. Je länger es dauert bis Fehler erkannt werden, desto größer sind die baubetrieblichen und bauwirtschaftlichen Folgen für die Baustelle. Zu bedenken ist, dass nach der erfolgreichen Fehleranalyse und dem Einsatz geeigneter Gegensteuerungsmaßnahmen, es noch Wochen oder Monate dauern kann (wenn die Behebung der Störungen bis zum Bauende überhaupt möglich ist), bis die Störungen behoben sind (hängt von der Größe des Bauvorhabens ab). Je rascher die Abweichungen erkannt werden, desto eher gelingt es, die Störungen noch während der Bauzeit zu beheben. Die Kosten der Remanenz der Wirkung der Gegensteuerungsmaßnahmen sind in der Kostenermittlung für die Bauablaufstörungen zu berücksichtigen.

2.2.1 Bauablauf

Die Abschnittsgröße wird einerseits von den statischen und konstruktiven Vorgaben und andererseits von baubetrieblichen und bauwirtschaftlichen Überlegungen und vom Schalverfahren/-system bestimmt. Fließfertigung und Taktfertigung sind zwei gängige Fertigungsablaufmodelle im Bauwesen. Arbeiten zwei oder mehrere Arbeitsgruppen parallel in einem Fertigungsabschnitt, spricht man von Parallelarbeit.

Bei feingliedrigen Bauwerken - mit Schalungsgraden zwischen 4 und $6 \text{ m}^2/\text{m}^3$ - liegen die Schalarbeiten meist am kritischen Weg und beeinflussen das Baugeschehen. Alle weiteren Tätigkeiten im Zusammenhang mit den Stahlbetonarbeiten sind darauf abzustimmen (siehe Kapitel 14).

2.2.2 Baustelleneinrichtung

In Abhängigkeit von der Art des Bauvorhabens und der Lage der Baustelle ergeben sich unterschiedliche Möglichkeiten für den An- und Abtransport der Schalung und die Lagerung bzw. Zwischenlagerung.

Entweder stehen innerhalb der Grundstücksgrenzen Flächen zur Verfügung oder es sind nach Möglichkeit angrenzende Flächen anzumieten. Über die Zufahrtswege und Lagerplätze außerhalb der Bauwerksgrenzen sind oft mühsame Verhandlungen mit den Grundstückseigentümern erforderlich.

Fehler in der Baustelleneinrichtung - z.B. falsche Standortwahl von stationären Geräten (z.B. Krane) - wirken sich negativ auf den Bauablauf und die Logistik und in weiterer Folge auf die Zielgrößen aus. Die nachträgliche Veränderung der Kranstandorte und das Aufstellen eines in der Arbeitsvorbereitung nicht geplanten Krans führen zu zusätzlichen Kosten und zu Störungen im Bauablauf (z.B. Produktivitätsverluste).

Wartezeiten im Zusammenhang mit Umsetzungsvorgängen bei Schalungen und Gerüsten - aufgrund einer zu geringen Krankapazität auf der Baustelle - führen zu höheren Aufwandswerten und damit auch zu höheren Kosten.

2.2.2.1 Lagerflächen

Für die Auswahl der Schalungssysteme hat auch die Verfügbarkeit von Lagerflächen außerhalb der Bauwerksgrenzen eine große Bedeutung. Stehen keine ausreichenden Lagerflächen außerhalb der Bauwerksgrenzen zur Verfügung, hat das wesentlichen Einfluss auf die Verfahrens- bzw. Systemwahl (Einteilung der Lagerung siehe Abb. 2-3).

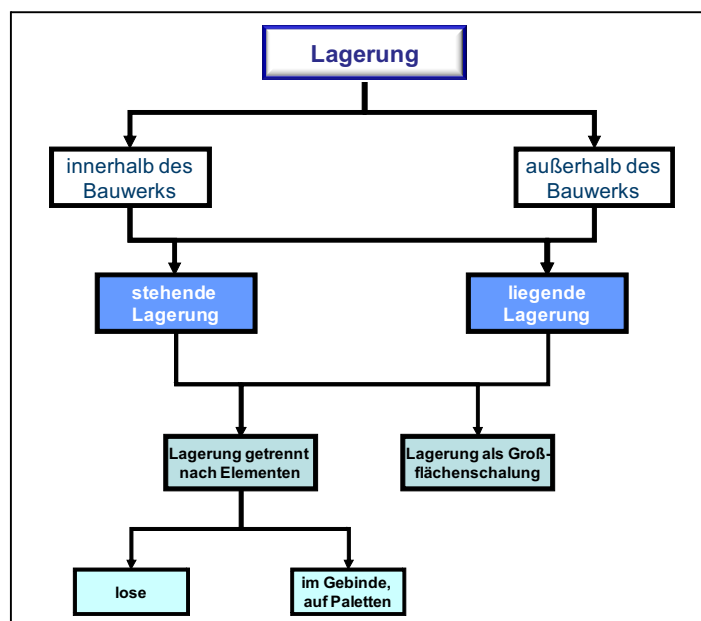


Abb. 2-3 Einteilung der Lagerung [Hofstadler]

Benötigen Subunternehmer Lagerflächen für ihre Schalungssysteme, sind Größe und Lage (z.B. Schwenkbereich des Kranes) vertraglich zu vereinbaren.

Stehen nur Lagerflächen innerhalb des Bauwerks zur Verfügung, bieten beispielsweise Selbstkletterplattformen oder auch Gleitschalungsplattformen die Möglichkeit Baumaterialien und Baugeräte auf einer Arbeitsebene - die auf einem Trägerrost eingerichtet wird - zu lagern. Bei der Dimensionierung dieser Plattformen sind besonders die Belastungszustände aus dem Baubetrieb zu berücksichtigen.

Beim Einsatz von Windschilden können diese für Lagerflächen genutzt werden. Beim Umsetzen der Schilde in das nächste Geschoss werden die darauf gelagerten Schalungen oder Schalungselemente in die nächste Ebene mit umgesetzt.

Je nach Baustellen- und Bauwerksverhältnisse ist die maximal verfügbare Lagerfläche vorgegeben oder aufgrund des notwendigen Schalungseinsatzes zu dimensionieren.

2.2.2.1.1 Lagerungsschwerpunkt

Bei Betrachtung der Stahlbetonarbeiten für die Grobplanung wird der Fertigungsschwerpunkt für das gesamte Bauwerk berechnet.

Die Lagerflächen und Transportmittel sollten so nahe als möglich am Fertigungsschwerpunkt angeordnet werden. Werden zwei oder mehrere Transportmittel eingesetzt, ergeben sich auch die jeweiligen Fertigungsschwerpunkte dazu.

Für detailliertere Betrachtungen wird in Schal-, Bewehrungs- und Betonarbeiten unterschieden und in Bauteile differenziert. Für die maßgebenden Bauteile, wie z.B. Wände und Decken, werden die Fertigungsabschnitte ermittelt und die Lagerungs- und Transportmittelschwerpunkte optimiert.

Die Lagerflächen werden für die einzelnen Geräte und Materialien eingeteilt. Die Abstände der einzelnen Lagerungsschwerpunkte sollte in Bezug auf die spezifischen Fertigungsschwerpunkte idealerweise so kurz als möglich geplant werden. Das Dreieck mit den Eckpunkten Fertigungsschwerpunkt (FS), Transportmittelschwerpunkt (TS) und Lagerungsschwerpunkt (LS) sollte die geringstmögliche Fläche ergeben. Vor allem bei transportintensiven Geräten (z.B. Großflächenschalungen) und Materialien sollte in der Arbeitsvorbereitung und später in der Bauausführung besonders darauf Rücksicht genommen werden.

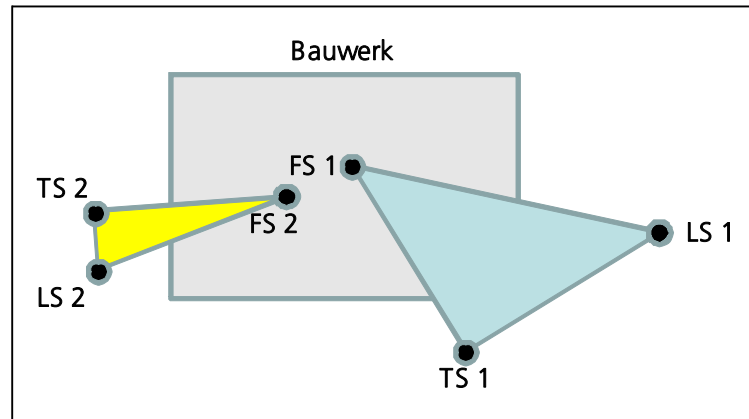


Abb. 2-4 Beziehung zwischen Fertigungsschwerpunkt, Transportmittelschwerpunkt und Lagerungsschwerpunkt (schematische Darstellung für den Grundriss) [Hofstadler]

In Abb. 2-4 ist eine Situation für die Baustelleneinrichtung mit zwei Kranen (TS 1 und TS 2) dargestellt. Für die Wandschalungen gibt es für jeden Kran jeweils eines Lagerungsschwerpunkt (LS 1 bzw. LS 2) und einen Fertigungsschwerpunkt (FS 1 und FS 2). Die Positionen wurden hier derart optimiert, dass unter den gegebenen Randbedingungen die Summe der Transportwege ein Minimum ergibt.

2.2.2.1.2 Lagerflächen sind vorgegeben

Wenn aufgrund von beengten Platzverhältnissen die maximale Lagerfläche vorgegeben ist, muss diese wesentliche Randbedingung für die Verfahrensauswahl/Systemauswahl entsprechend berücksichtigt werden. Für bestimmte Schalungssysteme (z.B. Deckentische, Großflächenschalungen für die Wände) können zu knappe Lagermöglichkeiten Ausscheidungsgründe sein.

2.2.2.1.3 Lagerflächen sind zu ermitteln

Für die Schalung ist die entsprechende Lagerfläche zu dimensionieren. Idealerweise wird dabei in folgende Flächen unterschieden:

- Anlieferungsflächen
- Flächen für die Grund- und Demontage
- Flächen für die Zwischenlagerung (zwischen zwei Einsätzen)
- Flächen für Umbau- und Reparaturarbeiten
- Flächen für den Abtransport

2.2.2.2 Kranbedarf

Für den vertikalen und auch horizontalen Umsetzvorgang wird in kranabhängige und kranunabhängige Schalungssysteme unterschieden. Krane können für den Umsetzvorgang und auch für eventuelle Grund- und Demontagen benötigt werden (siehe Abb. 2-5).

Auch für das Ab- und Aufladen der Schalung können stationäre Krane verwendet werden. Für Sonderaufgaben bzw. wenn kein stationärer Kran auf der Baustelle vorgehalten wird ist unter Umständen auch der Einsatz von Autokranen erforderlich.

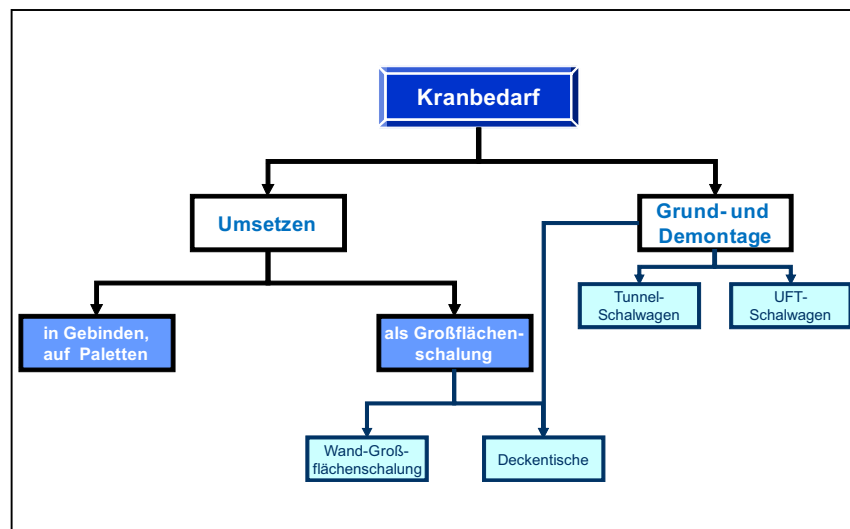


Abb. 2-5 Kranbedarf bei Schalarbeiten [Hofstadler]

Bei kleineren Baustellen und in Bereichen außerhalb der Reichweite von Kranen werden kranunabhängige Schalungen eingesetzt, die händisch transportiert werden. In Abhängigkeit von der Bauwerkshöhe, Bauwerksanforderungen und baubetrieblichen Randbedingungen werden schwere kranunabhängige Schalungssysteme, wie z.B. Selbstkletterschalung oder Gleitschalung, eingesetzt.

2.2.2.3 Verkehrsanbindung

Die Schalung wird hauptsächlich durch LKWs - mit und ohne Anhänger oder Sattelaufleger - auf die Baustelle geliefert. Aus der Verkehrsanbindung können sich beispielsweise Einschränkungen (z.B. aufgrund beschränkter

Durchfahrtshöhen) für außerhalb der Baustelle (z.B. beim Schalungshersteller) vormontierte Sonderschalungen ergeben.

2.2.3 Logistik

Hauptziel der Logistik ist es, die Summe der Transporte und der Transportwege zu minimieren. Durch logistische Maßnahmen (z.B. Planung, Steuerung, Kontrolle) werden Voraussetzungen geschaffen, damit die ausreichende und rechtzeitige Versorgung der Baustelle mit Geräten und Materialien gesichert ist.

Für die Schalungslogistik wird in Beschaffungs-, Produktions- und Entsorgungslogistik unterschieden. Die größte Bedeutung für die Schalarbeiten hat in der Regel die Produktionslogistik (siehe Kapitel 15).

2.2.4 Verfahrensvergleich

Im Zuge von Verfahrensvergleichen sollen die effizientesten Schalverfahren bzw. Schalsysteme ermittelt werden. Die Vergleiche werden für die verschiedenen Bauteile eines Bauwerks durchgeführt. In den Vergleichen ist auch das Zusammenwirken mit anderen Verfahren und Systemen zu berücksichtigen (Schnittstellenproblematik).

Die Wahl des Verfahrens bzw. Systems (siehe Kapitel 13) hat entscheidenden Einfluss auf die Zielerreichung (Kosten, Leistung, Qualität, Zeit etc.).

2.3 Bauwirtschaftlicher Stellenwert

In nahezu allen Projektphasen haben die Schalarbeiten einen bedeutenden bauwirtschaftlichen Einfluss:

- Bei der Planung des Bauwerks, wenn Bauteile in Sichtbeton ausgeführt werden sollen.
- Für die Leistungsbeschreibung, durch welche die Schalungsleistungen eindeutig, vollständig und neutral zu beschreiben sind.
- In der Kalkulation für die Angebotserstellung sollen in verhältnismäßig kurzer Zeit Einheitspreise für einen relativ großen Kostenanteil ermittelt werden.
- In den Aufklärungsgesprächen sollen Möglichkeiten und Unmöglichkeiten (z.B. bei Sichtbeton) im Zusammenhang mit den Schalarbeiten aufgezeigt werden.

- Im Zuge von Verfahrensvergleichen - unter Berücksichtigung der Randbedingungen aus Bauablauf, Logistik, Baustelleneinrichtung und den Bauwerks- und Baustellenbedingungen - werden für die verschiedenen Bauteile die optimalen Schalungssysteme ausgewählt. Auf die größtmögliche Anzahl der Einsätze der einzelnen Schalungssysteme auf der Baustelle ist dabei besonders abzielen.
- Im Zuge der Leistungsfeststellung sollen Abweichungen festgestellt und entsprechende Gegensteuerungsmaßnahmen entwickelt und umgesetzt werden.
- In der Phase der Abnahme/Übernahme der Bauleistungen, durch die vereinbarten Beurteilungskriterien.
- Für das Wissensmanagement sollen die Erkenntnisse systematisch dokumentiert werden.
- Prüf- und Warnpflicht etc.

Der Anteil der Stahlbetonarbeiten an den Rohbaukosten beträgt bei Bauwerken aus Stahlbeton in der Regel mehr als 50 %. In Abhängigkeit vom Schalungsgrad und dem Anteil des Stahlbetons am Bruttorauminhalt schwankt dieser Prozentsatz.

Im Rahmen von Markterkundungen sind die günstigsten Beschaffungsmöglichkeiten für Materialien und Geräte zu finden.

2.3.1 Scharbeiten als Eigenleistung

Werden die Scharbeiten durch eigene Arbeitskräfte ausgeführt, besteht einerseits die Chance Kostenvorteile zu erzielen und andererseits das Risiko die Kostenvorgaben nicht zu erreichen. Wie bei vielen baubetrieblichen und bauwirtschaftlichen Überlegungen ist das Potenzial der Chancen und Risiken abzuwägen und dann die entsprechende Entscheidung zu treffen.

Der Trend, auch kostenbestimmende Arbeiten an Nachunternehmer zu vergeben, hat in Deutschland u.a. dazu geführt (in Kombination mit anderen Ursachen), dass Firmen längerfristig das „Know-how“ verloren haben und letztendlich von der Bildfläche verschwunden sind.

2.3.2 Scharbeiten werden ausgelagert (Outsourcing)

Der Auftragnehmer vergibt Teile der Scharbeiten oder der Arbeitsvorbereitung an Nachunternehmer.

Hier wird in folgende Kombinationen unterschieden (siehe Abb. 2-6):

- Auslagerung der Arbeitsvorbereitung
- Auslagerung der Schalarbeiten
- Auslagerung der Arbeitsvorbereitung inkl. Schalarbeiten

Wird die Arbeitsvorbereitung an Schalungshersteller oder externe Arbeitsvorbereiter ausgelagert, gilt es, deren Lösungen baubetrieblich und bauwirtschaftlich zu hinterfragen. Wichtig dabei ist, dass die Vorhaltemenge optimal gewählt wird und nicht dem Maximierungsprinzip unterliegt. Besonders die Wahl der Abschnittsgröße, die Standzeit der Schalung und die tägliche Schalungsleistung haben dabei wesentlichen Einfluss auf die Vorhaltemenge. Anhand der Vorgaben der externen Arbeitsvorbereitung werden die Schalarbeiten mit eigenen Arbeitskräften ausgeführt.

Wenn die Arbeitsvorbereitung und die Schalarbeiten ausgelagert werden, wird das Ausführungsrisiko gänzlich an den Nachunternehmer übertragen. Der Hauptunternehmer trägt das Risiko, dass der Nachunternehmer zur richtigen Zeit auch die bedungene Qualität abliefert.

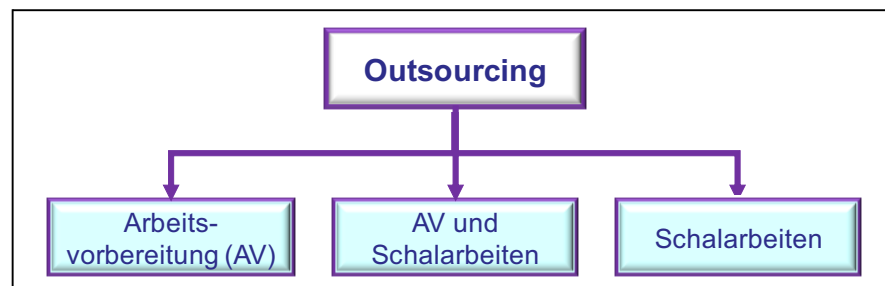


Abb. 2-6 Formen der Auslagerung [Hofstadler]

Nimmt der Hauptunternehmer die Arbeitsvorbereitung vor und vergibt er die Ausführung an den Nachunternehmer, gibt er das Ausführungsrisiko weiter. Der Vorteil gegenüber der Gesamtvergabe liegt darin, dass der Hauptunternehmer die Arbeitsvorbereitung selbst durchgeführt hat und damit das Risiko einer unzureichenden oder fehlerhaften Arbeitsvorbereitung weitgehend ausschaltet.

2.3.3 Kalkulation

Die Ermittlung der Kosten im Zuge der Kalkulation bildet die Grundlage für die Preisbildung, die letztendlich in Einheitspreise und insgesamt in den Angebotspreis münden.

Im Zuge der Kalkulation sind die zu erwartenden Kosten in Zusammenschau mit den Überlegungen zur Baustelleneinrichtung, Bauablaufplanung und Logistik zu ermitteln. Die Betrachtungen sind für Lohn und Sonstiges (Geräte- und Materialkosten) getrennt durchzuführen. Die Lohnkosten folgen aus dem Produkt der Aufwandswerte und den jeweiligen Mittellohncosten je Stunde. Aufwandswerte können jedenfalls nicht über ein realistisches Maß reduziert werden. Die Reduktionen sind nur über die Steigerung der Arbeitsmittel- und Betriebsmittelproduktivität möglich. Werden Aufwandswerte zu niedrig angesetzt, muss der AN dafür die daraus entstehenden höheren Kosten tragen.

Für die Ermittlung der Gerätekosten der Schalung spielen die Vorhaltemenge, die Anzahl der Einsätze und der mittlere Geräteneuwert sowie Miet- und Reparatursätze (bei gemieteter Schalung) der eingesetzten Schalverfahren/Schalssysteme eine bedeutende Rolle. Bereits im Zuge der Angebotskalkulation soll eine realistische Bandbreite für die Vorhaltemengen der Schalung für die einzelnen Bauteile ermittelt werden.

2.3.4 Soll/Ist-Vergleiche

Soll/Ist-Vergleiche sind möglichst zeitnah durchzuführen, um Abweichungen rasch zu erkennen.

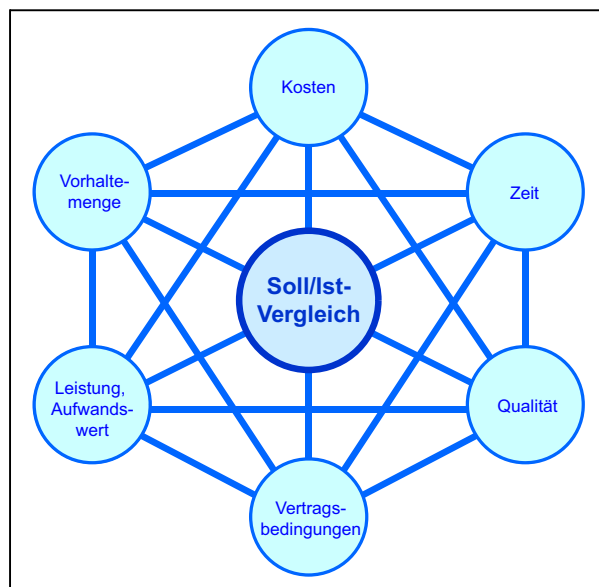


Abb. 2-7 Hauptbereiche für den zeitnahen Soll/Ist-Vergleich [Hofstadler]

In Abb. 2-7 sind die Hauptbereiche dargestellt, für die Erhebungen in der Bauausführung durchzuführen sind.

Wesentliche Voraussetzungen für effiziente Soll/Ist-Vergleiche sind klare Vorgaben hinsichtlich der Betrachtungsbreite und -tiefe und den Zeitintervallen. Um aussagekräftige Werte zu erzielen, sind die betrachteten Bereiche zeitlich und betrieblich klar abzugrenzen.

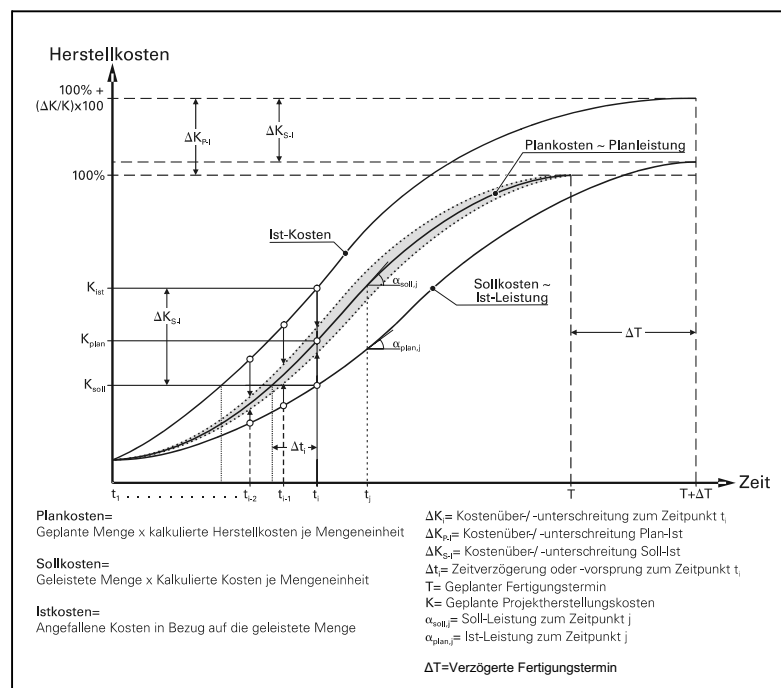


Abb. 2-8 Abweichungsanalyse beim Soll/Ist-Kostenvergleich [Girmscheid/Motzko³⁾]

Die Ermittlung der notwendigen Größen wird wie folgt vorgenommen:

- **Soll-Größen:** Die Planwerte (aus der Arbeitskalkulation) werden mit der tatsächlich erbrachten Leistung verknüpft. So bedeutet beispielsweise die Ermittlung der Soll-Stunden die Verknüpfung (Multiplikation) des Aufwandswertes aus der Arbeitskalkulation (Planwert) mit der tatsächlich auf der Baustelle erbrachten Menge (Aufmass).
- **Ist-Größen:** Entstammen im Wesentlichen der Buchhaltung respektive dem Berichtswesen der Baustelle. So werden die Soll-Stunden auf Basis von Stundenberichten der Baustelle ermittelt und in der Lohnbuchhaltung erfasst.

³⁾ Girmscheid/Motzko (2007). Kalkulation und Preisbildung in Bauunternehmen. 107

- *Prognose-Werte: Auswertung der Soll-Ist-Abweichungen und Projektion in die Zukunft (Anwendung von Prognoseverfahren wie zum Beispiel das Verfahren der exponentiellen Glättung).*

Ein Beispiel für die grafische Auswertung im Zuge eines Soll-Ist-Vergleiches ist in Abb. 2-8 dargestellt. Diese Summenkurven geben eine Gesamtübersicht über alle Leistungspositionen einer Baustelle.⁴⁾

2.3.4.1 Zeit

Die Zeiten, die für die Herstellung der einzelnen Fertigungsabschnitte zur Verfügung stehen, ergeben sich aus der vorgegebenen maximalen (realistischen) Gesamtbauzeit und aus verbindlichen Zwischenterminen.

Im Zuge der Feinplanung werden im Rahmen einer Leistungsabstimmung die Vorgänge Schalen, Bewehren und Betonieren aufeinander optimal abgestimmt, damit der erforderliche Fertigungsrhythmus erzielt werden kann.

Im Zuge der zeitnahen Leistungsfeststellung in der Bauausführung werden die Zeitvorgaben kontrolliert. Bei Abweichungen werden Gründe dafür gesucht und Gegensteuerungsmaßnahmen überlegt, angeordnet und wieder kontrolliert (Regelkreis).

2.3.4.2 Qualität

Die ausgeführte Qualität hat den Soll-Vorgaben, die sich aus den vertraglichen Vereinbarungen ableiten, zu entsprechen. Die Kriterien beziehen sich dabei auf die Ebenheit und auf die Anforderungen an die Betonoberflächenqualität (z.B. Normalbeton oder Sichtbeton). Die objektive Messbarkeit der Kriterien erleichtert den Vergleich und minimiert das Streitpotenzial. Bei Sichtbeton (siehe Kapitel 10 und 11) sind die objektiven Messkriterien nicht auf alle Anforderungen (z.B. Farbgleichheit) anwendbar.

2.3.4.3 Kosten

Für die Kosten werden Vergleiche für die Lohn-, Geräte- und Materialkosten durchgeführt.

In Abhängigkeit von der Betrachtungstiefe sind für Bauabschnitte, Fertigungsabschnitte oder Bauteile die Sollkosten mit den Istkosten zu vergleichen.

⁴⁾ Girmscheid/Motzko (2007). Kalkulation und Preisbildung in Bauunternehmen. 106f

Wenn z.B. mit einer Vorhaltemenge mit einem bestimmten Geräteneuwert geplant wurde und der Istwert darüber liegt, gibt es verschiedene Ursachen für diese Erhöhung. Die Hauptursache kann beispielsweise in einer unzutreffenden Ermittlung der Vorhaltemenge liegen, die im Zuge der Arbeitsvorbereitung zu niedrig berechnet wurde.

2.3.4.4 Aufwandswerte

Aufwandswerte aus der Bauablaufplanung bzw. Arbeitskalkulation bilden die Vorgabe für den Soll/Ist-Vergleich. Für den groben Soll/Ist-Vergleich wird z.B. der mittlere Aufwandswert für die Schalarbeiten mit den Vorgaben verglichen. Für die Detailbetrachtung werden die Aufwandswerte für die verschiedenen Bauteile (z.B. getrennt in Stützen, Wände, Decken etc.) und Fertigungsabschnitte betrachtet. Es kann dabei z.B. in Einschalen, Ausschalen und Umsetzen differenziert werden.

2.3.4.5 Leistung

Die Schalarbeiten von bestimmten Bauteilen eines Bauwerks liegen am kritischen Weg (z.B. entweder die vertikalen oder die horizontalen Tragglieder). Aus der vorgegebenen Maximaldauer folgt die dazu notwendige durchschnittliche tägliche Schalungsleistung.

Für Schalarbeiten jener Bauteile, die nicht am kritischen Weg liegen, wird die Schalungsleistung optimiert, damit die geringsten Herstellkosten erzielt werden können. Auf die Einhaltung der Projektziele (Zielgrößen) ist dabei zu achten.

Die erzielbare tägliche Schalungsleistung wird wesentlich von der Anzahl der einsetzbaren Arbeitskräfte, der Arbeitszeit und dem Aufwandswert beeinflusst.

2.3.4.6 Vorhaltemenge

Auf Baustellen gibt es oft unterschiedliche Auffassungen über die richtige Vorhaltemenge an Schalung. Der Bauleiter will aus Kostengründen die Vorhaltemenge so gering als nötig halten. Die Poliere wollen mehr als die ausreichende Schalungsmenge auf der Baustelle vorhalten. Diese Menge geht aber in der Regel über die notwendige Menge (inkl. entsprechender Sicherheitsmenge) - basierend auf dem gewählten Fertigungsablauf - hinaus.

Anhand von Baustellenbeobachtungen konnte festgestellt werden, dass auch häufig Schalung ungenutzt wieder von der Baustelle abtransportiert wird. Der Prozentsatz der ungenutzten Schalung wächst auch mit der Größe der Baustelle (Höhe der gesamten Schalfläche) und bewegt sich zwischen 5 und 20 %. Bei kleineren Baustellen (weniger als 2.500 m² Schalfläche) bleiben in der Regel nur wenige Prozent der Vorhaltemenge ungenutzt, bei größeren Baustellen kann dieser Wert jenseits der 20 % liegen.

2.3.5 Mehrkostenforderungen

Ergeben sich während der Bauausführung keine Leistungsänderungen (z.B. Planungsänderungen, Umstände der Leistungserbringung etc.), hat der Bauherr auch nicht mit berechtigten Nachträgen aus diesen Gründen zu rechnen. Ändert sich z.B. die Grundriss- oder Aufrissgestaltung des Bauwerks und damit der Schalungsgrad, kann das unter Umständen - Bandbreite des Vertrags wird überschritten - zu berechtigten Mehrkostenforderungen (Nachträgen) führen.

Wenn sich durch - nach Vertragsabschluss - erfolgte Planungsänderungen z.B. der Schalungsgrad erhöht, ist vor allem bei den Schalarbeiten mit höheren Aufwandswerten und damit auch höheren Schalungskosten zu rechnen.

Planungsänderungen können folgende Auswirkungen nach sich ziehen:

- anderes Schalungssystem bzw. -verfahren ist erforderlich
- geänderte Abschnittsgröße
- geänderte Anzahl an Fertigungsabschnitten
- geänderter Fertigungsablauf
- verringerte Einsatzzahl
- häufigere Umbauten
- geänderte Vorhaltemenge
- Wartezeiten aufgrund fehlender oder unvollständiger Arbeitsanweisungen etc.

Bauwerke werden hinsichtlich ihrer Betonstruktur von feingliedrig bis gedrungen geplant und ausgeführt. Die Feingliedrigkeit bzw. Gedrungenheit ergibt sich vor allem aus dem Verwendungszweck und der Bauwerksform (z.B. Flachbau oder Hochhaus). Bauwerke mit einer annähernd gleichen Betonmenge führen in der Regel nicht zu gleichen Kosten bei den Stahlbetonarbeiten. Der Unterschied folgt neben den spezifischen Bauwerks- und Baustellenbedingungen (daraus ergeben sich Auswirkungen auf den Aufwandswert) hauptsächlich aus der Differenz im Schalungsgrad. Mit der Feingliedrigkeit des Bauwerks steigt auch der Schalungsgrad und damit in der Regel auch der Aufwand für die Schalarbeiten.

Aus den Plänen, welche die Basis für die Angebotskalkulation bilden, lässt sich der Schalungsgrad (nicht exakt) für einzelne Bauteile und in weiterer Folge für das gesamte Bauwerk ermitteln. Ergeben sich Planungsänderungen, ist zu überprüfen, ob daraus Auswirkungen für den Schalungsgrad folgen. Damit lässt sich feststellen, ob das Bauwerk insgesamt feingliedriger wurde. Die Steigerung der Feingliedrigkeit zieht in der Regel eine Erhöhung des Gesamt-Aufwandswertes (in weiterer Folge steigt damit die Summe der Lohnstunden und der Ressourcenkosten) nach sich.

Bei gleichbleibender Betonmenge und steigendem Schalungsgrad steigt auch der Arbeitsaufwand (auch wenn die anderen Einflussgrößen wie Bewehrungsgrad, Aufwandswert für die Bewehrungsarbeiten und Aufwandswert für die Betonarbeiten dabei unverändert bleiben).

Im Detail ist zu überprüfen, wie sich die Steigerung im Schalungsgrad auf die Aufwandswerte und damit auf die Schalungskosten auswirkt. Es ist dabei zu verifizieren, ob sich Art, Umstände oder der Umfang der Leistungen geändert haben. In diese Überprüfung sind auch die Bewehrungs- und Betonarbeiten einzubeziehen. Durch die gestiegene Feingliedrigkeit können sich auch Mehrkosten bei den Bewehrungs- und Betonarbeiten ergeben.

Bei Unterschreitung der Mindestarbeitsfläche je Arbeitskraft, können Produktivitätsverluste auftreten. Die Höhe der Verluste hängt von der Größe der Überschreitung ab (siehe Kapitel 16, Abschnitt 16.1). Die Kosten der Produktivitätsverluste resultieren aus höheren Lohn- und Gerätekosten (z.B. Krankkosten).

2.3.6 Kostenanteil der Schalarbeiten an den Stahlbetonarbeiten

Für das Jahr 2006 wurden für die Einzelkosten der Stahlbetonarbeiten die Höhe der Anteile für Schalung, Bewehrung und Beton ermittelt. Als Grundlage für die Berechnungen dienen Angaben aus verarbeiteten Mengen (Zement), marktüblichen Ansätzen und eigenen Annahmen zu Aufwandswerten sowie Geräte- und Materialkosten.

Für die Stahlbetonarbeiten wurden die Einzelkosten für 2006 mit rund 3,6 Mrd. € ermittelt.

Die nachfolgenden Berechnungen (Durchschnittswerte) zeigen, dass die Schalarbeiten mit ca. 47 % den größten Anteil an den Kosten aufweisen. Die als Nebenprozess bezeichneten Schalarbeiten verursachen damit den Hauptanteil der Kosten.

2.3.6.1 Kostenanteil in Österreich

Angaben der Vereinigung der Österreichischen Zementindustrie⁵⁾ für das Jahr 2006 bilden die Grundlage zur Ermittlung der Ortbetonmenge. Demnach wurden 5,9 Mio. Tonnen Zement in Österreich verarbeitet.

Unter der Annahme, dass vom Gesamtzement ca. 60 % für Ortbeton (Transportbeton und Beton, der auf der Baustelle selbst hergestellt wurde) eingesetzt wurden, beträgt die Zementmenge dafür ca. 3,49 Mio. Tonnen.

2.3.6.1.1 Kosten für Schalarbeiten

Die durchschnittlichen Kosten für die Schalarbeiten hängen maßgeblich vom Aufwandswert, Mittellohn und vom Schalungsgrad ab. In Abhängigkeit vom zu schalenden Bauteil (z.B. Fundamentplatte, Stahlbetonstütze, Wand oder Decke) ist für die Herstellung eines m^3 Beton der Anteil der Schalung variabel.

Für eine quadratische Stahlbetonstütze mit einer Seitenlänge von 40 cm ergibt sich ein Schalungsgrad von $10 m^2/m^3$ (bezogen auf die Nettoschalfläche ohne schalungsbedingten Überstand). Für eine quadratische Stütze mit einer Seitenlänge von 20 cm ergibt sich ein Schalungsgrad von $20 m^2/m^3$.

Bei einer doppelhäufig (zwei Wandschalungen stehen sich gegenüber) geschalteten Wand mit einer Wandstärke von 30 cm ergibt sich für den Schalungsgrad $6,67 m^2/m^3$. Ein Schalungsgrad von $10 m^2/m^3$ wird bei einer Wandstärke von 20 cm erreicht.

Für eine 30 m lange, 20 m breite und 0,25 m dicke Flachdecke ergibt sich ein Schalungsgrad von ca. $4,2 m^2/m^3$. Der Schalungsgrad für eine Decke mit einer Stärke von 0,20 m beträgt $5,2 m^2/m^3$.

Für einen niedrigen Schalungsgrad kann als Beispiel eine Fundamentplatte herangezogen werden, die 30 m lang, 20 m breit und 0,80 m stark und nur im Umfang zu schalen ist. Der Schalungsgrad beläuft sich hier lediglich auf ca. $0,17 m^2/m^3$.

Die angeführten Beispiele zeigen, dass mit der Schlankheit der Bauteile der Anteil der Schalung zunimmt.

Der Gesamtschalungsgrad wird mit den Schalflächen und Betonmengen der einzelnen Bauteile eines Bauwerks ermittelt. Zum Beispiel weisen Brückenbauwerke aus Ortbeton in der Regel einen Gesamtschalungsgrad in der Größenordnung von 1 bis $3 m^2/m^3$ auf.

⁵⁾ Vereinigung der Österreichischen Zementindustrie (2007). Energiegespräche

Feingliedrige Hochbauten bewegen sich zwischen 5 und 7 m²/m³ und gedrungene Hochbauten zwischen 3 und 5 m²/m³. Für die weiteren Ausführungen wird ein mittlerer Gesamtschalungsgrad von 5 angesetzt (durchschnittlicher Schalungsgrad).

Zur Berechnung der Betonmenge wird für das Jahr 2006 ein durchschnittlicher Zementgehalt von 285 kg/m³ angenommen. Daraus lässt sich mit der Zementmenge von 3,49 Mio. to eine Ortbetonmenge von ca. 12,2 Mio. m³ errechnen. Unter der Annahme, dass ca. 5 % davon ungeschalt eingebaut wurden (genaue Angaben liegen dazu nicht vor), bleiben ca. 11,6 Mio. m³ Beton, die mit Schalung hergestellt wurden.

Beim Schalungsgrad von 5 ergibt sich eine geschalt hergestellte Betonfläche von insgesamt ca. 58,2 Mio. m².

Für die Schalarbeiten wird ein mittlerer Aufwandswert von 0,80 Std/m² eingesetzt. Mit einem Mittellohn von 30 €/Std ergeben sich Lohnkosten in der Höhe von 24 €/m². Die Material- und Gerätekosten werden mit 5,2 €/m² angesetzt. Auf die Einheit bezogen ergeben sich in Summe 29,2 €/m². Daraus lassen sich in Summe Einzelkosten bei den Schalarbeiten (Einzelkosten) von 1,7 Mrd. € für das Jahr 2006 ermitteln.

2.3.6.1.2 Kosten für Bewehrungsarbeiten

Zur Berechnung der Bewehrungsmenge für das Jahr 2006 wird hier ein mittlerer Bewehrungsgrad von 50 kg/m³ angesetzt. Dieser Ansatz führt mit der Stahlbetonmenge von ca. 11,6 Mio. m³ zu einer Bewehrungsmenge von ca. 582.000 to.

Multipliziert man diese Menge mit einem mittleren Aufwandswert von 15 Std/to und einem Mittellohn von 28 €/Std, ergeben sich Lohnkosten in der Höhe von ca. 0,24 Mrd. €. Für die Material- und Gerätekosten werden 800 €/to angesetzt. Auf die Gesamtmenge bezogen, ergibt sich ein Betrag von ca. 0,47 Mrd. €. Insgesamt ergeben sich für die Bewehrungsarbeiten Kosten in der Höhe von ca. 0,71 Mrd. €.

2.3.6.1.3 Kosten für Betonierarbeiten

Für die Betonierarbeiten wird ein mittlerer Betonpreis (inkl. Manipulation) von 85 €/m³ gewählt. Der Aufwand für den Betoneinbau (inkl. Abziehen und Nacharbeiten) wird im Mittel mit 0,65 Std/m³ und der Mittellohn wieder mit 30 €/Std angesetzt. Für die Lohnkosten führen diese Ansätze zu einer Summe von 0,23 Mrd. € und für die Material- und Gerätekosten zu einem Betrag von 0,99 Mrd. €. Insgesamt sind das ca. 1,2 Mrd. €.

2.3.6.1.4 Verteilung der Einzelkosten

Im Diagramm in Abb. 2-9 sind die Anteile der einzelnen Teilprozesse der jährlichen Einzelkosten für die Stahlbetonarbeiten von 3,6 Mrd. € dargestellt. Mit 47 % hat die Schalung den größten Anteil, gefolgt von den Betonarbeiten mit 33 % und den Bewehrungsarbeiten mit 20 %.

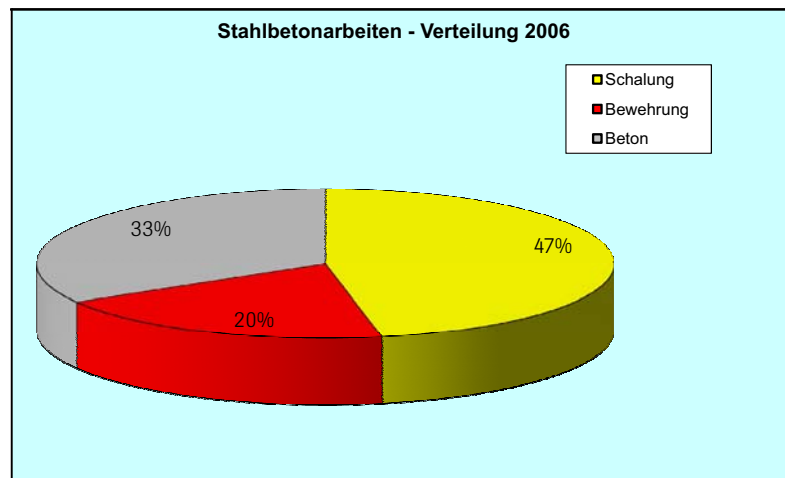


Abb. 2-9 Kostenanteile der Schal-, Bewehrungs- und Betonierarbeiten für 2006 [Hofstadler]

Die Berechnungen zeigen, dass die Schalarbeiten mit ca. 1,4 Mrd. € den größten Kostenanteil an den Stahlbetonarbeiten erreichen. Davon beträgt der Lohnanteil (nur Schalarbeiten betrachtet) ca. 82 % und bedeutet Jahresarbeitsplätze (Arbeitskräfte in den Baufirmen) für ca. 29.000 Arbeitnehmer. Der Anteil für Material und Gerät beläuft sich auf ca. 18 %.

Der Lohnanteil bei den Betonierarbeiten beträgt ca. 18 % und der Anteil für Material und Gerät ca. 82 %. Es herrschen damit, verglichen mit den Schalarbeiten, umgekehrte Verhältnisse.

Rund 66 % beträgt der Geräte- und Materialanteil bei den Bewehrungsarbeiten, auf den Lohnanteil entfallen dabei 34 %.

Vergleicht man die hier berechneten Anteile (in %) mit Werten von spezifischen Bauwerken, variieren diese in Abhängigkeit von der Feingliederigkeit (Änderung im Schalungsgrad) und Komplexität der Bauteile bzw. des Bauwerks (gekrümmte Flächen, geneigte Tragglieder, Sichtbeton).

In Abb. 2-10 sind die Kostenanteile für Schalen, Bewehren und Betonieren in die Bereiche Lohn und Gerät+Material aufgegliedert dargestellt. Die Lohnkosten überwiegen geringfügig mit insgesamt ca. 52 %. Den größten

Anteil an den Stahlbetonarbeiten haben die Lohnkosten für die Schalung mit ca. 39 %.

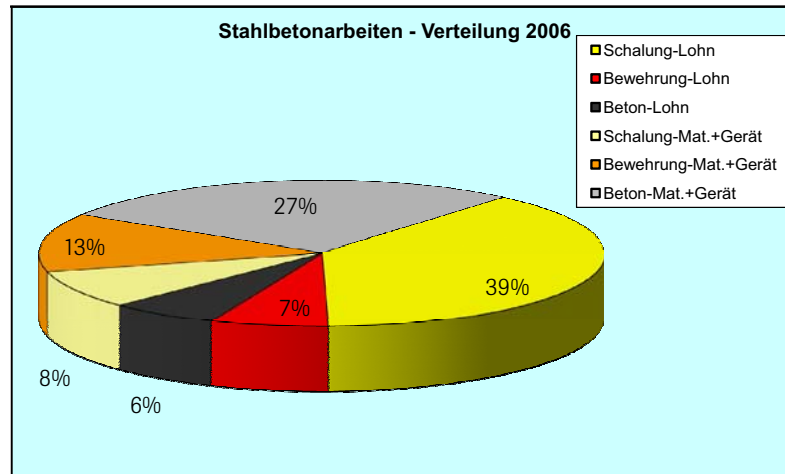


Abb. 2-10 Kostenanteile der Schal-, Bewehrungs- und Betonierarbeiten - Aufteilung in Lohn und Gerät+Material [Hofstadler]

Innerhalb des Geräte- und Materialanteils stellt der Beton mit 27 % den größten Anteil dar. Einsparungen in diesem Bereich hängen vor allem vom Verhandlungsgeschick ab und werden maßgeblich von der regionalen Dichte an Betonwerken und der Marktposition der Baufirmen bzw. Betonerzeuger beeinflusst. Weiters gibt es Bestrebungen, durch „neue“ Betone (wie z.B. Selbstverdichtender Beton, Faserbeton, UHPC etc.) neben technischen und baubetrieblichen auch wirtschaftliche Vorteile zu erzielen.

Die Pumpleistung der Betonpumpe begrenzt die Rationalisierungsbestrebungen bei Massenbeton auf dem Lohnsektor der Betonarbeiten (Anteil 6 %). Beim Betonieren mit Kran und Krankübel wird die Betoneinbauleistung durch Kranspielzeit und Kübelinhalt bestimmt. Bei vertikalen Bauteilen wie z.B. Wänden und Stützen wird die Einbauleistung durch die maximal zulässige Steiggeschwindigkeit des Frischbetons (wesentlicher Einfluss auf den Frischbetondruck) limitiert. Für eine Reduktion der Aufwandswerte bestehen damit nur begrenzte Möglichkeiten.

Bewehrungsarbeiten werden meist an Subunternehmer vergeben. Einsparungen sind hauptsächlich über Preisverhandlungen möglich. Werden die Bewehrungsarbeiten von den Baufirmen selbst durchgeführt, liegt das Einsparungspotenzial im Lohnanteil, z.B. in der Vorfertigung von Bewehrungskörpern (Serie gleicher Bewehrungskörper).

Bei der Konstruktion der Bauteile kann der Statiker durch Verwendung größerer sowie annähernd gleicher Stabdurchmesser zum Einsparungspotenzial in der Ausführung beitragen.

Das stärkste Potenzial für Einsparungen liegt bei den Arbeiten mit dem größten Lohnanteil, nämlich den Schalarbeiten (direkt von der Baufirma durch Verfahrensoptimierungen beeinflussbar).

Hier können bei Auswahl der optimalen Anzahl an Fertigungsabschnitten in Zusammenschau mit einem effizienten Schalungssystem beachtliche Kosteneinsparungen erzielt werden. Wie hoch das Potenzial ist (erfahrungsgemäß in der Größenordnung von 5 bis 30 %), hängt von der Qualität der Arbeitsvorbereitung und des begleitenden Controllings während des Bauablaufes ab. Das begleitende Messen und das folgende Korrigieren sind wichtig, um z.B. auf Abweichungen zu den Sollwerten, geänderte Bauabläufe und auftretende Störungen zu reagieren.

Um die mögliche Dimension einer Kosteneinsparung aufzuzeigen, wird der Ansatz von *Hoffmann*⁶⁾ gewählt. Er gibt für Schalarbeiten, bei „qualifizierter“ Arbeitsvorbereitung, ein Einsparungspotenzial von mindestens 0,1 Std/m² an. Auf die ermittelte Gesamtschalfläche übertragen, führt dies zu einer möglichen Reduktion der Kosten von ca. 174 Mio. € (0,1 Std/m² * 30 €/Std * 58 Mio. m²). Umgerechnet auf die Einheit bedeutet das für die Schalung ca. 3 € je m² oder ca. 10 % Einsparung. Diese Kostenreduktion stellt aber keineswegs eine obere Grenze in den Rationalisierungsbestrebungen dar.

Was die Schalarbeiten betrifft, liegt das Einsparungspotenzial bei den Gerätekosten vor allem in der Ermittlung der optimalen Vorhaltemenge, die wesentlich von der Schalungsleistung (z.B. m² geschalte Fläche je Arbeitstag) und der Standzeit (wird bestimmt durch z.B. Ausschallfrist, Fertigungsablauf, Schalungssystem) der Schalung beeinflusst wird.

Optimierungsüberlegungen im Zusammenhang mit Schalungen für Sichtbeton sollten vor allem auf die Betonflächenqualität abzielen.

2.3.6.1.5 Verhältniszahlen für die Stahlbetonarbeiten

Die folgenden Verhältniszahlen basieren auf den Ausführungen der vorangehenden Abschnitte. Für 11,6 Mio. m³ Beton waren ca. 62,9 Mio. Lohnstunden erforderlich, daraus folgen für den Gesamt-Aufwandswert für die Stahlbetonarbeiten ca. 5,4 Std/m³.

Werden die gesamten Lohnstunden auf die geschalte Fläche bezogen, folgen daraus 1,08 Std/m².

⁶⁾ Hoffmann, Friedrich H. (1985). Zeitgemäßer Schalungsbau. 657

Wird die Bewehrungsmenge herangezogen, ergeben sich 108 Std/to.

Für den Arbeitswert⁷⁾ bezogen auf die Einzelkosten folgen ca. 57 €/Std.

2.3.6.2 Kostenanteil in Deutschland

Für die Berechnung des Kostenanteils der Schalarbeiten in Deutschland wurde ebenfalls vom Zementverbrauch ausgegangen⁸⁾.

Die Berechnung für das Jahr 2001 ergab, dass die Einzelkosten für die Stahlbetonarbeiten ca. 17,2 Mrd. € betragen. Mit ca. 50 % hat die Schalung den größten Anteil, gefolgt von den Betonarbeiten mit 32 % und den Bewehrungsarbeiten mit 18 %. Der Unterschied zu den Schalungskosten in Österreich begründet sich hauptsächlich durch die etwas höheren Lohnkosten in Deutschland.

Die Schalarbeiten stellen mit ca. 8,72 Mrd. € den größten Kostenanteil an den Stahlbetonarbeiten dar. Davon beträgt der Lohnanteil (nur Schalarbeiten betrachtet) ca. 85 % und bedeutet Jahresarbeitsplätze (direkte) für ca. 133.000 Arbeitnehmer (Arbeitskräfte in der Ausführung). Der Anteil für Material und Gerät beläuft sich auf ca. 15 %.

Bei den Betonarbeiten beträgt der Lohnanteil ca. 22 % und auf den Anteil Material und Gerät entfallen ca. 78 %. Es herrschen damit, verglichen mit den Schalarbeiten, umgekehrte Verhältnisse.

⁷⁾ Fürst in Hofstadler/Lechner/Nöstlhaller (2004). Baubetrieb und Bauwirtschaft - Festschrift Prof. Gert Stadler. 56ff

⁸⁾ Hofstadler (2003). Einsparpotenzial bei Stahlbetonarbeiten. 52ff

