

Hoffmann • Motzko • Corsten

Aufwand und Kosten zeitgemäßer Schalverfahren

Kalkulation
Arbeitsvorbereitung
Ausführung
Nachkalkulation



Zeittechnik - Verlag GmbH

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.

Aufwand und Kosten zeitgemäßer Schalverfahren 3. vollkommen überarbeitete Auflage

Prof. Dr.-Ing. Friedrich Hoffmann
Prof. Dr.-Ing. Christoph Motzko
Dipl.-Ing. Bernhard Corsten

© Zeittechnik-Verlag GmbH, Neu-Isenburg, 2012
Alle Rechte vorbehalten

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdruckes, des Vortragens, der Entnahme von Abbildungen und Tabellen, der Funksendung, 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 ohne die Zustimmung des Verlages unzulässig und strafbar. Zuwiderhandlungen unterliegen den Straftatbestimmungen des Urheberrechtsgesetzes in der jeweils gültigen Fassung.

Das vorliegende Werk wurde mit größter Sorgfalt erstellt. Der Verlag und die Autoren können dennoch für die inhaltliche und technische Fehlerfreiheit, Aktualität und Vollständigkeit keine Haftung übernehmen. Sollte in diesem Werk direkt oder indirekt auf Gesetze, Vorschriften oder Richtlinien (DIN) Bezug genommen oder aus Ihnen zitiert worden sein, so kann der Herausgeber keine Gewähr für die Richtigkeit, Vollständigkeit oder Aktualität übernehmen.

Wir freuen uns, Ihre Meinung über dieses Fachbuch zu erfahren. Bitte teilen Sie uns Ihre Anregung, Hinweise oder Fragen per E-Mail unter: info@zeittechnik-verlag.de oder Telefax: 06102-31960 mit.

Verlag: Zeittechnik-Verlag GmbH, Friedhofstraße 13, 63263 Neu-Isenburg
Druck: Zeittechnik-Verlag GmbH, Friedhofstraße 13, 63263 Neu-Isenburg
www.zeittechnik-verlag.de info@zeittechnik-verlag.de

ISBN 978 3- 939216-11-7

Geleitwort

In den Nachkriegsjahren bis Ende der 1960er Jahre erlebte die Bauwirtschaft einen ungebremsen Aufschwung, weil umfangreiche Investitionen für den Wiederaufbau des Landes notwendig waren. Die Dringlichkeit der Beseitigung von Kriegsschäden wie auch des Neubaus, insbesondere von Wohnungen, erzeugte ein hohes Maß an Rationalisierung. Nur so konnte die große Nachfrage im Wohnungsbau, Wirtschaftsbau und im öffentlichem Bau in kurzer Zeit befriedigt werden. Dabei konnte der vom Schalungsbau geprägte Betonbau sein Potential voll zur Geltung bringen.

Nach dem Boom der 60er Jahre hat sich die Bauwirtschaft in den 70er und 80er Jahren stabilisiert. Die Entwicklung von Großflächen- und Systemschalungen fällt in diese Zeit.

Mit der Wiedervereinigung wurde ein neuer Bauboom ausgelöst, der allerdings nur fünf Jahre währte. An diesen schloss sich eine zehn Jahre dauernde Talfahrt der Branche an, in der die Bauinvestitionen um rund ein Drittel und die Arbeitsplätze um die Hälfte zurückgingen. Dieser Anpassungsprozess blieb nicht ohne Folgen für die Schalungsarbeiten. Im Zuge der Spezialisierung und Arbeitsteiligkeit wird heute auch die Vorbereitung von Schalungsarbeiten von Schalungsherstellern und Schalungsvermietern angeboten.

So entwickeln sich in jeder Phase der Bauwirtschaft auch die Schalungstechnik und ihre Anbieter weiter. Seit 2006 wächst der Umsatz in der Bauwirtschaft wieder, die Beschäftigung hat ein stabiles Niveau erreicht. Dennoch bleibt der Wettbewerb am Baupreis hart, moderate Baupreisanhebungen werden durch steigende Kosten aufgezehrt. Eine kosten- und marktgerechte Schalungstechnik und ihre Baupreiskalkulation ist so dringend wie eh und je.

Die Entwicklung der Schalverfahren in den letzten Jahrzehnten weg von der konventionellen Schalung mit Schalbrettern und -tafeln hin zur Systemschalung aus vorgefertigten Schalungssegmenten hat den Arbeitsaufwand und die Kosten erheblich redu-

ziert. Diese Entwicklung trägt zu kostengünstigem Bauen bei und schont zugleich die natürlichen Ressourcen, da der Holzverbrauch erheblich reduziert ist.

Für die Optimierung der Systemschalung tut sich nun ein neuer Fokus auf. Zunehmende Bauaufgaben im Bestand stellen neue Anforderungen an Schalsysteme. Im Bestandsbau müssen die Systemelemente von Hand transportierbar und daher leichter und flexibler als für den Neubau sein. Die Anbieter tragen dem Wunsch Rechnung und bieten kleinteilige Schalungssysteme mit Rahmen aus Aluminium an.

Der Arbeitsvorbereitung und speziell der Kalkulation widmen die Autoren im vorliegenden Werk ihr Hauptaugenmerk. Sie sind profunde Kenner der Materie, in das Kompendium sind eigene praktische Erfahrungen und aktuelle Forschungsergebnisse eingeflossen.

Der Kalkulator muss die spezifischen Anforderungen an Betonschalung durch Auswahl geeigneter Schalungssysteme bereits in der Angebotsphase berücksichtigen. Eine sorgfältige Auftragskalkulation hilft allen Beteiligten bei der erfolgreichen Abwicklung eines Bauprojektes.

Für den Kalkulator, den Arbeitsvorbereiter, den Bauleiter und auch den Architekten bietet das vorliegende Buch eine hervorragende Grundlage für eine nachvollziehbare und kostensichere Kalkulation der Schalarbeiten. Die Mitwirkung unseres Verbandes bei der Erstellung der in diesem Werk enthaltenen ARH-Tabellen stellt sicher, dass die Kalkulationsansätze den Zeitaufwandswerten der Praxis entsprechen. Das Buch ist damit in besonderem Maße für mittelständische Unternehmen verfasst, die die Schalungsarbeiten mit eigenen Fachkräften ausführen.

Ich wünsche dem Werk einen breiten Leser- und Anwenderkreis.

Dr. Hans-Hartwig Loewenstein,
Präsident Zentralverband Deutsches Baugewerbe

Vorwort der Verfasser

Die deutsche Bauwirtschaft braucht mehr Profitabilität, damit die Bauunternehmen ihre Existenz sichern, die Ziele gegenüber ihren Kunden, Anteilseignern, Mitarbeitern, Lieferanten und anderen Austauschgruppen erfüllen sowie ausreichend Potenzial für Innovationen erarbeiten. Bauen bleibt ein wichtiger Bereich der Volkswirtschaft, denn ohne die Errichtung und den Erhalt gebauter Umwelt wird es keinen zivilisatorischen Fortschritt geben. Innerhalb des breiten Spektrums der Arbeitsfelder eines Bauunternehmens, spielen die Gewerke des Rohbaus eine wichtige Rolle. Vom Fortschritt und der Qualität dieser Aufgaben hängt maßgeblich das Ergebnis eines Bauprojektes ab. Eine exponierte Rolle in Bezug auf Kosten, Qualität und Bauzeit spielt hierbei die Schalungstechnik.

Mit dem in **3. Auflage** vorliegenden Fachbuchs folgt der Ursprungsautor dem vielseitigen Wunsch aus Praxis und Lehre, die in diesem Werk behandelten Themen auf den aktuellen Stand zu bringen und neue Entwicklungen aufzunehmen. Das Gremium dieses Werkes wurde deshalb auf nunmehr drei Autoren erweitert. Dieses Fachbuch, bereits 1980 erstmals erschienen, bleibt jedoch in seiner Grundkonzeption erhalten und behält deshalb auch seinen Ursprungstitel in vollem Umfang. Die inhaltlichen Anpassungen sind in manchen Bereichen signifikant. Diese betreffen sowohl das Normenwerk als auch den Bereich der kalkulatorischen Bewertung von Bauleistungen mit dem Schwerpunkt in den Schalungsarbeiten und in der Schalungstechnik. Als Beispiele können die Einführung der Eurocodes und die zunehmende Errichtung von Bauwerken und Bauwerksteilen mit komplexen Geometrien (Freiformen) sowie mit Sichtbetonanforderungen angeführt werden.

Nicht nur die sehr anspruchsvollen Bauwerke verlangen nach sorgfältiger Kalkulation der Kosten und entsprechender Arbeitsvorbereitung; auch ist grundsätzlich zu fordern, dass Produktionsprozesse auf Baustellen sorgfältig bewertet und vorbereitet werden. Kreativität und Rationalisierung als Ziel wirtschaftlichen Handelns haben Vorrang. Triebfeder aller Neuerungen und Verbesserungen sind

aber nur selten gute Ideen allein; sie müssen in die Realität umgesetzt werden. Kreative und analytisch denkende Baubetriebe müssen sich in zunehmend spezialisierten Bauprojektorganisationen bezüglich Ressourcenauswahl und Ressourceneinsatz zum Erreichen vertragskonformer Qualität durchsetzen können. Voraussetzung für wirtschaftliche und rationelle Lösungen im von der Schalungstechnik dominierten Betonbau sind **Kostendenken, Kalkulationskenntnisse und Technikverbundenheit**, die in wesentlich größerem Umfang als bisher schon an den Hochschulen und Universitäten den Studierenden und angehenden IngenieurInnen vermittelt werden sollten. Damit wird der Nachwuchs in die Lage versetzt, bei Eintritt in das Berufsleben entsprechend zu handeln.

Das vorliegende Buch soll mit dazu beitragen, Spezial- und Kalkulationskenntnisse auf dem Gebiet der Schalung verständlich zu machen. Die Autoren haben hierbei ihre eigenen praktischen Erfahrungen sowie Ergebnisse unter ihrer Leitung und Mitwirkung durchgeführter Forschungsvorhaben über viele Jahre hin dokumentiert. Darüber hinaus wurden Ausarbeitungen (Nachkalkulationen) Dritter zusammengetragen, ausgewertet und in eine übersichtlich, leicht lesbare Form gebracht. Insgesamt sind dabei weit über 100 komplette Bauvorhaben aller vorkommenden Bauarten untersucht worden.

Mit diesem Querschnitt an zeitüberspannenden Ansätzen sollen dem Kalkulator „**Kalkulationsrichtwerte**“ und den Arbeitsvorbereitern, Bauleitern und Polieren „**Ausführungsrichtwerte**“ vermittelt werden. Nicht zuletzt aber sollen diese deutlich voneinander getrennt dargestellten Werte Auftraggebern und Planern (Architekten und Ingenieuren) Hinweise liefern, welche Kosten durch bestimmte Qualitäts- und Konstruktionsentscheidungen verursacht werden. Auch kann dieses Buch dazu beitragen, Streitfälle in der Beurteilung von Aufwandswerten für die Schalung zu verhindern und die oft unterschiedlichen Meinungen zwischen Auftraggeber einerseits und Auftragnehmer andererseits anzugleichen. Keinesfalls ist es Absicht der Verfasser, am Beispiel der in diesem Buch dargestellten Ausführungs- und

Kalkulationswerte einen Schritt in Richtung Einheitskalkulation zu tun. So etwas wäre schon deshalb nicht möglich, da die Vielfalt und die Individualität der Bauobjekte, die unterschiedlichen Anforderungen an die Ausführung, die jeweils geltenden Normen und vieles andere, dem Anwender genügend Spielraum für eigene Lösungen lässt.

Sicher aber ist es das Anliegen der Verfasser, durch die vorliegende Form der Veröffentlichung über den Bereich Schalungstechnik, diesen komplexen und größten Bereich aller Gewerke im Betonbau, die in diesem Metier Tätigen immer wieder auf die Notwendigkeit zur präzisen Auseinandersetzung mit der jeweiligen Bauaufgabe hinzuweisen.

Die Autoren danken dem Zeittechnik-Verlag, hier insbesondere Herrn Dipl.-Ing. Manfred Scholtyssek, für die gute Zusammenarbeit bei der Erstellung des Buches. Ferner gilt der Dank der Autoren Frau Lucia Flasswinkel für die grafische Bearbeitung sowie Frau Valerie Gnielka und Frau Vera Spengler für die Unterstützung bei der Textbearbeitung des Buches.

Bonn, Langen, Königswinter
Juni 2012

Prof. Dr.-Ing. Friedrich H. Hoffmann
Prof. Dr.-Ing. Christoph Motzko
Dipl.-Ing. Bernhard Corsten

Prof. Dr.-Ing. Friedrich H. Hoffmann, Jahrgang 1932, Bauingenieur und Architekt

20 Jahre tätig in der Bauindustrie und 25 Jahre Ingenieurbüro für Baubetrieb; dabei Aufgaben in allen baubetrieblichen Bereichen, insbesondere Kalkulation, Arbeitsvorbereitung, Terminmanagement, Schalungstechnik, Nachkalkulation. Bauleitende und -begleitende Tätigkeiten: Erstellung öffentlicher und privater Gutachten; Mitwirkung an nationalen und internationalen Normen; Autor und Co-Autor zahlreicher Fachbücher und Veröffentlichungen; Lehrtätigkeit an der Universität Kassel über 25 Jahre; Fachvorträge im In- und Ausland; Gründungsmitglied des GSV und des Kassel-Darmstädter Baubetriebsseminars.

Prof. Dr.-Ing. Christoph Motzko, Jahrgang 1957, Bauingenieur.

Tätigkeit in der Schalungsindustrie und in der Bauwirtschaft. Bauleitung und leitende Funktionen im internationalen Rahmen. Seit 1996 Professor an der Technischen Universität Darmstadt; Geschäftsführender Direktor des Instituts für Baubetrieb. Advisory Professor an der Tongji University Shanghai, China. Spezialisiert auf den Gebieten Schalungstechnik, Sichtbeton, Bauplanungsrecht, Bauprozessmanagement sowie in Immobilienfragen der Öffentlichen Hand. Autor und Co-Autor von Fachbüchern und Fachpublikationen im In- und Ausland.

Dipl.-Ing. Bernhard Corsten, Jahrgang 1960, gelernter Zimmerer im Betonschalungsbau und Bauingenieur

Baubetriebliches Studium mit Vertiefung Arbeitsstudien; bislang 22-jährige Tätigkeit in der Schalungs- und Bauindustrie; Schwerpunkte dabei Schalungsplanung, Bauleitung, Arbeitsvorbereitung, Terminplanung und -steuerung, u. a. bei Großprojekten im Hoch- und Ingenieurbau; Kalkulation in der Bauindustrie; 8 Jahre Projekt- und Bereichsleiter von Rohbauprojekten bundesweit; dabei öffentlich bestellter Sachverständiger für Betonschalungen; Lehrtätigkeit an der Fachhochschule Koblenz und Vortragstätigkeit bei Fachveranstaltungen; Veröffentlichungen in Fachzeitschriften und -büchern.

Kapitel	Seite
1. Einleitung	9
2. Begriffe und Normen	16
2.0 Einführung	16
2.1 Begriffsdefinitionen Schalung, Traggerüst, Arbeits- und Schutzgerüst	16
2.2 Ausgewählte Normen	18
2.3 Kosten und Aufwand	23
2.4 Sichtbeton	23
2.5 Mietschalung	24
3. Randbedingungen für Aufwand und Kosten von Schalverfahren	26
3.0 Einführung	26
3.1 Einflüsse aus der Sphäre der Bauherrenseite	26
3.1.1 Bauwerkstyp und Tragwerk	26
3.1.2 Bauvorbereitung	26
3.1.3 Vergabeunterlagen	28
3.1.4 Platzverhältnisse auf der Baustelle	28
3.1.5 Normative Kriterien	28
3.1.6 Bauzeit	29
3.2 Einflüsse aus der Sphäre der Auftragnehmerseite	29
3.2.1 Ausstattung mit Schalungsgeräten	29
3.2.2 Ausstattung mit Hebegeräten auf der Baustelle und im Betrieb	29
3.2.3 Ablaufstruktur	29
3.2.4 Arbeitsvorbereitung und Baustelleneinrichtung	30
3.2.5 Personal	30
4. Kategorisierung von Bauwerken und Klassifizierung von Schalungen nach Anwendungsbereichen	31
4.1 Kategorisierung von Bauwerken nach Schalungsaufwand	31
4.2 Klassifizierung von Schalungen nach Anwendungsbereichen (Bauteile)	32
5. Schalungssysteme, Schalungsarten und Schalungsmethoden	35
5.0 Einführung	35
5.1 Universal-Schalungen	39
5.1.1 Lose-Kantholz-Schalungen	39
5.1.2 Lose-Träger-Schalungen	40
5.2 Standard-Schalungen	40
5.2.1 Leichte Rahmenschalungen für vertikale Bauteile	40
5.2.2 Leichte Rahmenschalungen für horizontale Bauteile	41
5.2.3 Mittelschwere Rahmenschalung für vertikale Bauteile	41
5.2.4 Schwere Rahmenschalungen für vertikale Bauteile	42
5.2.5 Schwere Rahmenschalungen für horizontale Bauteile	42
5.2.6 Vorgefertigte Trägerschalungen für vertikale Bauteile	42
5.2.7 Vorgefertigte Trägerschalungen für horizontale Bauteile	43
5.3 Spezial-Schalungen	43
5.3.0 Objektgefertigte Großflächen-Umsetz-Schalungen (kranabhängige Versetzart)	43
5.3.1 Vertikale Großflächen-Umsetz-Schalungen	44
5.3.2 Horizontale Großflächen-Umsetz-Schalungen	44
5.3.3 Kombinierte Großflächen-Umsetz-Schalungen	45
5.3.4 Großflächen-Fahrschalungen und selbsttätig arbeitende Schalungen	45
5.4 Versetzarten	45

Kapitel	Seite
5.4.1 Kranunabhängige Schalungen (manuelle Schalungen)	46
5.4.2 Kranabhängige Schalungen	46
5.5 Einarbeitungszuschläge	48
5.6 Wirtschaftliche Einsatzzahlen der verschiedenen Verwendungsarten	48
6. Haupt- und Nebenleistungen, Besondere Leistungen sowie anteilige Baustellengemeinkosten	50
6.0 Einführung	50
6.1 Hauptleistungen	52
6.1.1 Vorbereitungsarbeiten zur Schalung, (d. s. Rüstzeiten, keine Montage und Demontage)	52
6.1.2 Anlegen und Einmessen der Schalung von vorgegebenen Messpunkten	52
6.1.3 Anbringen und Entfernen von Drängleisten, Zwangsbrettern, Schalkränzen etc.	52
6.1.4 Einschalen, Ausrichten, Aufbringen von Trennmittel, Abstützen u. Abbinden	52
6.1.5 Ausschalen und für den nächsten Einsatz herrichten	53
6.1.6 Auf-, Ab- und Umbau von Arbeits- und Schutzgerüsten	53
6.1.7 Zwischentransporte, einschließlich Zwischenlagerungen	53
6.1.8 Grobreinigen des Arbeitsplatzes	53
6.2 Nebenleistungen	53
6.2.1 Einrichtung und Vorhalten einer Schalungsvorfertigungsstätte auf der Baustelle	53
6.2.2 Montage und Demontage von Großflächen-Schalelementen	53
6.2.3 Auf- und Abladen von Schalungsmaterialien	53
6.2.4 An- und Abtransport von Schalungsmaterialien	53
6.2.5 Schlussreinigung der Schalung	53
6.2.6 Auf-, Um- und Abbauen sowie Vorhalten der Arbeits- und Schutzgerüste	53
6.2.7 Anfertigen und Liefern von statischen Verformungsberechnungen	53
6.2.8 Vorhalten der Kleingeräte und Werkzeuge	53
6.2.9 Entsorgen von Abfall sowie Beseitigen der Verunreinigungen	53
6.2.10 Schutz- und Sicherheitsmaßnahmen nach den Unfallverhütungsvorschriften	53
6.3 Besondere Leistungen	55
6.3.1 Arbeits- und Schutzgerüsten gemäß DIN EN 18211:2004-08 sowie DIN 4420:2004-03	55
6.3.2 Winterbaumaßnahmen	55
6.3.3 Vouten, Konsolen, Profilierungen und Fugen jeglicher Art	55
6.3.4 Traggerüsten der Bemessungsklasse B gemäß DIN EN 12812:2008-12	55
6.3.5 Betonnacharbeiten	55
6.3.6 Einbau und Montage von Einbauteilen	55
6.3.7 Aussparungen für Durchbrüche, Nischen, Schlitze, Kanäle gemäß DIN 18331:2010-04	55
6.3.8 Zusätzliche Maßnahmen zum Erzielen einer bestimmten Betonoberfläche	55
6.4 Leistungen im Rahmen der Arbeitsvorbereitung	57
7. Ermittlung der Stundenanteile nach Kalkulations- und Ausführungsrichtwerten	59
7.0 Einführung	59
7.1 Kalkulations- und Ausführungsrichtwerte der Seitenschalungen für niedrige Fundamente, Sohlen, Platten und Deckenränder	60
7.1.0 Allgemeine Hinweise	60
7.1.1 Verfahrensweise	62
7.1.2 Kalkulationshinweise	65
7.2 Kalkulations- und Ausführungsrichtwerte der Schalungen für Wände, Überzüge, Stützmauern, Widerlager, Brüstungen	65
7.2.0 Allgemeine Hinweise	65

Kapitel	Seite	
7.2.1	Verfahrensweise	65
7.2.2	Kalkulationshinweise	70
7.3	Kalkulations- und Ausführungsrichtwerte der Schalungen für Stützen	70
7.3.0	Allgemeine Hinweise	70
7.3.1	Verfahrensweise	70
7.3.2	Kalkulationshinweise	78
7.4	Kalkulations- und Ausführungsrichtwerte der Schalungen für Decken (mit und ohne Unterzüge) und geschosshohe Überbauten	78
7.4.0	Allgemeine Hinweise	78
7.4.1	Verfahrensweise	82
7.4.2	Kalkulationshinweise	87
7.5	Schalungen für Balken, Binder und Träger	87
7.5.0	Allgemeine Hinweise	87
7.5.1	Kalkulationshinweise	87
7.6	Schalungen für Treppen und Podeste	88
7.6.0	Allgemeine Hinweise	88
7.6.1	Kalkulationshinweise	88
7.7	Schalungen für Gesimse, Konsolen, Radabweiser u. ä.	88
7.8	Schalungen für Aussparungen, Nischen, Köcher, Schlitze u. ä.	88
7.9	Schalungskosten bei Sichtbeton	88
7.10	Das 6-Minuten-pro-Teil Prinzip (6-M-T) und der Faktor Raumgröße	89
7.10.0	Einführung	89
7.10.1	Flexible Holzträgersysteme für Decken (gemäß Methode 5.1.2)	90
7.10.2	Schwere Rahmenschalungen für vertikale Bauteile (gemäß Methode 5.2.4)	93
8.	Ermittlung der Abschreibungs- und Mietanteile von Schalungen	95
8.0	Einführung	95
8.1	Systematik und Grundlagen	96
8.2	Lose-Kantholz-Wandschalungen	96
8.3	Lose-Träger-Schalungen	98
8.4	Rahmenschalungen für vertikale Bauteile	100
8.5	Abgrenzungen und Kostenabschätzungen von Material und Lohn	110
9.	Nachkalkulationsanalysen	113
9.0	Einführung	113
9.1	Nachkalkulations-Analyse einer vertikalen Großflächen-Fahrschalung	113
9.2	Nachkalkulations-Analyse einer horizontalen Großflächen-Fahrschalung	113
9.3	Nachkalkulationsanalyse der Gesamtschalung einer U-Bahnstrecke	116
9.4	Nachkalkulations-Analyse einer vertikalen Großflächen-Umsetzschalung	116
9.5	Nachkalkulations-Analyse einer horizontalen Großflächen-Umsetzschalung	118
9.6	Nachkalkulationsanalyse der Gesamtschalung eines Hochbaus	119

1. Einleitung

Die moderne Schalungstechnik ist das Ergebnis eines langen Rationalisierungsprozesses, der etwa zu Beginn der zweiten Hälfte des vergangenen Jahrhunderts eingesetzt hat. Dieser war dringend erforderlich, da durch die Zerstörungen des Zweiten Weltkriegs erheblicher Bedarf an schnell verfügbaren Bauleistungen vorhanden war. Die Bauwirtschaft lag nach dem Krieg, wie auch andere Industriezweige, am Boden und begann den Wiederaufbau mit einem veralteten und eingeschränkten Gerätepark. In den ersten Nachkriegsjahren wurden zur Gewährleistung des wirtschaftlichen Aufschwungs dringliche Bauwerke im Bereich der Infrastruktur und einfache Wohnbauten zur Unterbringung vieler wohnungsloser Menschen erstellt, unter Zuhilfenahme von Ressourcen, die das zerstörte und besetzte Restdeutschland hatte und behalten durfte. Erst nach der Währungsreform, eigentlich erst ab etwa 1950 begann ein Wiederaufbau auf breiter Front, auch schon mit moderneren Geräten. Auf dem Schalungssektor wurden als Schalungshaut nicht mehr ausschließlich Bretter verwendet. Schalungsplatten hinterlassen eine bessere Betonfläche, Schalungsträger ersetzen Kanthölzer, längenverstellbare Stahlrohrstützen lösten im Bereich von Decken- und Unterzugsschalungen Rund- und Kantholzstützen ab. Dies war der Beginn der Rationalisierung auf

dem Schalungssektor, des Wandels von rein handwerklich orientierter Arbeit auf der Baustelle hin zur Anwendung industrialisierter Produktionsverfahren. Gleichzeitig waren dies auch die Geburtsstunden der Schalungsindustrie.

Was hat dieser Wandel hin zur modernen Schalungstechnik im Bereich der Rohbauarbeiten bewirkt?

- Von etwa 1950 bis Anfang der 1980er Jahre wird ein deutlicher Rückgang des Stundenaufwandes (s. Abbildung 1-1) konstatiert. Es ist die Folge eines signifikanten Fortschritts in der Konstruktion von Betriebsmitteln wie zum Beispiel der Hochbaukrane. Den maßgeblichen Anteil der eingetretenen Rationalisierung bildet jedoch die Entwicklung von Großflächen- und Systemschalungen. Ganz besonders vorteilhaft hat sich dieser Trend in den 60er und 70er Jahren des vorigen Jahrhunderts vollzogen.
- Durch den Einsatz industriell gefertigter Schalungsbeläge und -geräte hat sich die Qualität der Betonflächen erheblich verbessert.
- Die Struktur der Abschreibungskosten hat sich gravierend verändert, hin zur Nutzung langlebigerer Baukastensysteme gegenüber dem konventionellen Schalungsmaterial (Kantholz und

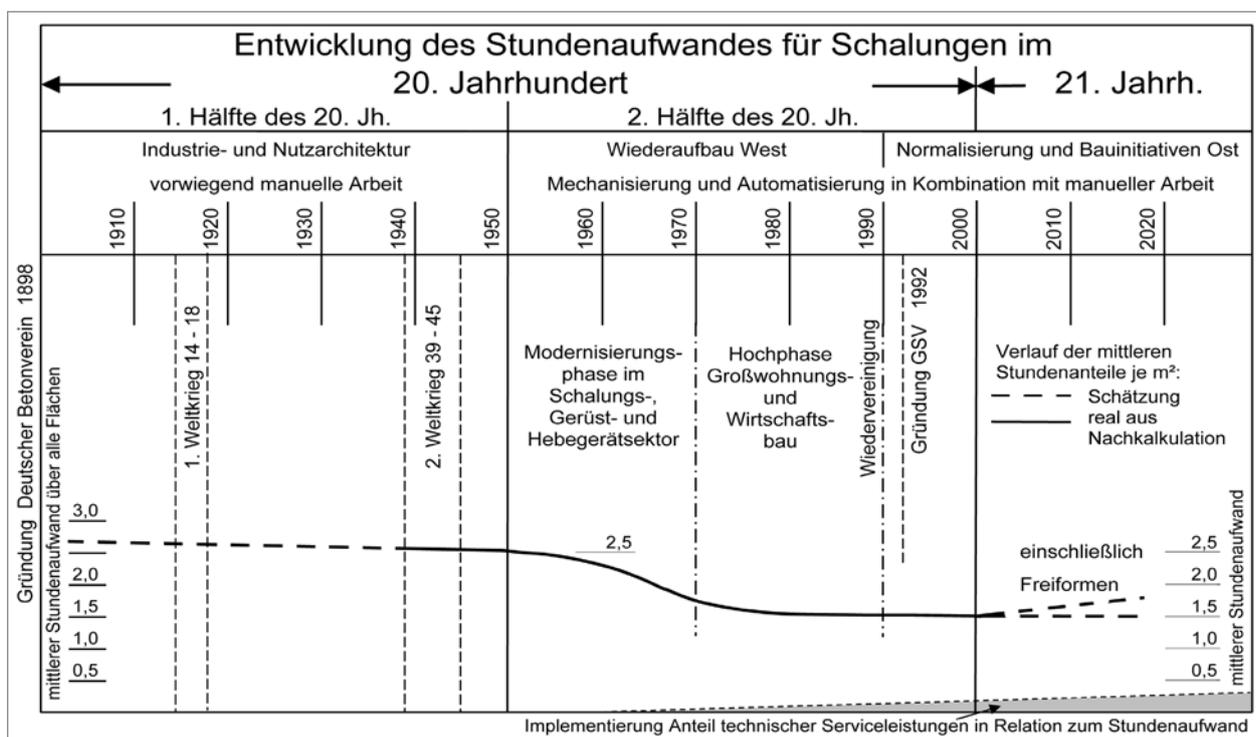


Abb. 1-1: Entwicklung des gemittelten Stundenaufwands je m² geschaltete Fläche

2. Begriffe und Normen

2.0 Einführung

Die Beschreibung der auszuführenden Bauleistung bildet die Basisgröße der Vergabe- (Ausschreibungs-) und Vertragsunterlagen. Auf dieser Grundlage erfolgt die Kalkulation der Kosten und in einem weiteren Schritt die Bildung des Angebotspreises. Daher ist bei dieser Beschreibung (Leistungsbeschreibung, Baumstände, Vertragsbedingungen, Pläne etc.) ein präzises Vorgehen erforderlich, welches allen Bauprojektbeteiligten (Bauherr, Architekt, Fachplaner, ausführendes Bauunternehmen, Schalungslieferanten) ein einheitliches Verständnis der zu erbringenden Bauleistung (Bau-Soll) ermöglicht. Nachfolgend werden ohne Anspruch auf Vollständigkeit die relevanten Definitionen angegeben sowie das für die Schalungstechnik relevante Normenwerk aufgelistet.

Die dritte Auflage des vorliegenden Buches erscheint zum Zeitpunkt eines starken Umbruchs im Bereich des Normenwerks, welches mit der Einführung der Eurocodes und der Erarbeitung damit verbundener Nationaler Anhänge zusammenhängt. Die Eurocodes befinden sich gegenwärtig in einem unterschiedlichen Bearbeitungsstand und werden zu unterschiedlichen Zeitpunkten eingeführt. Daher ist die Anwendung der nachfolgenden Angaben jeweils im Kontext des zu diesem Zeitpunkt geltenden Normenwerks zu verifizieren.

2.1 Begriffsdefinitionen Schalung, Traggerüst, Arbeits- und Schutzgerüst

Schalungen sind technische Gebilde, deren Gesamtfunktion die Raumbildung zur Formgebung, zur Stützung und zum Schutz des Frischbetons bis zum Zeitpunkt seiner ausreichenden Erhärtung ist. Überall dort, wo Frischbeton verarbeitet wird, so im Bereich von Beton-, Stahlbeton-, Spannbetonbauteilen und Faserbetonen, bei Anwendung von Leicht-, Normal- sowie Schwebbeton und unabhängig davon, ob in Ortbetonbauweise oder in Fertigteilbauweise produziert wird, sind Schalungen erforderlich.

DIN 12812:2008-12 definiert Schalungen als den Teil der temporären Konstruktion, die dem Frischbe-

ton die erforderliche Form gibt und ihm als Auflager dient¹. Abzugrenzen davon ist der Begriff des Traggerüsts. Es definiert sich als temporäre Unterstützung für einen Teil eines Bauwerks, solange dieses für die Eigenlasten und die zugehörigen Verkehrslasten nicht ausreichend tragfähig ist.

DIN 12811:2004-08 definiert Arbeitsgerüste als temporäre Baukonstruktionen zur Bereitstellung eines sicheren Arbeitsplatzes für die Errichtung, Instandhaltung, Instandsetzung und den Abbruch von Gebäuden und anderen Bauwerken sowie des dazu notwendigen Zugangs. Es gilt zu berücksichtigen, dass in Deutschland Arbeitsgerüste gleichzeitig eine Schutzfunktion zu erfüllen haben².

DIN 4420:2004-03 definiert Schutzgerüste als temporäre Baukonstruktionen veränderlicher Länge und Breite, die an der Verwendungsstelle aus Gerüstbauteilen zusammengesetzt, ihrer Bestimmung entsprechend verwendet und wieder auseinander genommen werden können. Schutzgerüste als Fang- und Dachfanggerüste dienen dem Schutz von Personen gegen tiefen Absturz, während Schutzdächer Personen und weitere Einrichtungen gegen herabfallende Gegenstände schützen.

Für die Kalkulation von Kosten ist die Abgrenzung zwischen Schalung und Traggerüst häufig nicht praktikabel, da beide Komponenten als ein integrales Betriebsmittel innerhalb eines Arbeitssystems eingesetzt werden und ebenso bewertet werden. Daher wird in den nachfolgenden Kapiteln die Schalung als Betriebsmittel aufgefasst, ohne eine formal-normative Trennung in Schalung und Traggerüst zu berücksichtigen.

Trotzdem ist, wie bereits ausgeführt wurde, eine präzise Analyse für das Bau-Soll erforderlich, um bei allen Projektbeteiligten ein eindeutiges Verständnis zu erreichen. Hier wird auf die Rechtsprechung verwiesen, die in zwei wichtigen Urteilen des BGH den Komplex der Abgrenzung von Nebenleistungen und Besonderen Leistungen im Kontext des Vertragsinhalts auf Basis der VOB/C behandelt hat³.

¹ DIN EN 12812:2008-12: Traggerüste – Anforderungen, Bemessung und Entwurf

² DIN EN 12811-1:2004-08: Temporäre Konstruktionen für Bauwerke, Teil 1, Arbeitsgerüste

³ BGH 28.02.2002, VII ZR 376/00 (Konsolträgergerüst-Urteil); BGH 27.07.2006, VII ZR 202/04 (Dachdeckergerüst-Urteil)

3. Randbedingungen für Aufwand und Kosten von Schalverfahren

3.0 Einführung

Die Bauherrenschaft legt im Rahmen der Bedarfsplanung die wesentlichen Bedürfnisse, Ziele, Mittel sowie die Bedingungen für ein Bauprojekt fest. Dieser Prozess kann normativ auf der Grundlage der DIN 18205:1996-04¹ verankert werden. Zu den wesentlichen Elementen darin zählen der finanzielle und der zeitliche Rahmen, die zunächst von den Eigenschaften des zu erstellenden Bauobjekts und von den Baumständen abhängig sind. In diesem Kontext ist die Bereitschaft der Bauherrenschaft, ein Bauwerk im Sinne rationeller Arbeitsmethoden zu konzipieren oder konzipieren zu lassen, bedeutend. Die Berücksichtigung der Nachhaltigkeitsaspekte wird als selbstverständlich vorausgesetzt. Bereits in die Planungsprozesse sollte, sofern rechtlich und formal möglich, die Kompetenz der Baufachleute einbezogen werden. Dadurch werden die Belange der Bauausführung in der Planung berücksichtigt, was zu einer besseren Struktur von Baukosten und Bauzeit führen kann. In der eigentlichen Angebotsbearbeitung erfolgt die Abfrage der Fachkunde der Bauunternehmen für das konkrete Bauprojekt. Von besonderer Relevanz ist daher die Bereitstellung aller notwendigen Daten für den Kalkulationsvorgang im Kontext der VOB/A, so dass alle Bewerber die Beschreibung im gleichen Sinne verstehen und ihre Preise ohne Vorarbeiten berechnen können. Fehlende Daten und Informationen, schleppende Bereitstellung der notwendigen Unterlagen, mangelnde Kenntnisse bezüglich der Baumstände können für beide Seiten zu Mehraufwand und -kosten führen, die vermeidbar sind. Diese Überlegungen gelten für die Schalung ebenso wie für andere Gewerke.

Nachfolgend werden ausgewählte Einflüsse aus der Sphäre der Bauherrenseite und der Bauunternehmerseite auf Aufwand und Kosten beim Schalungseinsatz dargelegt.

3.1 Einflüsse aus der Sphäre der Bauherrenseite

3.1.1 Bauwerkstyp und Tragwerk

Für den Aufwand und die Kosten bei Schalarbeiten sind der zu erstellende Bauwerkstyp (beispielswei-

se Geschossbauten, Brückenbauwerke, Behälter oder Turmbauwerke) sowie die Tragwerksstruktur (Kombination von Tragsystemen und Tragelementen wie Unterzüge, Deckenplatten, Wandscheiben oder Rahmen) von hoher Relevanz. Die Wiederholung gleichbleibender Tragelemente und die Bestimmung von Arbeitsabschnitten, die eine möglichst hohe Einsatzzahl der Schalungselemente ermöglicht, gehören zu den dominierenden Einflussgrößen auf die Schalungskosten. Daneben sind die Wechsel der Schalungshaut zu nennen. Darüber hinaus führen Besonderheiten in der Geometrie der Bauteile wie Höhen- und Seitenversprünge, Querschnittsveränderungen, Einbindungen, Konsolen, enge Raumquerschnitte bei Schächten und Treppenhäusern, kleine Querschnitte bei Stützen sowie die Art der Anordnung und Häufigkeit von Dehnungs-, Schwind- und Arbeitsfugen zur Erhöhung von Aufwand und Kosten (s. auch Zulagen in Abbildung 7-2).

Auf den Fortschritt der Stahlbetonarbeiten wirkt sich der Bewehrungsanteil aus. So können sich zum Beispiel bei weitgespannten Deckenbauteilen trotz des Einsatzes eines effizienten Deckenschalungssystems die Ausführungsfristen verlängern. In Abbildung 3-1 ist der Einfluss steigender Bewehrungsanteile auf den Betoniervorgang exemplarisch dargestellt. Mit zunehmendem Bewehrungsanteil verlängert sich zwangsweise die Abschnittsdauer bei gleichbleibender Dauer der Schalungs- und Betoniertätigkeit. Diesem Beispiel liegt der Stundenaufwand bei Bewehrungsarbeiten in Abhängigkeit vom Bewehrungsanteil im Bereich flächiger Bauteile (Wände, Decken, Platten) zugrunde, der in Abbildung 3-2 dargestellt ist.

3.1.2 Bauvorbereitung

Über die Planung des Tragwerks durch Architekten und Ingenieure hinaus obliegt der Bauvorbereitung die Aufgabe einer sinnvollen ausführungsgerechten Dekomposition, d. h. die Unter- bzw. Aufteilung einzelner Bauabschnitte, die Anordnung einfach auszuführender Fugendetails, die Ausarbeitung sinnvoller und lohnsparender Bewehrungsführung mit der unbedingten Maßgabe einer Beschränkung in den Bewehrungsseisenquerschnitten respektive

¹ DIN 18205:1996-04 Bedarfsplanung im Bauwesen

4. Kategorisierung von Bauwerken und Klassifizierung von Schalungen nach Anwendungsbereichen

4.1 Kategorisierung von Bauwerken nach Schalungsaufwand

Der Stundenaufwand bei der Ausführung von Schalungsarbeiten differiert in Abhängigkeit von mehreren Einflussgrößen wie zum Beispiel vom Bauwerkstyp, von der Tragwerksstruktur sowie von den Baumständen. Für die Belange einer ersten Einschätzung des Stundenaufwands bei den Schalungsarbeiten, zur Bestimmung der notwendigen Qualifikation für die Bearbeitung der Schalungsplanung und für weitere operative sowie dispositive Entscheidungen ist es sinnvoll, Bauwerke nach dem Schalungsaufwand zu kategorisieren. Hierzu muss angemerkt

werden, dass bestimmte Bauwerkskonstruktionen und Bauteilgeometrien, trotz einer umfangreichen Arbeitsvorbereitung, eine wirtschaftliche Schalungsart oder -methode gar nicht ermöglichen, so bei häufig wechselnden Querschnitten der Bauteile, bei Wandeinbindungen oder bei Höhenunterschieden gleichartiger Tragelemente. Daher sollte im Planungsprozess der Aspekt der späteren Bauausführung ausreichend berücksichtigt werden.

Auf der Grundlage von Nachkalkulationen und der Gesamterfassung des Stundenaufwands bei Schalungsarbeiten über alle Bauteile eines Bauwerks

Kategorie 1	Kategorie 2	Kategorie 3	Kategorie 4
Bauwerke mit geringem Schalungsaufwand	Bauwerke mit normalem Schalungsaufwand	Bauwerke mit hohem Schalungsaufwand	Bauwerke mit außergewöhnlichem Schalungsaufwand
Wohngebäude und Gebäude des Hochbaus: -geometrisch klare Formen (rechtwinklige Anordnung) -gleichbleibende geschoßhöhe $n \leq 3,25m$ -gleichbleibende Betonquerschnitte der Bauteile	Gebäude des Hochbaus mit gering veränderlichen Geschoßhöhen und Bauteilquerschnitten. Geometrisch einfache Ingenieurbauwerke (Stützmauern, einfache Unterführungen).	Gebäude des Hoch- und Industriebaus mit individuellen Grundrissen, wechselnden Geschoßhöhen und stark veränderlichen Bauteilquerschnitten. Ingenieurbauwerke (Brückenbauwerke, Unterführungen, U-Bahnbau)	Sonderbauwerke wie Museumsbauten, Sakralbauten oder anspruchsvolle bauliche Adaptionen sowie Freiformen.
Schalungen: -Universalschalungen oder Standard-Schalungen (z.B. Rahmenschalungen und vorkonfektionierte GF-Schalungen) -Einsatzzahl ≥ 10	Schalungen: -Universalschalungen oder Standard-Schalungen (z.B. Rahmenschalungen und vorkonfektionierte GF-Schalungen) mit Anpassungselementen geringen Umfangs -Einsatzzahl 5 bis 10	Schalungen: Überwiegend Spezial-Schalungen (objektgefertigte Schalungen) in Kombination mit Universalschalungen oder Standard-Schalungen -Einsatzzahl ≥ 5	Schalungen: Überwiegend Spezial-Schalungen (objektgefertigte Schalungen) mit besonderen technologischen Anforderungen in Kombination mit Universalschalungen oder Standard-Schalungen -Einsatzzahl 1 bis 5
Zulagen beachten (Abb. 7-2)			
Stundenaufwand über alles: i.M. 0,75-1,15 Std./m ² (über alle Anwendungsbereiche)	Stundenaufwand über alles: i.M. 1,20-1,50 Std./m ² (über alle Anwendungsbereiche)	Stundenaufwand über alles: i.M. 1,50-2,50 Std./m ² (über alle Anwendungsbereiche)	Stundenaufwand über alles: i.M. > 2,50 Std./m ² (über alle Anwendungsbereiche)
Arbeits- und Schutzgerüste sind individuell zu kalkulieren	Arbeits- und Schutzgerüste sowie Traggerüste sind individuell zu kalkulieren	Arbeits- und Schutzgerüste sowie Traggerüste sind individuell zu kalkulieren	Arbeits- und Schutzgerüste sowie Traggerüste sind individuell zu kalkulieren
Zulagen beachten (Abb. 7-2)			

Abb. 4-1: Vier Kategorien von Bauwerken nach Schalungsaufwand

5. Schalungssysteme, Schalungsarten und Schalungsmethoden

5.0 Einführung

Schalungssysteme

Wie bereits in Kapitel 2.1 ausgeführt wurde, dienen Schalungen der Formgebung, der Stützung sowie dem Schutze des zunächst gestaltlosen und plastischen Frischbetons bis zum Zeitpunkt seiner ausreichenden Erhärtung. Der technische Fortschritt in der Schalungstechnik, der im Wesentlichen aus den Erfordernissen eines ökonomisch sinnvollen Einsatzes, verbunden mit dem betriebssicheren Handling durch die Arbeitskräfte auf der Baustelle getrieben war, führte zur Entwicklung regelrechter Baukastensysteme. Hier wird in der Praxis der Begriff der Schalungssysteme verwendet.

Als Schalungssysteme werden die Formen bezeichnet, die „in sich komplett“ und nach Plan logisch geordnet sind¹. Zu den Schalungssystemen zählen gegenwärtig die meisten industriell gefertigten Schalungen. Als Beispiele dienen:

— **Rahmentafelschalungen für Wände:** Modularisierte, industriell gefertigte Schalungselemente (Schalungshaut geschützt im Rahmen gebettet, Größe der Schalungselemente häufig gemäß Baureihenentwicklung) und darauf abgestimmtes Zubehör wie Schlösser, Anker, Arbeits- und

Betoniergerüste, Lastaufnahmemittel sowie Stirnabschalungen. Die Baukastensystematik ist beispielhaft in Abbildung 5-1 dargestellt. Die Bausteinarten sind: Grundbausteine: verwirklichen die Grundfunktionen (Muss-Bausteine); Hilfsbausteine: wirken verbindend und anschließend (Muss-Bausteine); Sonderbausteine: erfüllen ergänzende und aufgabenspezifische Teilfunktionen (Kann-Bausteine); Anpassbausteine: dienen der Verbindung, auch mit anderen Baukastensystemen oder der Verwendung unter besonderen Randbedingungen (Muss- oder Kann-Bausteine).

— **Standardisierte Trägerschalungen für Wände:** Baukastensystemteile wie Träger (Vollwand- oder Gitterträger) und Riegel (2U-Profile) sowie Schalungshaut werden zu Standardelementen zusammengebaut und von Baustelle zu Baustelle eingesetzt. Hierzu gehört entsprechendes Zubehör wie Kupplungen, Arbeits- und Betoniergerüste, Lastaufnahmemittel sowie Stirnabschalungen.

— **Paneelschalungen für Decken:** Modularisierte, industriell gefertigte Deckenpaneele (Schalungshaut durch den Rahmen geschützt) in abgestuften Größen einschließlich der Un-

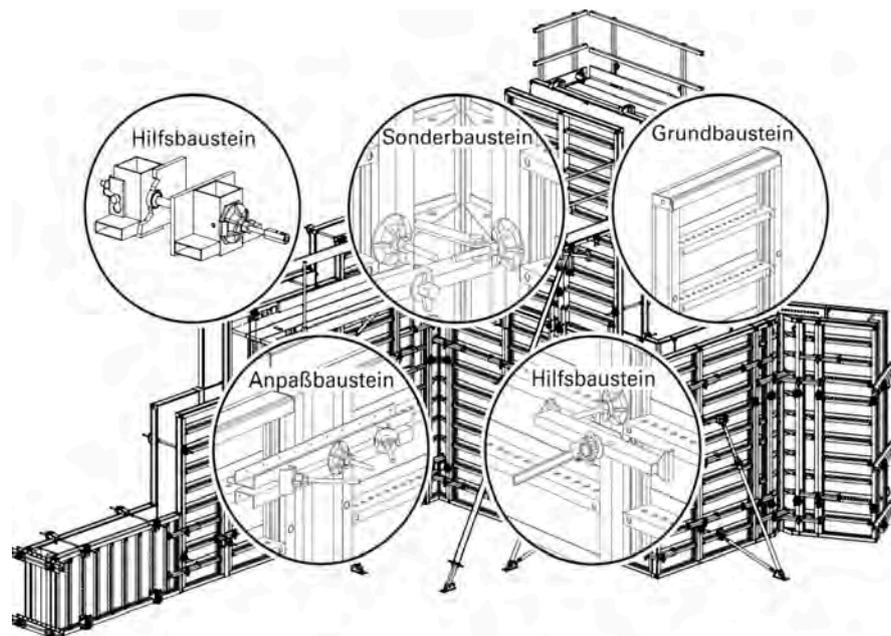


Abb. 5-1: Baukastensystematik am Beispiel einer Rahmentafelschalung [System Manto von HARSCO]²

¹ Olshausen, G.: Lexikon Bauingenieurwesen, Springer, 1997

² Hertle, R.; Motzko, C.: Gerüstbau, Betonkalender 2007

Rahmentafelschalungen und Rasterschalungen

Rahmentafelschalungen integrieren die Schalungshaut und die Unterstütkonstruktion zu einer Einheit, der Rahmentafel. Rahmentafeln aus Stahl wurden erstmals in Deutschland im Jahr 1930, in den Maßen 1,50 x 1,00 m, als kranunabhängige handversetzbare Schalelemente eingesetzt. Rahmentafeln aus Holz waren schon früher im Einsatz und sind mittlerweile nicht mehr in Gebrauch.

Rahmentafeln für vertikale Bauteile gehören zur Standard- bzw. Universalschalung und haben die Trägerwandschalungen mehr und mehr in die Anwendungsbereiche der Sonder- und Spezialschalungen verdrängt. Rahmenschalungstafeln für vertikale Bauteile sind entsprechend den Richtlinien des Güteschutzverbandes Betonschalungen (GSV)⁶ rechteckige ebene Schalungselemente, die aus einem äußeren, allseitig umlaufenden Stahl- oder Aluminiumrahmen in den Querriegel eingelassen sind, sowie einer Schalungshaut bestehen. Die Schalungshaut besteht überwiegend als Trägermaterial aus Holz oder Holzwerkstoffen sowie Kunststoffen und in der Beschichtung aus Duro- oder Thermoplasten. Rasterschalungstafeln bestehen wie Rahmentafeln ebenfalls aus einem umlaufenden Rahmen und kreuzweise eingebauten innenliegenden Riegeln.

Rahmenschalungstafeln für Wände und Stützen werden in 3 Gruppen unterteilt⁷:

- Schwere großflächige Rahmenschalungstafeln mit:
 - mindestens 3 m² Tafelfläche *)
 - zul. Frischbetondruck ≥ 60 KN/m², bei Einhaltung der Forderung gemäß DIN 18202, Tab. 3, Zeile 6⁸
 - Anforderung nach DIN 18217, Pkt. 2.3

- Mittelschwere Rahmenschalungstafeln mit:
 - mindestens 2 m² Tafelfläche *)
 - Tafelgewicht ≤ 70 kg/Stck. *)
 - zul. Frischbetondruck ≥ 45 KN/m² bei Einhaltung der Forderung gemäß DIN 18202, Tab. 3, Zeile 6
 - Anforderung nach DIN 18 217, Pkt. 2.3
- Leichte Rahmenschalungstafeln mit:
 - Tafelgewicht ≤ 50 kg/Stck. *)
 - zul. Frischbetondruck ≥ 30 KN/m² bei Einhaltung der Forderung gemäß DIN 18202, Tab. 3, Zeile 5
 - ohne Anforderung nach DIN 18217, Pkt. 2.2 - keine konstruktiven Anforderungen

*) Anmerkung:

vorgegebene Forderungen gelten für die jeweilige Standardtafel. Die Standardtafel muss zu den beiden am häufigsten eingesetzten Rahmenschalungstafeln des Systems gehören.

Die Einsatzquote für Rahmentafelschalungen als Deckenschalung ist gegenüber der von Trägerschalungen erheblich geringer.

5.1 Universal-Schalungen

5.1.1 Lose-Kantholz-Schalungen

Mit Lose-Kantholz-Schalung wird die Schalungsmethode bezeichnet, in der bei jedem Schalungsvorgang erneut lose Kanthölzer mit Brettern oder Schalungsplatten manuell zusammengefügt und nach dem Ausschalvorgang wieder in ihre Einzelteile zerlegt werden. Sie zählt zu den konventionellen

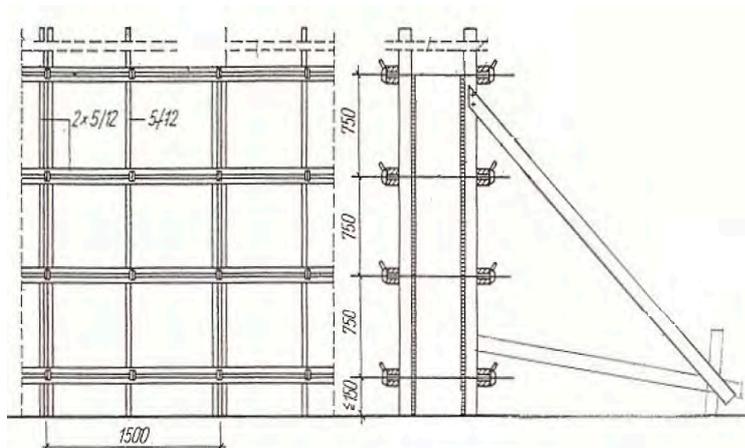


Abb. 5-4: Beispiel für Methode 5.1.1: Eine Lose-Kantholz-Schalung [Quellen: PERI, Jakob]

⁶⁺⁷ GSV-Richtlinie für die Erteilung von GSV-Zeichen für Rahmenschalungstafeln für vertikale Bauteile, Fassung 10/2000

⁸ DIN 18202:2005-10 Toleranzen im Hochbau-Bauwerke

5. Schalungssysteme

Schalungsmethoden. Der Verschleiß der Einzelteile ist bei dieser Methode allen anderen Methoden gegenüber am größten und somit wird ihre Haltbarkeit stark begrenzt (s. Kapitel 8). Die Vorteile wiederum liegen in der absoluten Anpassungsfähigkeit der Einzelteile an die vorgegebenen Konstruktionen, bei allerdings hohem Verschnitt. Der Stundenaufwand kann erheblich je nach Stärke (Querschnitt) der Hölzer und nach Abstand der Spannanker bzw. der Stützen schwanken von 10 bis 20%.

Zu beachten ist, dass die ergonomischen Regeln der Gestaltung von Arbeitssystemen (Heben und Tragen von Lasten) eingehalten werden.

5.1.2 Lose-Träger-Schalungen

Die Lose-Träger-Schalung unterscheidet sich von der Lose-Kantholz-Schalung darin, dass anstatt der Verwendung von Kanthölzern als Unterkonstruktion mindestens in einer der beiden Richtungen größere Spannweiten übertragende Träger aus Metall oder Holz eingesetzt werden. Dies hat zur Folge, dass die Anzahl der Anker- bzw. Stützenabstände größer und die Arbeitsweise demzufolge weniger lohnaufwendig ist.

Zu beachten ist, dass die ergonomischen Regeln der Gestaltung von Arbeitssystemen (Heben und Tragen von Lasten) eingehalten werden.

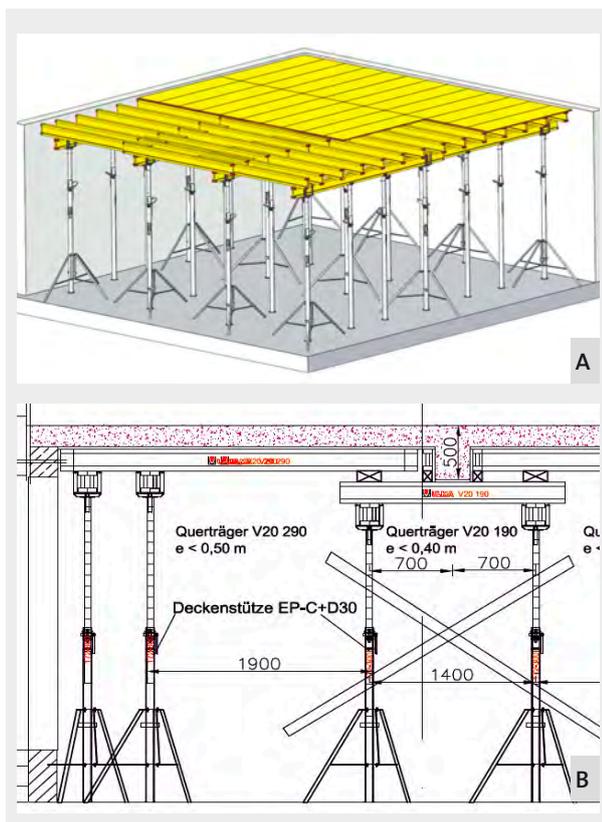


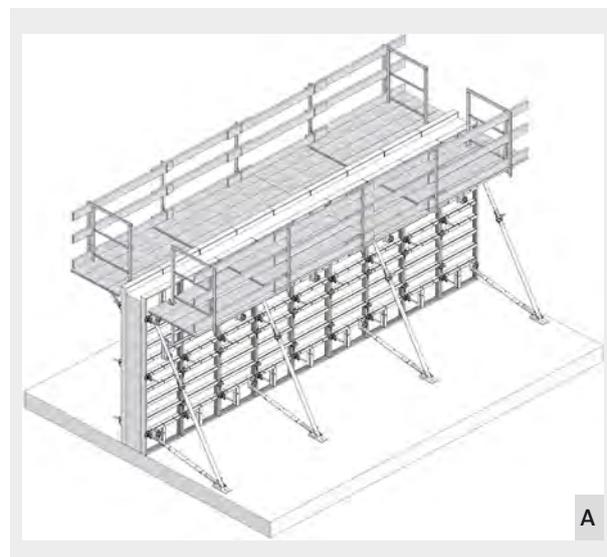
Abb. 5-5: Beispiel für Methode 5.1.2: Lose-Träger-Schalung [Quelle: ULMA]

5.2 Standard-Schalungen

5.2.1 Leichte Rahmenschalungen für vertikale Bauteile

Leichte Rahmenschalungen für vertikale Bauteile sind konzipiert für den manuellen Einsatz. Die Tafelgrößen sind so beschaffen, dass ein Schalungselement von einer Arbeitskraft, maximal von zwei Arbeitskräften bewegt werden kann. Der zulässige Frischbetondruck sollte mindestens 30 KN/m^2 betragen. Der Lohnvorteil gegenüber den Lose-Kantholz- und Lose-Träger-Schalungen besteht in der Reduktion von Teilvorgängen, hier zum Beispiel das nicht mehr notwendige getrennte Handhaben der Schalungshaut und der Unterkonstruktion.

Zu beachten ist, dass die ergonomischen Regeln der Gestaltung von Arbeitssystemen (Heben und Tragen von Lasten) eingehalten werden.



6. Haupt- und Nebenleistungen, Besondere Leistungen sowie anteilige Baustellengemeinkosten

6.0 Einführung

Solange die Schalungsarbeiten noch in Eigenleistung erbracht wurden, vor allem in den Nachkriegsjahren, gab es hinsichtlich Leistungsumfang, Aufgabenverteilung und Serviceleistungen kaum Probleme, weil dafür ausschließlich eigene Bauleiter, Poliere, Vorarbeiter und Baustellen-Zimmerer zuständig waren. Allenfalls wurden zusätzlich der Einkauf mit der Beschaffung von Bau- und Bauhilfsstoffen und das Lohnbüro mit der Zurverfügungstellung von geeigneten Arbeitskräften beauftragt. Brettelelemente für Wände, Stützen, Unterzüge, Fundamente etc. wurden vom Vorarbeiter oder Polier ausgezogen, von Facharbeitern gefertigt, eingesetzt und wieder zerlegt. Alles geschah vor Ort und ohne Hilfe von außen.

Mit der technischen Entwicklung der Schalungen und dem Trend hin zur Vergabe von Schalungsleistungen (Schalungsarbeiten mit und ohne Schalungsmaterial) an Spezialbetriebe respektive an auf Lohnleistungen ausgerichtete Nachunternehmer, hat die genaue Bestimmung von Haupt- und Nebenleistungen sowie Besonderen Leistungen eine hohe Bedeutung erlangt. Es ist für den Kalkulationsprozess von höchster Relevanz, ob bestimmte Leistungen in den Preis einzukalkulieren sind oder ob sie gesondert vergütet werden. Was für die Vergabe der Bewehrungsarbeiten seit Jahrzehnten üblich ist, nimmt für die Schalungsarbeiten einen immer breiteren Raum ein, mit dem Unterschied, dass sich die Aufteilung des Leistungsspektrums Schalungsarbeiten unvergleichlich komplexer darstellt.

Für die Kalkulation der Lohnkosten von Schalungsarbeiten werden die entsprechenden Aufwandswerte benötigt. Von der Systematik her ist eine mögliche Differenzierung der Betrachtung im werkvertraglichen (Haupt-, Nebenleistungen und Besondere Leistungen) und im arbeitstechnischen (Gestaltung von Arbeitssystemen mit Vorgabezeit als Summe der Ausführungszeit und der Rüstzeit sowie der Betrachtung der Ablaufgliederung¹) Kontext möglich.

Werkvertragliche Sicht. Werkvertraglich im Sinne der VOB, hier insbesondere gemäß VOB/C, ist in Haupt- und Nebenleistungen sowie Besondere Leistungen zu unterscheiden.

Hauptleistungen. Hauptleistungen müssen in die Leistungsbeschreibung aufgenommen werden, wenn sie nach § 1 Nr. 1 Satz 1 VOB/B zur vertraglichen Leistung (Bau-Soll) gehören sollen und mit dem Preis nach § 2 Nr. 1 VOB/B angeboten werden.

Nebenleistungen. Nebenleistungen sind nach VOB/C, DIN 18299:2010-04, Abschnitt 4.1, Leistungen, die auch ohne Erwähnung im Vertrag zur vertraglichen Leistung gehören (mit Bezug zu § 2 Nr. 1 VOB/B). Sie sind gewerkeweise unterschiedlich definiert (s. die jeweiligen Normen der VOB/C).

Besondere Leistungen. Besondere Leistungen sind nach VOB/C, DIN 18299:2010-04, Abschnitt 4.2, Leistungen, die nicht Nebenleistungen gemäß Abschnitt 4.1 sind und nur dann zur vertraglichen Leistung gehören, wenn sie in der Leistungsbeschreibung besonders erwähnt sind. Sie sind gewerkeweise unterschiedlich definiert (s. die jeweiligen Normen der VOB/C).

Bezogen auf die Schalungsarbeiten lassen sich verschiedene Regelungen in der VOB/C finden. So bleibt gemäß DIN 18331:2010-04 die Wahl zur Ausführung der Schalungen und die der erforderlichen Traggerüste nach DIN EN 12812:2008-12 dem Auftragnehmer der Rohbauleistung überlassen. Die als Nebenleistungen bezeichneten Tätigkeiten zum Einsatz der Schalungen, zur Montage, zur Demontage, zur Unterhaltung und weitere Serviceleistungen gehören letztendlich auch als integraler Bestandteil zur Hauptleistung, werden aber mehr oder weniger anteilmäßig auf die Einzelpositionen umgelegt.

Besondere Leistungen werden in DIN 18331:2010-04, Abschnitt 4.2, behandelt und sind demzufolge separat zu positionieren, zu kalkulieren und abzurechnen. Dazu gehören zum Beispiel Vouten, Konsolen, Profilierungen, Fugen, Aussparungen, Einbauteile und

¹ Berg, G.: REFA in der Baupraxis, Teil 1, Grundlagen

7.3.2 Kalkulationshinweise

Bis zu einem Umfang von ca. 160 bis 180 cm ist der Aufwand für 1 Stück Stütze (ob 25/25, 30/30 oder 35/35 o. ä.) etwa identisch. Diese Aussagen bezüglich des Aufwandes treffen nicht nur auf die Schalung und Bewehrung, sondern auch und ganz besonders für den Betoneinbau zu. Stützen von diesem Umfang können als Fertigteilstützen kostengünstiger sein als solche in Ort betonbauweise. Dies sollte im Planungsprozess berücksichtigt werden. Statt jede Einzelstütze ihren statischen Erfordernissen entsprechend zu dimensionieren und zu bewehren, mit dem Ergebnis geringerer Einsatzzahlen je Position, sollte die Anzahl unterschiedlicher Querschnitte auf ein Minimum reduziert werden. Damit sind höhere Schalungseinsätze zu erzielen und dadurch erhebliche Kosten einzusparen. Diese Einsparungen wirken sich bereits in der Planung bis hin zur Abrechnung aus. Fünf Einsätze je Stützenschalungsform sollten die unterste Grenze sein.

7.4 Kalkulations- und Ausführungsrichtwerte der Schalungen für Decken (mit und ohne Unterzüge) und geschosshohe Überbauten

7.4.0 Allgemeine Hinweise

Zu den Schalungen für Decken (mit und ohne Unterzüge) und geschosshohe Überbauten zählen alle waagerechten und bis max. 5° geneigten Schalungen. Bei der Erfassung der Ausführungsstunden von Decken mit integrierten Unterzügen, Rippen usw. ist es extrem aufwändig, die Leistungen von Unterzügen und Decken sauber zu trennen. Ausnahmen bilden hierbei freistehende Balken und

vorbetonierte Unterzüge. Daher werden alle mit der Decke verbundenen Konstruktionsglieder unter einer Position eingeordnet, auch wenn sie im Leistungsverzeichnis gesondert ausgeschrieben sind. Zum Begriff „Deckenschalung“ zählen neben der Schalungshaut gemäß DIN 18 217:1981-12³ auch die als Traggerüst bezeichneten Unterkonstruktionen entsprechend DIN EN 12812:2008-12⁴, sofern diese noch mit den üblichen Geräten und Mitteln (z. B. Stahlrohrstützen, Schalungsträger etc.) der Verwendungsarten 5.1.1 - 5.2.2 in Einklang zu bringen sind. Ansonsten sind Traggerüste in einer gesonderten Position oder als Zulage zur Position Deckenschalung auszuschreiben, anzubieten und abzurechnen.

Raumschalungen nach 5.3.3 werden im vorliegenden Buch nicht behandelt, da diese in den Einsatzmöglichkeiten begrenzt sind (< 1% der Gesamtschalungsmengen) und Einsätze unter 25 - wie hier vorwiegend behandelt - kaum oder nur selten wirtschaftlich durchführbar sind. Der Einsatz von Raumschalungen auf Mietbasis ist möglich. Im Bereich von Großflächen-Fahrschalungen und selbsttätig arbeitenden Schalungen sind spezialisierte Unternehmen tätig, die Leistungen bis zur kompletten Ausführung im Nachunternehmerverhältnis erbringen. Somit können die dafür notwendigen und relativ teuren Geräte einschließlich Service günstiger angeboten bzw. wirtschaftlicher genutzt werden, als dies ein Bauunternehmen im eigenen Bereich bewerkstelligen kann. Die Kostenermittlung solcher spezieller Arbeitsweisen wird so unterschiedlich gehandhabt und ist darüber hinaus von noch mehr Voraussetzungen abhängig, als die hier vorgestellten Methoden, so dass eine einheitliche Basis in Form von Kalkulationsrichtwerten nicht relevant erscheint.

³ DIN 18217:1981-12 Betonflächen und Schalungshaut

⁴ DIN EN 12812:2008-12: Traggerüste – Anforderungen, Bemessung und Entwurf

Baublauanalyse:		Baustelle: _____				
Betondecke d = 30 cm, mit Unterzug, Kantholzschalung (6.1.1)		Bereich: _____				
		von: _____ bis: _____				
Nr.	Bezeichnung der Arbeitsvorgänge	Menge	Std./ Einheit	AK i.M.	Aufgliederung der Arbeitsdauer nach Arbeitsvorgängen, in %	in % bezogen auf:
						alle Tätigk. 24,45 nur die Schalung 38,60
1	Decken einschalen	468 m ²	0,33 / m ²	7		
2	Unterzüge einschalen	60 m ²	0,72 / m ²	7		
3	Decke einschalen im Schachtbereich	25 m ²	0,78 / m ²	7		
4	Aussparungen anfertigen und anbringen (< 0,1 qm Grundriss)	75 Stck	0,13/Stck	7		
5	Dehnfuge einseitig, h = 30 cm	6,75 m	0,57 / m	7		
6	Schwindfuge zweiseitig, h = 30 cm	141 m	0,73 / m	7		
7	Rand einschalen, h = 30 cm	12 m	0,55 / m	7		
8	aufräumen Schalung		0,005 / m ²	7		
9	Bewehrung Unterzug	2,0 t	15,66/t	12		
10	Bewehrung Decke	18,1 t	9,13/t	12		
11	Beton einbringen mit Kran und Kübel (0,5 m ³)	144 m ³	0,24 / m ³	7		
12	ausschalen nicht aufgenommen					
hochgerechnet anhand ähnlicher Bauvorhaben = 150 Std. für 1-8						23,75
						37,50
						23,75 %
						36,55 %
						Aussch. Bew. + Beton
						100 % = 632 h
						100 % = 400 h

BEMERKUNGEN: Schalungsarbeiten insgesamt 63,45 %, Bewehrung + Beton = 36,55 %
 Einschalen i. M. = 0,44 Std. / m², Ausschalen = 0,26 std. / m², zusammen = 0,7 Std. / m² (reine Arbeitszeit) mit UZ
 Einschalen i. M. = 0,375 Std. / m², Ausschalen = 0,225 std. / m², zusammen = 0,6 Std. / m² (reine Arbeitszeit) ohne UZ
 Geschosshöhe = 4,25 m

Abb. 7-15: Bauablaufanalyse, Betondecke d = 0,30 m

des Stundenaufwandes der Schalungsarbeiten bei der Ausführung von Sichtbeton ist in einer Dissertation⁸ enthalten. Es wird differenziert in:

- a. Stundenanteile, die unveränderlich im Vergleich zur Ausführung von Betonflächen ohne Anforderungen verbleiben,
- b. Stundenanteile, die höher im Vergleich zur Ausführung von Betonflächen ohne Anforderungen sind (sichtbetonspezifischer Mehraufwand, zum Beispiel höherer Aufwand bei der Reinigung der Schalung),
- c. Stundenanteile, die zusätzlich bei der Ausführung von Sichtbeton anfallen und bei Betonflächen ohne Anforderungen gar nicht vorkommen (sichtbetonspezifischer Zusatzaufwand, zum Beispiel Abdichtung von Schalungshautstößen).

Als ein besonders wichtiger Einflussfaktor bei den Schalungsarbeiten im Bereich des Sichtbetons wird der Schalungshautwechsel identifiziert. In Abbildung 7-21 sind Beispiele für den Zusatzaufwand bei Schalungsarbeiten dargestellt (so Abdichten der Schalungselementstöße und Schalungshautwechsel).

7.10 Das 6-Minuten-pro-Teil Prinzip (6-M-T) und der Faktor Raumgröße

7.10.0 Einführung

In der Dissertation Hoffmann¹⁰ wird erstmals eine Methode für Schalungssysteme entwickelt, nach welcher der zeitliche Aufwand für die Schalungsarbeiten system- und bauteilübergreifend eingeschätzt wird. Sie beruht auf dem grundlegenden Umstand, dass jegliche manuelle Tätigkeit, die nach einem baukastenartigen Prinzip ausgeführt wird, von der Art und Anzahl der verwendeten Teile abhängt. Grundvoraussetzungen zur Beurteilung der Prozessgeschwindigkeit eines Schalungssystems sind

- a) die Anzahl der Teile und
- b) das Handling dieser.

Über viele Jahre methodisch durchgeführte Ablaufstudien mit verschiedenen Decken- und Wandschalungssystemen haben zum Ergebnis geführt, dass zwar jedem unterschiedlich gearteten Einzelteil eine bestimmte Einzelzeit zugeordnet werden kann, aber aus der Addition aller Einzelzeiten pro Teil, dividiert

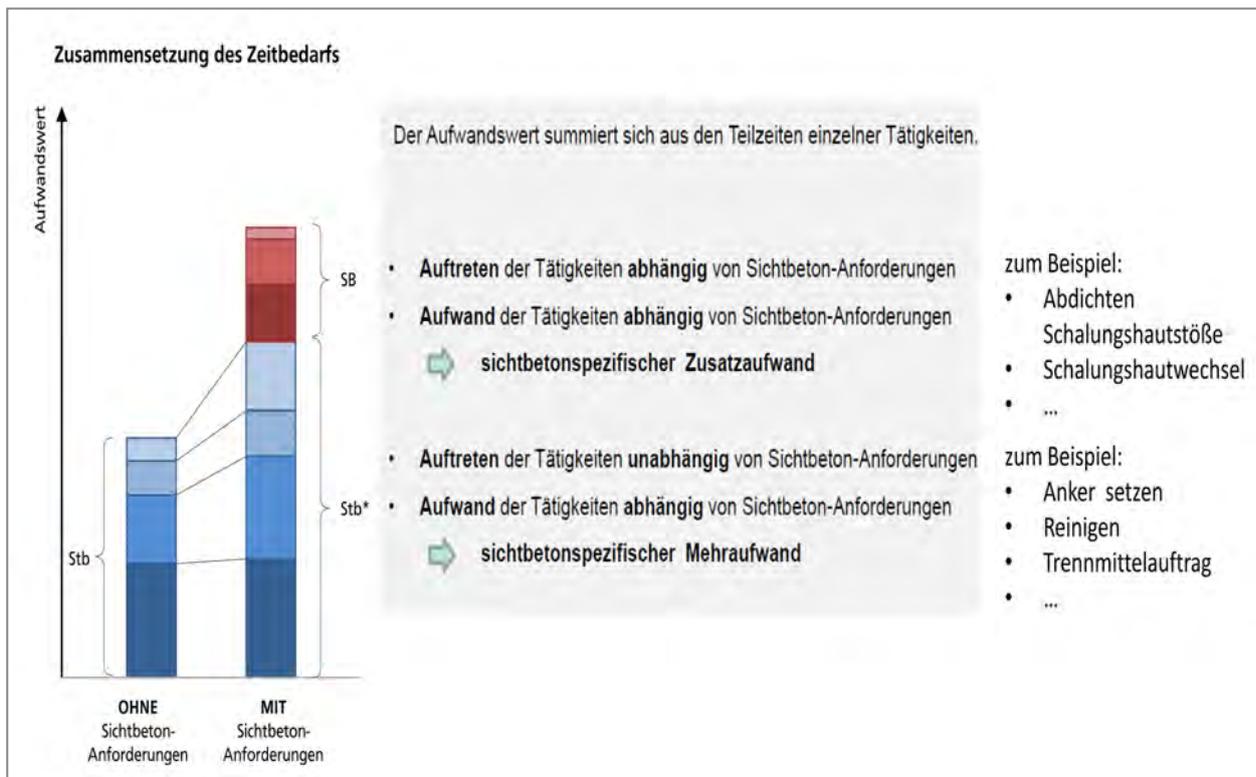


Abb. 7-21: Beispiele für Zusatzaufwand bei Schalungsarbeiten im Bereich Sichtbeton⁹

⁸⁺⁹ Schömb, J.: Zu den Einflussgrößen auf das Erscheinungsbild und zu den Kosten von Sichtbeton, Dissertation, Institut für Baubetrieb, Technische Universität Darmstadt, 2012

¹⁰ Hoffmann, F. H.: Ungenutzte Potentiale in der Ablauf- und Fertigungsplanung im Betonbau, Dissertation, Universität Kassel, 2000

8. Ermittlung der Abschreibungs- und Mietanteile von Schalungen

8.0 Einführung

Die Gesamtkosten von Betonschalungsleistungen setzen sich zusammen aus

- Lohnaufwendungen
- Geräte- und Materialkosten
- Planungs- und Koordinierungsaufwendungen.

In Abschnitt 8.5 werden die Bereiche, in denen diese Anteile Kosten verursachen, in einer Übersicht benannt. Während in den Abschnitten 8.1 bis 8.4 ausgewählte Materialkostenermittlungen bewertet und besprochen werden, gibt der Abschnitt 8.5 übersichtsartig Abgrenzungen und Kostenabschätzungen von Service- und Nebenleistungen von Schalungsgeräten und -materialien und weiterer abhängiger Kosten wieder.

In Abgrenzung zu den arbeitslohnbedingten Kostenanteilen hat sich für die Geräte- und Materialkosten auch die Bezeichnung **Stoffkosten** etabliert, die der klassischen Kalkulation der Bauunternehmen entspringt. Bei der Auswahl von Schalungsverfahren und -geräten sind, neben den reinen Kosten dieser Stoffe, in besonderem Maße auch die arbeitsorganisatorischen Auswirkungen der gewählten Gerätschaften auf die Einzel- und Gesamtarbeitsabläufe zu bedenken. Zur Beurteilung der Gesamtwirtschaftlichkeit der technischen Lösung ist hierbei auch die Unterstützung in der Arbeitsvorbereitung von hoher Relevanz, wie sie z. B. durch potentielle Lieferanten gegeben wird.

Bereits Ende des 19. Jahrhunderts, aber auch in den Wiederaufbaujahren nach dem 2. Weltkrieg (siehe Abb. 1-1), wurden loses Brettmaterial und Kanthölzer, teilweise auch unbearbeitete Rundhölzer zur Herstellung von Schalungen für Betonkonstruktionen jeglicher Art verwandt. Handwerklich gut ausgebildete Facharbeiter, insbesondere Zimmerer, waren in der Lage, selbst die anspruchsvollsten Konstruktionen, auch noch ohne ingenieurmäßige Arbeitsvorbereitung, eigenverantwortlich zu erstellen. In den Betonflächen konnte der Abdruck des verwendeten Materials eindeutig abgelesen werden. Im Zuge des Wiederaufbaus, spätestens Mitte der 1960er Jahre, nahmen die Anforderungen an sichtbar bleibende Betonflächen zu. Eine zudem steigende Bautätigkeit und die Notwendigkeit kürzerer Fertigungsfristen führten zu Forderungen nach besseren Quali-

täten und beschleunigten Ein- und Ausschalzeiten der temporär einzusetzenden Schalungsgeräte und -materialien. Zunehmend kamen vorgefertigte Schalungen, in besonderem Maße baukastenartig zusammensetzbare Schalungsgeräte, zum Einsatz, wodurch ursprünglich rein baustellenbezogene, handwerkliche Leistungen durch industriell gefertigte Schalungssysteme ersetzt wurden. Damit erfolgte der Wechsel von rein handwerklichen Methoden hin zur Schalungstechnik. Die Anforderungen an Vereinfachung und Rationalisierung wurden auch vom Wandel in der Personalstruktur Ende des 20. Jahrhunderts getragen, der geprägt war vom Ersatz des Fachpersonals durch angelernte Arbeitskräfte. Der ab den 90er Jahren des vergangenen Jahrhunderts stattfindende Strukturwandel, bei dem die Bauhöfe von großen und vielen mittleren Bauunternehmungen ausgelagert bzw. geschlossen wurden, verstärkte die Entwicklung der Mietgeschäftstätigkeit mit Baumaschinen und Geräten. Im Bereich der Betonschalungen und Gerüste führte dies schließlich auch zu einer noch deutlicheren Ausbildung und Abgrenzung von Schalungs- und Gerüstsystemen. Der Anteil von systemübergreifenden, herstellerunabhängigen Komponenten und systemfreien Schalungsarten ging, zumindest im allgemeinen Hochbau, deutlich zurück. Darum entfallen in diesem Abschnitt des Buches gegenüber den ersten beiden Auflagen (1980 und 1997) mehrere Beispielermittlungen für manuelle Schalungen aus losen Kanthölzern bzw. Trägern. Demgegenüber werden hier intensiver die Kostenermittlungen von Systemschalungen betrachtet. Nicht erfasst sind wegen des Umfangs des Buchs:

- Trägerschalungen mit Trapezblechen,
- baukastenartige Systemsätze für den Ingenieurbau,
- ankerlose Ring-Zug-Systeme und andere Spezialverfahren,
- Einweg-Schalungen für runde Bauteile und Freiformen,
- GF-Umsetz- und Fahrschalungen.

Bezogen auf die Gerätekosten sollen hier nicht Rezepte für alle möglichen Schalungsaufgaben gelistet werden, sondern exemplarisch technisch-kalkulatorische Strukturen dargestellt werden.

8. Geräte und Stoffkosten

Die in den nachfolgenden Tabellen aufgeführten Mengen an Systemteilen bzw. Einzelteilen dienen auch zur besseren Findung des Lohnaufwandes insbesondere für das 6-M-T Prinzip (siehe Kapitel 7.10). Nur bei Universalschalungen (Abb. 8-1 und 8-2) findet dieses Prinzip keine Anwendung, da die verwendeten Materialdimensionen (Materialstärken) und -längen zu unterschiedlich sein können, als dass allgemeingültige Faktoren für Teile je Flächeneinheit festgelegt werden könnten.

Die verwendeten Beschaffungskosten (Material- und Gerätepreise) wurden zu Beginn des Jahres 2012 aufgenommen, die Abschreibungs- und Reparaturwerte sind an den vorgegebenen Faktoren der BGL 2007 orientiert. Die Kostenermittlungen in den nachfolgenden Abbildungen entsprechen dem Aufwand der Bauwerkskategorie 1 bis 3. Spezialschalungen und Schalungen der Bauwerkskategorie 4 bedürfen stets einer besonderen Kalkulation.

8.1 Systematik und Grundlagen

Für die Darstellung der Kosten von Betonschalungen werden, über alle Systeme und Schalungsarten hinweg, drei Arten von Gütern unterschieden:

- **Geräte.** Langlebige und in der Regel hochwertige Güter, deren Anschaffungskosten gemäß BGL 2007 über Abschreibungssätze und Faktoren für Reparaturen auf die einzelnen Schalungseinsätze und damit geschalteten Flächen verteilt werden.
- **Materialien.** Sie werden ein- bis mehrfach bei Schalungseinsätzen gebraucht. Die Anschaffungskosten werden über prozentuale Abschreibung je Einsatz umgelegt.
- **Verbrauchsstoffe.** Sie sind als Einwegstoffe für jeden Einsatz neu zu beschaffen, zum Beispiel Trennmittel und Hüllrohre für Schalungsanker.

Die angeführten Beispiele sollen helfen, eine realistische Basis für Kalkulationswerte zu bilden. Zur Vereinfachung und zur analogen Bewertung der Systeme wird für Abschreibung und Verzinsung ein mittlerer Satz von 3% pro Monat und für die Reparatur 1,8% pro Monat angesetzt, gleich ob die Bereitstellung von den Bauunternehmen selbst oder von Schalungslieferanten erfolgt. Die Neuwerte der Geräte in den angeführten Beispielen wurden nicht der BGL 2007, sondern den Preislisten 2012 der Hersteller entnommen. Rabatte etc. bleiben davon ausgenommen.

Für die in den Abbildungen 8-1 bis 8-10 ermittelten Beispiele sind anhand der gewählten Methoden nur solche dargestellt, bei denen signifikante Unterschiede innerhalb der Betonkonstruktionen oder in den Geräte- und / bzw. Materialanteilen erkennbar sind. Beispiele für Stützen, Fundamente und sonstige Formen bleiben ausgenommen, weil auch hier der Anwendungsbereich einerseits zu vielfältig und andererseits bezogen auf die Gesamtmenge relativ sekundär erscheint.

Die gewählten Konstruktionsformen betreffen zum einen Normwandformen in Höhen von 2,65 und 3,25 m sowie zum anderen raum- oder schachtartige Wandbauteile in Höhen bis 2,65 m.

Hierbei wird der Unterschied der Systemmengen (Einzelteile) und deren Anschaffungskosten entsprechend der gewählten Methode differenziert ausgewiesen und deren Abschreibungswert je m² eingeschalteter Fläche betrachtet.

Als Grundlage der System- und Methodenbewertung werden einheitlich 10 Kalendertage angesetzt. Dies ist die Summe der Tage für einen Einsatz („ein Mal am Beton“) einschließlich der Zeiten, in der die Schalung nicht im Einsatz ist, genannt „Liegetage“. Die hier gewählte Anzahl von 10 Tagen entspricht einem konservativen, jedoch realistischen Wert.

Durch den zunehmenden Einsatz von Schalungs- und Rüstgeräten sowie den verstärkten Rückgang der kurzlebigen Schalungsmaterialien hat sich zwangsläufig der Abschreibungsanteil in Richtung der Gerätekomponenten verschoben. Abbildung 8-15 zeigt grafisch den relativen Anteil der Güter und der sonstigen Kostenanteile auf.

8.2 Lose-Kantholz-Wandschalungen

Sie gehören zu den Universalschalungen, Methode 5.1.1, also Schalungen für vertikale Bauteile, die aus losen Kanthölzern und Schalungsplatten montiert sind und bei denen die Durchbindung mittels Spanndraht vom Durchmesser 8 bis 12 mm respektive mittels Ankerstab erfolgt. Diese werden nach wie vor benötigt und eingesetzt:

- bei Bauten, deren Schalungsanteil so gering ist, dass der Einsatz von Systemschalungen unwirtschaftlich erscheint,

**Wandschalung aus losen Kanthölzern, Schalungsplatten und Spanndraht, z. B. h=3,25m / d=30cm
als Beispiel für Universalschalungen (5.1.1) (ohne Schalungsabbildung)**

Pos.	Menge einschl. Verlust je m ²	Einheit	Bezeichnung	Anschaffungskosten 2012 in EUR (***)		Gewicht in kg		Material- und Einmalkosten Abschreibung je Einsatz (*)	
				je Einheit	je m ²	je Einheit	je m ²	%	EUR/m ²
1	0,036	m ³	Kantholz 8/10 vertikal und horizontal	210,00	7,60	600,00	21,60	15	1,14
2	0,300	m ²	Brettmaterial (für klassischen Einsatz als "Durchbohrungsbretter")	5,00	1,50	12,00	3,60	30	0,45
3	0,800	m ²	Schalungsplatten 50/150	11,00	8,80	12,00	9,60	10	0,88
4	3,00	m	Spanndraht Durchmesser 8 mm	0,55	1,65	0,40	1,20	30	0,50
5	3	Stück	Spannschlösser	4,00	12	0,47	1,41	10	1,20
6			Trennmittel, Verbindungsmittel, Hüllrohre, Konen etc.				1,00	100	1,50
7		kg	Gerüst- und Richtmaterial		25,00		5,00	10	2,50
Gesamt, bezogen auf m² Schalungsfläche					57		43		
Gesamt, bezogen auf m² geschalte Fläche (**)									8,20

(*) ist je nach Einsatzbedingungen anzupassen (**) ohne Vormontage (***) mittlere Marktpreise

Abb. 8-1: Materialkostenstruktur einer Wandschalung als Lose-Kantholz-Schalung

8. Geräte und Stoffkosten

- bei Bauteilen, die vor Inbetriebnahme/Verfügbarkeit von Hebezeugen herzustellen sind, wie Kranfundamente, Gruben, wenn ansonsten nur schweres, kranabhängiges Schalungsgerät zum Einsatz kommt,
- bei sonstigen Bauten, wo der Einsatz von Systemschalungsgerät aufgrund der Geometrie, der Kranbedienbarkeit, der Einsatzhäufigkeit oder anderer Kosten- bzw. personalbedingter Gründe nicht in Frage kommt,
- als Lösung für Beischal- und Ausgleichsflächen und Sonderkonstruktionen (z. B. gebogene/gerundete Baukörper).

Die Einsatztage und „Liegetage“ spielen bei der Kantholzmethod in Abbildung 8-1 praktisch keine Rolle, da zeitabhängigen Geräte- und Reparaturkosten nicht anfallen. Entscheidend für deren Abschreibung sind die Einsatzhäufigkeit und möglicher Totalverlust einzelner Materialien. Das Beispiel Abbildung 8-1 endet mit Anschaffungskosten in Höhe von knapp 60 €/m² sowie Abschreibungskosten in Höhe von gut 8 €/m² geschalte Fläche.

Wichtig sind den Verfassern folgende Hinweise:

- Die angesetzten Abschreibungsfaktoren sind kritisch zu betrachten: Wenn Kanthölzer nicht, wie hier angenommen, sechs- bis siebenfach (Abschreibung 15%) eingesetzt werden können, die Schalungsplatten nicht im Schnitt zehnfach zum Einsatz kommen (Abschreibung 10%), der Spanndraht nicht gut drei Mal eingesetzt wird (Abschreibung 30%), bleiben zwar die Anschaffungskosten gleich, jedoch ändern sich die Kosten bezogen auf die geschalte Fläche erheblich.
- Die geringen Investitionskosten für die Materialien stehen für Schalungsarbeiten, die hierzulande ausgeführt werden, in keiner Relation zu den Gesamtkosten für die herzustellenden Betonflächen. Es wird auf die vorhergehenden Kapitel zur Ermittlung der Stundenanteile verwiesen. Die Anwendung des Sechs-Minuten-pro-Teil Prinzips (6-M-T) kann hier keine Anwendung finden. Dieses Universalverfahren ist (fast immer) auf der Baustelle lohnintensiver, da die Schalung vor Ort aus Einzelteilen hergestellt wird. Die Komponenten sind einzeln vorzubereiten und weitere

Leistungsanteile, wie die Reinigung, Demontage oder Paketierung stets aufwendiger als bei Systemschalungen.

Da der Verschleiß deutlich höher als bei Systemschalungen ist, erübrigt sich zumeist auch die Frage einer Rücklieferung an den Schalungshof respektive an den Lieferanten. Die Kosten für Schlussreinigung, Laden und Rücktransport sowie für die Aufbereitung zur Weiterverwendung geben zumeist den Ausschlag, die Materialien anschließend zu entsorgen.

Fazit: Lose-Kantholz-Schalungen sind heute aus Gründen der Gesamtkosten und der Nachhaltigkeit (Ressourcenschonung) in der Regel nur ersatzweise verwendbar.

8.3 Lose-Träger-Schalungen

In Abgrenzung zu den Lose-Kantholz-Schalungen gestaltet sich die Anwendung von Lose-Träger-Schalungen respektive vorgefertigter Trägerschalungen für vertikale Bauteile differenzierter. Die Einsatzmöglichkeiten solcher Trägerschalungen, gebaut aus Schalungsträgern, Stahlgurten 2 x U100 oder Kanthölzern und Schalungstafeln, liegen sowohl im Bereich der Universalschalungen – hier gilt die oben aufgeführte Liste der Einsatzmöglichkeiten der Losen-Kantholz-Schalungen gleichermaßen – als auch im Bereich der objektgefertigten Sonderschalungen. Es reicht von kranunabhängigen Schalungen für z. B. Beischal- und Ausgleichsflächen bis hin zu Sonderkonstruktionen, etwa zur Herstellung von in Serie herzustellenden Bauteilen und besonders zur Sichtbetonherstellung.

Die hierfür angeführte Abbildung 8-2 ist als Beispiel zu betrachten. Insbesondere schlägt sich im Ergebnis – Kosten je Quadratmeter geschalte Fläche – die gewählte Zahl der Einsatztage + „Liegetage“ nieder. In dieser wie in den anderen Tabellen des Kapitels wurde der preishebende Faktor für den Überstand der Schalung vernachlässigt. Dies ist zwar, je nach Betrachtungsweise, formal nicht korrekt; er liegt bei circa 3%. Da andere, hier getroffene Preis- und Kostenfaktoren sowie die vorstehend erwähnten Einsatz- und Liegetage in der Praxis einer erheblich größeren Schwankungsbreite unterliegen, ist dieser Ansatz vernachlässigbar.

9. Nachkalkulationsanalysen

9.0 Einführung

In Kapitel 9 werden die Angaben aus den vorangegangenen Kapiteln, insbesondere aus den Kapiteln 5, 6 und 7, durch einige Beispiele aus durchgeführten Nachkalkulationsanalysen belegt. Als Beispiele sind hierfür ein zum Tiefbau zugehöriger U-Bahn-Streckenabschnitt sowie ein Hochbauobjekt ausgewählt worden, beide gebaut Anfang 1980, die zur Bauwerkskategorie 2 gehören.

9.1 Nachkalkulations-Analyse einer vertikalen Großflächen-Fahrschalung

Bei einer U-Bahnstrecke von 23 etwa gleich langen und im Querschnitt identischen Abschnitten wurden für die einseitig zu schalenden Wände vertikale Großflächen-Fahrschalungen gemäß Methode 5.3.4 eingesetzt. Der Frischbetondruck auf diese lotrechten einseitigen (einhäuptigen) Wandschalungen mit schweren Schalungsträgern, die eine große Spannweite zu überbrücken hatten, konnte durch am Fuß angeordnete und vorweg in der Sohlenaufkantung einbetonierte sowie durch am Kopf des Verbaus angeschweißte Anker aufgenommen werden.

Für den Längstransport dieser Schalungen wurde eine eigens dafür konstruierte Fahrlafette eingesetzt, welche die einzelnen Elemente eines Abschnittes jeweils um einen bzw. zwei Abschnitte weiter zu bewegen hatte (kranunabhängig). Zu erwähnen dabei ist der hohe Aufwand für die Stirnschalungen, der mit in die Nachkalkulation einbezogen ist. Abbildung 9-1 zeigt schematisiert das Konstruktionsprinzip und die Verfahrensweise der gewählten Großflächenwand- und Deckenschalung.

In Abbildung 9-2 sind die mit dieser Großflächen-Fahrschalung erzielten Stundenleistungen in der Einheit je m² abgerechnete Schalungsfläche aufgetragen. Parallel zum Ist-Aufwand ist in gestrichelter Darstellungsweise der empirische Einarbeitungsverlauf gemäß Abbildung 5-17 diesen Nachkalkulationswerten gegenübergestellt. Dabei fällt auf, dass für den ersten und zweiten Einsatz der Ist-Aufwand durch Einarbeitungsmehranteile erheblich höher liegt, als dies durch die dafür vergleichbare Kurve der Abbildung 5-17 zum Ausdruck kommt. Dies liegt ursächlich in einigen anfänglichen technischen Problemen begründet, insbesondere in der Veran-

kerung. Vom 3. Einsatz an zeigt sich der Verlauf der Ist-Stundenleistungen dann dem Trend dieser Einarbeitungskurve in etwa identisch. Dass ein aus Nachkalkulations-Werten gebildetes Diagramm nie so wohlgeformt sein kann, wie das der optimierten Kurve in der Abbildung 5-17, bedarf keiner besonderen Erklärung. Die Ist-Zeiten bzw. erzielten Stundenergebnisse sind die reinen Ausführungsstunden, also ohne Zeitakkord-Randstunden sowie Vorfertigungsanteile, und daher nicht ohne weiteres zu vergleichen mit Ausführungsrichtwerten. Werden Akkordzuschläge vereinbart, dann zumeist in Stundenanteilen.

Im vorliegenden Fall wurde hierfür ein angemessener Stundenanteil sowie Randstunden- und Vorfertigungsanteile den Haupt- und Nebenleistungen einschließlich weiterer Zulagen hinzugefügt. Der hier kumuliert dargestellte Kalkulationsrichtwert bei ca. 22 Einsätzen kann als Beleg für die Richtigkeit der Aussage herangezogen werden, dass es notwendig ist, den Stundenaufwand der Haupt- und Nebenleistungen ab dem 10. Einsatz – das heißt nach Einarbeitung – mit doppeltem Wert anzusetzen (mit 2 zu multiplizieren). Dies ist zwar eine nicht immer zutreffende Grobformel, die aber doch bei Großflächen-Schalungen mit circa 10 und mehr Einsätzen oft brauchbare Werte liefert.

9.2 Nachkalkulations-Analyse einer horizontalen Großflächen-Fahrschalung

Die Angaben zur vertikalen Großflächen-Fahrschalung gelten analog für die in Abbildung 9-1 dargestellte horizontale Großflächen-Fahrschalung (Methode 5.3.4). Diese fahrbaren großflächigen Deckentische mit ca. 5,00 m Höhe hatten zur Aufgabe, die Einwirkungen aus Eigenlast und aus dem Betonierbetrieb einer mehr als 50 cm starken Stahlbetondecke auf die Betonsohle abzutragen. Die Deckentische sind von der Schalfläche her wirtschaftlich ausgelegt und demzufolge können auch zielgerechte Werte erreicht werden. Ohne die aufwendigen Stirnabschalungen in die Nachkalkulation mit einzu beziehen, würde das Ergebnis günstiger aussehen. Dies gilt allerdings für alle Arten von Großflächen-Schalungen (vergleiche auch Abbildung 7-19).

In Abbildung 9-3 spiegeln sich ähnliche Ergebnisse wider, wie sie in Abbildung 9-2 erkennbar sind. Der