

**Bauhaus-Universität Weimar
Fakultät Bauingenieurwesen
Professur Baubetrieb und Bauverfahren**

Thema:

Untersuchung zum effizienten Schalungseinsatz bei häufig vorkommenden Sonderaufgaben im Hochbau

Wissenschaftsgebiet: Baubetriebswesen

Name: Matthias Schurig
geb. am 01.05.1973 in Riesa

Matrikelnummer 11372

Betreuung der Arbeit

Erstprüfer: Prof. Dr.-Ing. Bargstädt M.Sc.
Zweitprüfer: Dipl.-Ing. T. Teichgräber
Dipl.-Ing. T. Kath

Bauhaus-Universität Weimar
Fakultät Bauingenieurwesen
Professur Baubetrieb und Bauverfahren

Aufgabenstellung zur Masterarbeit

Reg.-Nr. MBM/BM/IUM/200 /

Name: Matthias Schurig
geb. am 01.05.1973 in Riesa

Matrikelnummer 11372

Thema:

Wissenschaftsgebiet: Baubetriebswesen

Betreuung der Arbeit

Erstprüfer: Prof. Dr.-Ing. Bargstädt M.Sc.
Zweitprüfer: Dipl.-Ing. T. Teichgräber
Dipl.-Ing. T. Kath

Ausgabedatum: 20. 12. 2004

Abgabedatum: 14. 03. 2005

Prof. Dr.-Ing. Rautenstrauch
Vorsitzender des Prüfungsausschusses

Untersuchung zum effizienten Schalungseinsatz bei häufig vorkommenden Sonderaufgaben im Hochbau

Erläuterung

Der effiziente Schalungseinsatz auf der Baustelle hat einen wesentlichen Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit einer Baumaßnahme. Für die Erstellung eines Bauteils sind in der Regel mehrere alternative Schalungslösungen möglich, so auch für besondere Schalungsaufgaben oder -details. Für diese Sonderaufgaben werden von den Schalungsherstellern in Ergänzung zu den Schalungssystemen Sonderschalungen bzw. -zubehörteile angeboten, mit denen diese individuellen Schalarbeiten besonders günstig ausgeführt werden können. Jedoch muss der Bauunternehmer stets abwägen, ob der mit erhöhten Kosten für die Schalungsbereitstellung verbundene Technologievorteil wirklich wirtschaftlich ist und durch Zeiteinsparungen bei der Ausführung wieder eingespielt werden kann. Häufig lassen sich Zeit und Kosten auch durch andere Lösungen ohne Mitwirkung der Schalungsanbieter, z.B. durch örtlich angefertigte Schalung oder Substitutionen durch andere Ausführungen noch einfacher sparen. Aus diesem und anderen Gründen existieren auf Baustellen weiterhin singuläre Lösungen, die, aufbauend auf den Erfahrungen des Bauunternehmers und seiner Mannschaft, für die jeweilige Baumaßnahme ein Optimum darstellen können.

Im Rahmen dieser Masterarbeit soll in Zusammenarbeit mit einem Praxispartner eine strukturierte Auswertung zum effektiven Schalungseinsatz und zur Verbesserung der Wettbewerbfähigkeit durchgeführt werden. Anlehnend an ein konkretes Bauvorhaben sollen in parametrisierter Form mögliche Varianten und kreative Alternativen „im Kleinen“ aufbereitet und durchgespielt werden. Hierfür sind, aufbauend auf bereits durchgeführten Voruntersuchungen des Praxispartners, ein Ideenkatalog und ein Bewertungssystem für einen wirtschaftlich und technisch effektiven Schalungseinsatz zu entwickeln.

Aufgabenstellung

Untersuchung zu Lösungskonzepten, Entwicklungen und Optimierungsmöglichkeiten im Sonderschalungsbau für den Baustelleneinsatz

Darstellung und Diskussion der Sonderschalungslösung für die untersuchte Bau-
maßnahme

Untersuchung und Entwicklung von Planungskriterien und -strategien für eine effi-
ziente Anwendung von Sonderschalungen auf der Baustelle

Untersuchung zur Optimierung der Vorhaltemengen für die Reduzierung oder Ver-
meidung von Sonderschalungslösungen

Verifikation des entwickelten Lösungskonzeptes an Beispielen der untersuchten
Baufgabe

Zusammenstellung der Arbeit

Aufgabenstellung

Titelblatt

Inhaltsverzeichnis

ggf. Verzeichnis der verwendeten Abkürzungen, Symbole u. ä.

Textteil

Verzeichnisse (Quellen, Abbildungen, Tafeln, Tabellen, Zeichnungen)

Anlagen

Selbstständigkeitserklärung

Thesen

Für das Prüfungsverfahren gilt die aktuell zutreffende Prüfungsordnung der Bauhaus-
Universität Weimar, Fakultät Bauingenieurwesen.

Zum Abgabetermin sind

- 2 Exemplare der Arbeit (einschl. Anlagen) in gedruckter Fassung
- 1 Exemplar der Arbeit auf elektronischem Datenträger (vorzugsweise auf CD),
einschl. Vorlagen für die Gestaltung einer Schautafel und Einstellung in das
Internet
- 2 Exemplare der Thesen (eins davon als Bestandteil der Arbeit)
- 2 Exemplare des Erfassungsbelegs

zu übergeben.

Organisatorische Hinweise:

Eine zwischenzeitliche Beratung an der Professur für Baubetrieb und Bauverfahren über den Weg und den Fortgang der Arbeit ist ausdrücklich erwünscht. Es sind mindestens zwei Konsultationen wahrzunehmen (Pflichtkonsultationen).

Internet-Fundstellen können, sofern sie einer glaubwürdigen Quelle entstammen, verwendet werden. Hierbei ist die jeweilige Internet-Seite mit kompletter Angabe des Pfades und mit Datum des letzten Aufrufs als Link (<http://www...>) im Quellenverzeichnis anzuführen.

Weimar, den Prof. Dr.-Ing. H.-J. Bargstädt M.Sc.

Verteiler: Student
Zweitprüfer
Ablage Professur (633)

Inhaltsverzeichnis

AUFGABENSTELLUNG	2
INHALTSVERZEICHNIS	6
0. EINLEITUNG	8
1. VORBETRACHTUNGEN	12
1.1 Allgemeines	12
1.2 Schalverfahren	13
2. SCHALUNGSSYSTEME / SYSTEMSCHALUNGEN	16
2.1 Stützenschalungen	16
2.2 Wandschalungen	19
2.3 Deckenschalung	23
2.4 Sonderlösungen	27
3. VORRAUSSETZUNG UND KRITERIEN FÜR DEN EINSATZ VON SCHALVERFAHREN	33
3.1 Konstruktive Voraussetzungen	33
3.2 Betriebliche Voraussetzungen	35
3.3 Einsatzkriterien	36
4. KONZEPTE FÜR DEN EFFEKTIVEN EINSATZ VON SONDERSCHALUNGEN	39
4.1 Notwendigkeit von Sonderschalungen	39
4.2 Lösungsansätze / Ideen zum Einsatz von Sonderschalungen	43
4.3 Möglichkeiten der Betrachtung, Erfassung und Bewertung von Sonderschalungen	48
5. ZUSAMMENFASSUNG	60
Untersuchung zum effizienten Schalungseinsatz bei häufig vorkommenden Sonderaufgaben im Hochbau	6

ANLAGE	62
ABBILDUNGSVERZEICHNIS	70
LITERATURVERZEICHNIS	72
EMPFOHLENE LITERATUR	73
DANKSAGUNG	74

0. Einleitung

Eine Ortbetonbaustelle ist geprägt von den Arbeitsabläufen Schalungsbau, Bewehrungsfertigung und Betonieren. Etwa 30 % der Rohbaukosten entfallen auf die Scharbeiten und ca. 50 % der Gesamtlohnkosten sind Schalungslohnkosten.

Literatur 1 Bauer [1994] Baubetrieb 1

Aus diesem Grund gilt dem Schalungsbau auf der Suche nach Einsparungspotential besondere Aufmerksamkeit. Scharbeiten stellen somit den Leitprozess dar und beeinflussen den Bauablauf entscheidend.

Es besteht die Möglichkeit der Vorfertigung von Schalungseinheiten bzw. Verwendung vielfach einsetzbarer, seriell hergestellter Einzelteile. Diese bedeuten auf der Baustelle einen geringen Arbeitsaufwand, sicheres Arbeiten und minimale Investitionskosten.

Da bei der Verwendung von großflächiger Systemschalung nicht alle maßlichen Erfordernisse der Gebäudekonstruktion erfüllt werden können, sind von den Schalungssystemherstellern verschiedene Anschlüsse, Passstücke und einige Sonderlösungen entwickelt worden. Deren Einsatz auf der Baustelle ist allerdings momentan noch recht selten, da die Vorteile dieser Lösungen nicht einer ganzheitlichen Betrachtung unterzogen werden. Der reine Mietschalungspreis schreckt viele Baufirmen bisher noch ab. Dieser ist aber nicht das entscheidende Kriterium für einen wirtschaftlichen Einsatz von Schalungssystemen.

Die Optimierung von Stahlbetonarbeiten und insbesondere Scharbeiten auf der Baustelle wurde in der Vergangenheit schon vielfältig untersucht. Umfangreiche Veröffentlichungen von Dipl.-Ing. Dr. Hofstadler zeigen die Komplexität der Einflüsse und die Steuerung dieser über Regelkreise. Unter diesen Regelkreisen versteht man einen in sich geschlossenen Informationskreislauf und die Regelung von Einflussgrößen, bei Verfehlung der Sollwerte.

Literatur 2 Hofstadler [2002] Optimierung von Stahlbetonarbeiten über Regelkreise ; Bauwirtschaft Ausg. 11

Damit erfolgt nicht die isolierte Betrachtung eines Einflusses, sondern die Wechselwirkung und dynamische Veränderung des Gesamtsystems.

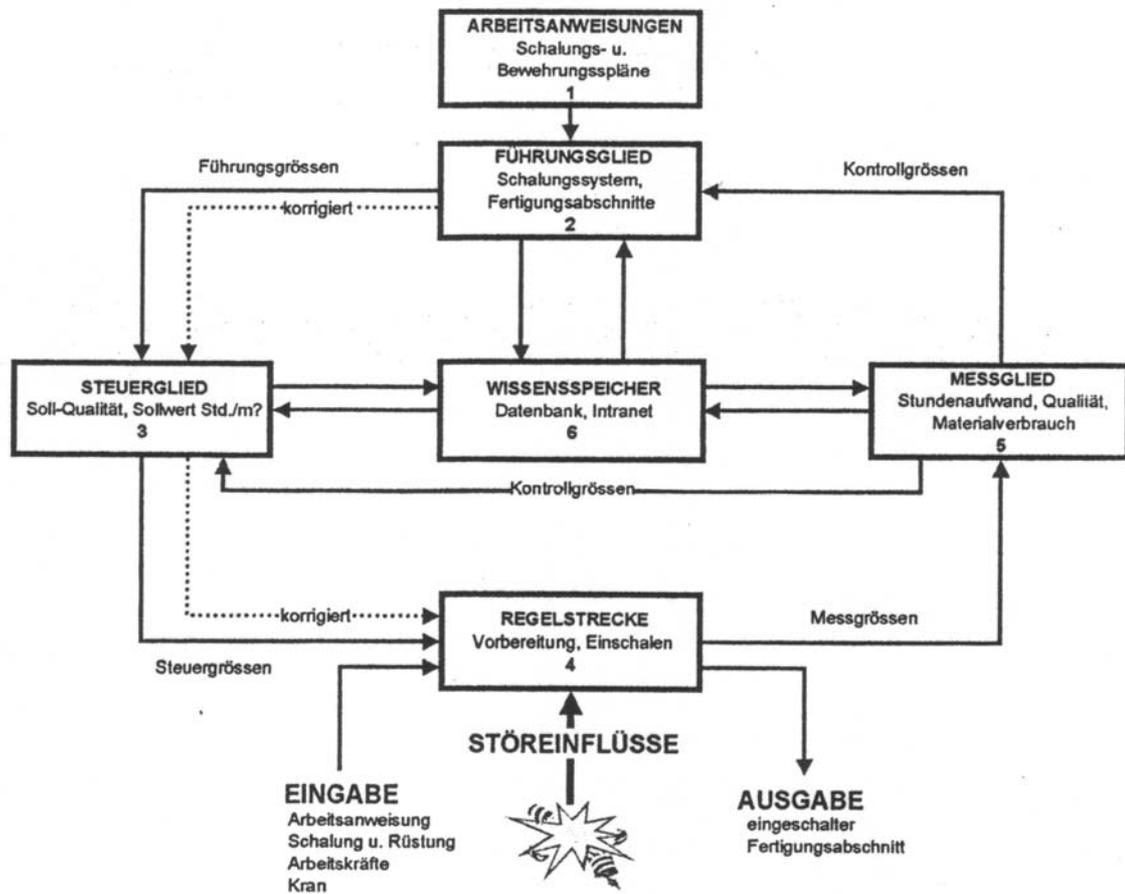


Abbildung 1 Regelkreis Schalarbeiten – siehe Literatur 1

Die möglichen Störeinflüsse auf das System sind allerdings sehr vielfältig. So können die Ursachen von Störungen in der Arbeitskraft (Anzahl), der Arbeitsanweisung (Eindeutigkeit), dem Arbeitsgegenstand, dem Arbeitsmittel (ungeeignet) liegen und somit innerbetrieblicher Natur sein.

Allein die Einflüsse bei der Arbeitskraft können zum Beispiel die Ausbildung, die Motivation und die Verfügbarkeit der Mitarbeiter sein.

Aber auch außerbetriebliche Einflüsse, die erst nach Baubeginn auftreten, können Ursachen für Störungen sein. Diese außerbetrieblichen Einflüsse sind zum Beispiel:

- Fehlerhafte oder unvollständige Leistungsbeschreibungen
- Verzögerte Freigabe des Bauraums
- Verspätet erteilte Baugenehmigung
- Planänderungen / Umplanungen während des Bauablaufes
- Änderungen des Bauablaufes

- Mengenänderungen
- Verspätete Planbeistellung
- Unvorhergesehene Bodenverhältnisse
- Terminänderungen
- Lieferverzug von notwendigen Materialien
- Einfluss durch Behörden

Literatur 3 Bauer [1994] Baubetrieb 2

Die Vielfalt der Einflüsse auf die Produktivität stellt Dipl.-Ing. Dr. Hofstadler in einer Übersicht graphisch in

Literatur 4 Hofstadler [2004] Bauablaufplanung-Interaktions-Diagramm zur Leistungsermittlung von Schalungsarbeiten für die Stahlbetonarbeiten ; Baumarkt Ausg.2 dar.

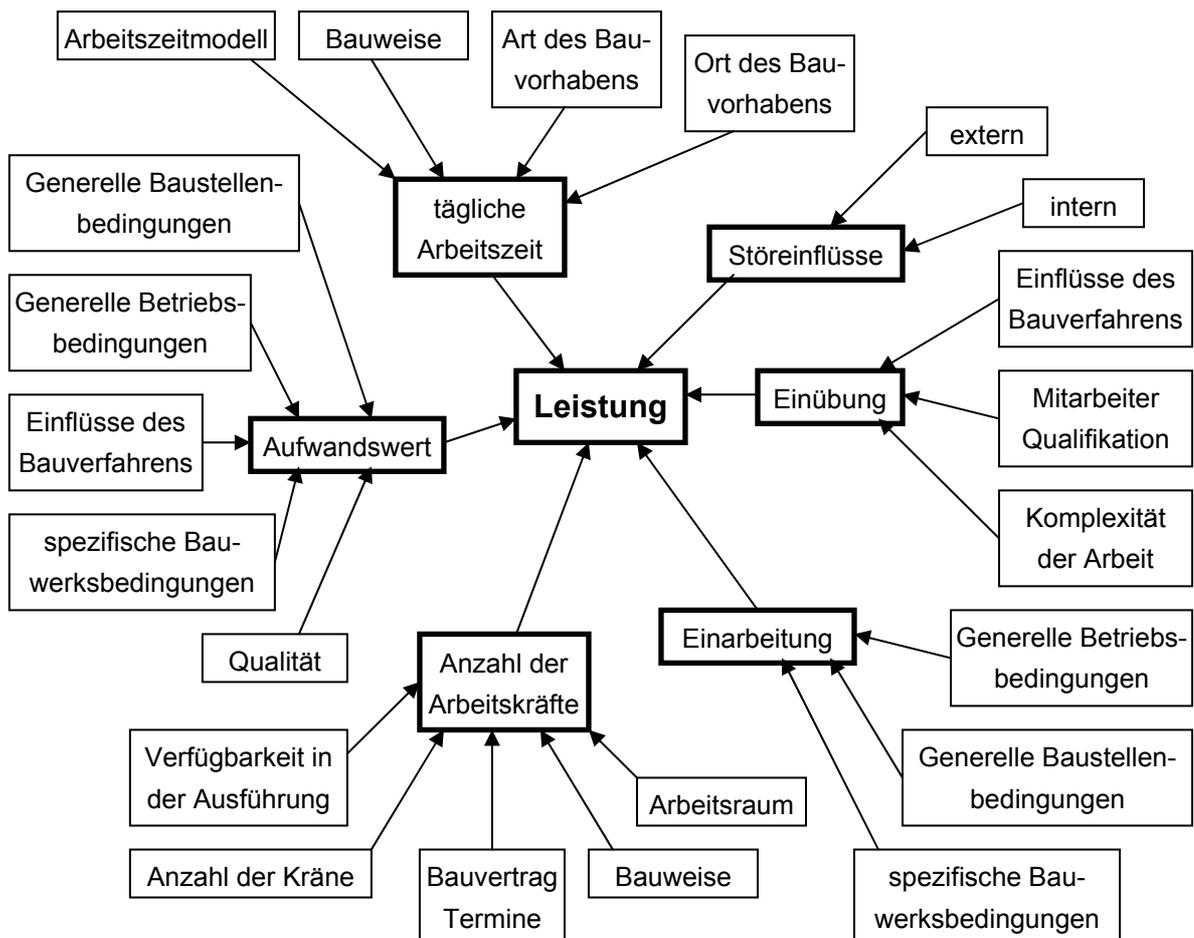


Abbildung 2 Einflüsse auf den Leistungswert

Um eine Bauablaufplanung überhaupt zu ermöglichen, wurden Diagramme aufgestellt, die Abhängigkeiten zwischen Aufwandswert, Anzahl der Arbeitskräfte, Arbeitszeiten, Leistung, Fertigungsabschnitten, Vorgangsdauer und Lohnstunden darstellen.

Diese Diagramme sind:

- Zusammenhang zwischen Größenordnung des Aufwandswertes, stündliche Leistung und Anzahl der Arbeitskräfte
- Zusammenhang zwischen täglicher Leistung, stündlicher Leistung und täglicher Arbeitszeit
- Zusammenhang zwischen täglicher Leistung, Fläche eines Fertigungsabschnittes und Dauer eines Vorgangs
- Zusammenhang zwischen der Größenordnung des Aufwandswertes, Fläche eines Fertigungsabschnittes und den Lohnstunden

Die Interaktion aller 4 Diagramme ermöglicht die Herstellung, Betrachtung und Analyse der baubetrieblichen Zusammenhänge. Ändert sich ein Ausgangswert, können die Einflüsse auf alle anderen Beziehungen modelliert werden.

Die vielschichtigen Zusammenhänge zeigen die Komplexität der Thematik. Um direkte Vergleiche zwischen Varianten durchführen zu können, sind Vereinfachungen in der Betrachtung und eine Fokussierung auf einzelne, maßgebende Einflussgrößen notwendig.

1. Vorbetrachtungen

1.1 Allgemeines

Die Aufgaben der Schalung bestehen in der Formgebung des Betons bis zur Erstarrung sowie Gewährleistung der Betonoberfläche und Maßgenauigkeit. Dazu gehört außerdem die sichere Aufnahme und Ableitung der während des Betonierens auftretenden Kräfte und Lasten, die Verwindungssteifigkeit der Elemente beim Ein- und Ausschalen und die Stabilität für mehrfachen Einsatz.

Der konstruktive Aufbau der Schalung besteht aus der Schalhaut, stützender Unterkonstruktion und Abstützung / Verankerung.

Die Schalhaut ist abhängig von Form und Zweck der Betonkonstruktion, der gewünschten Betonoberfläche und Anzahl der Einsätze. Die Vielfalt der Schalungsarten ist enorm und kann in Massivholz, Holzwerkstoffen, Metall, Kunststoff, Gummi, Pappe usw. unterschieden werden.

Eine Auswahl von Schalungsarten mit dazu gehöriger möglicher Verwendungshäufigkeit ist:

- Schwarten aus Tanne oder Fichte (2-3x)
- Brettschalung aus Tanne oder Fichte (4-5x)
- Brett-Platten Schalung aus imprägnierter Tanne oder Fichte (bis 50x)
- Sperrholz beharzt (bis 30x)
- Sperrholz befilmt
- Sperrholz polyesterbeschichtet (bis 100x)
- Schichtstoffplatten (80-100x)
- Polysulfid-Schalung (30-50x)
- Gummischalung für strukturierten Sichtbeton (bis 50x)
- Polystyrolschalung für strukturierten Beton oder Aussparungen (1-5x)
- Stahlschalung (bis 500x)
- Stahlblechwickelrohre für Sichtbeton (1x)
- Pappschalung beschichtet (1x)

Holz ist dabei sehr anpassungsfähig, besitzt ein geringes Gewicht, ist leicht zu verarbeiten, verursacht im Einkauf geringe Kosten – aber hat einen hohen Lohnaufwand für Facharbeiter. Die geringe Wiederverwendbarkeit von Holz kann mit Beschichtungen gesteigert werden.

Stahlschalung ist weitestgehend starr, schwer, hoch beanspruchbar, besitzt fast unbegrenzte Wiederverwendung und verursacht sehr hohe Investitionskosten.

Die Unterkonstruktion nimmt die auftretenden Kräfte auf. Die Ausführung ist abhängig vom Schalungsdruck, Schalhaut und den Abmessungen des Schalelemen-

tes. Als Unterkonstruktion kommen Kanthölzer, Schalungsträger und Gurtungen oder Rahmenschalungen zur Anwendung.

Die direkten Träger der Schalung können Kanthölzer, gelemte Holzwollwand- und Fachwerkträger, Stahlprofile, Stahlschalungsträger oder Stahlfachwerkträger sein.

Rahmenschalungen bestehen aus leichten Paneelen in wenigen Standardabmessungen mit leichten Stahl- oder Aluminiumträgern.

1.2 Schalverfahren

Die für Ortbeton erforderliche Schalung ist sehr lohnintensiv und hat daher großen Anteil an den Gesamtkosten der Betonarbeiten. Möglichst häufiger und taktmäßiger Einsatz der Schalung und Rüstung bestimmt den wirtschaftlichen Erfolg einer Ortbetonbaustelle.

Durch hohe Lohnkosten in Deutschland muss der Arbeitsaufwand für Schalarbeiten optimiert und möglichst gering gehalten werden. Diesem Umstand Rechnung tragend, wurden vorgefertigte Schalungssysteme entwickelt, die vielseitig und produktunabhängig einsetzbar sind und mit minimalem Arbeitsaufwand montiert und umgesetzt werden können. Diese Schalungssysteme werden als Systemschalung bezeichnet.

Es wurden in den vergangenen Jahren immer größere Schalungselemente entwickelt, um den spezifischen Stundenaufwand je m² Schalung weiter zu senken.

Durch spezielle Anforderungen haben sich Schalungssysteme für

- Stützen
- Wände (einhäufig, zweihäufig)
- Decken
- Fundamente
- Unterzüge/Balken
- Tunnel- (Raum-) Schalungen
- Brückenschalungen
- Klettersysteme
- Türaussparungen
- Sonderlösungen und Mischbauweisen für Behälter, Rundschalungen, Schachtschalungen

entwickelt.

Der Einfluss der produktabhängigen Bauteilgeometrie und der damit verbundene Aufwandswert der Schalung werden qualitativ in der

Literatur 5 Krampert [1986] Der Einfluss von Arbeitseinsatz und Arbeitstakt auf die Kosten von Hochbauten in Ortbeton

betrachtet. Die Wandschalung bis 3 Meter Höhe wird dabei als Aufwand von 100% gesetzt. Eine Bodenplatte wird mit 60% eingestuft, Balken und Unterzüge mit ca. 150%, gerade Treppen mit ca. 200% und gewendelte Treppen mit ca. 300% an Schalungsaufwand.

Das größte Potential an Kosteneinsparung beim Schalungsbau besteht in der Arbeitsvorbereitung. Mit dem Einteilen eines Gebäudes in Fertigungsabschnitte und dem Aufbau eines Fertigungsmodells kann die notwendige Vorhaltemenge an Schalung optimiert werden.

Bei den koordinierten Fertigungsverfahren kann zwischen Takt- und Fließfertigung unterschieden werden. Große Hochbauprojekte, wie Hotels, Krankenhäuser, Schulen, Wohngebäude, Industriehallen und Parkhäuser lassen sich meist in etwa gleich große, sich wiederholende Bauabschnitte einteilen. Diese Bauabschnitte können sowohl durch Etagen als auch in einer Ebene eines Geschosses ausgebildet werden. Die Taktzeit ist dabei die Dauer eines Teilvorganges im Herstellungsprozess, die durch eine Arbeitsgruppe für die Verrichtung ihrer Aufgabe benötigt wird.

Bei der Taktfertigung werden meist von einer Arbeitsgruppe alle Tätigkeiten im Herstellungsprozess verrichtet. Mit der Fertigstellung eines Bauabschnittes wechselt die gesamte Gruppe in den nächsten Bauabschnitt. Das optimale Ablaufmodell der Fertigung ist der (theoretische) Idealfall der Fließfertigung. Dabei verrichtet eine Arbeitsgruppe immer dieselbe Tätigkeit. Es gibt also eine Kolonne für Schalungsarbeiten, eine für das Verlegen der Bewehrung und eine für die Betonarbeiten. Mit der Ablaufplanung sollten etwa gleich lange Taktzeiten für alle Teilprozesse angestrebt werden. Das kann durch unterschiedliche Arbeitskräfteanzahl pro Aufgabe, unterschiedliche Arbeitszeiten, Auswahl des Schalungssystems, Größe der Takte usw. gesteuert werden. Der Leitprozess ist dabei meist der Schalungsbau, da dieser am aufwendigsten ist.

Beim Modell der Fließfertigung wird also eine Arbeitsgruppe nach Fertigstellung ihrer Tätigkeit in einem Abschnitt sofort in den nächsten wechseln. Die Vermeidung von Verzögerungen stellt dabei große Anforderungen an die Ablaufplanung. Der Vorteil der Fließfertigung besteht in der Erreichung einer minimalen Bauzeit, verbunden mit der minimalen Vorhaltemenge an Schalung und damit auch minimalen Kosten. Nachteilig ist die zeitliche Abhängigkeit von Vorgängen bei Störungen im Bauablauf. Eine Verzögerung in einem Prozess wirkt sich sehr schnell auf die nachfolgenden Abläufe aus.

Die zeitliche und Kosten beeinflussende Optimierung bei Fertigungsverfahren wird von Dipl.-Ing. Dr. techn. Hofstadler in seiner Dissertation ausführlich untersucht.

Literatur 6 Hofstadler [1999] Dissertation

Die Anwendung der Fließfertigung ist (abhängig von der Konstruktion des Gebäudes) theoretisch bei jeder Baustelle möglich. Voraussetzungen dafür sind natürlich ein störungsfreier Bauablauf ohne Witterungseinflüsse und ohne Behinderung durch vorausgehende Gewerke, eine abgeschlossene Planung der Bauausführung ohne Veränderungen während der Errichtung und ein ausreichender Planungsvorlauf um die Arbeitsvorbereitung entsprechend durchführen zu können. Die Praxis zeigt allerdings, dass diese Voraussetzungen kaum erreichbar sind und so liegen die Steuerung des Ablaufes und die Reaktion auf Störungen aller Art in der besonderen Verantwortung der Bauleitung.

2. Schalungssysteme / Systemschalungen

2.1 Stützenschalungen

Je nach Anforderungen, Abmessungen, geometrischen Formen und verfügbaren Schalelementen kommen verschiedene Systeme zur Anwendung.

Für einfache quadratische oder rechteckige Formen werden Universalelemente einer Stahlrahmenschalung windmühlenförmig miteinander verbunden. Damit können Stützen meist im 5 cm Raster hergestellt werden. Beim Umsetzen der Schalung werden nur 2 Verbindungen gelöst, so dass 2 Winkelemente mit einem Kran umgesetzt werden können.



Abbildung 3 Framax Universalelemente; Doka Katalog

Speziell für eckige Stützen existieren auch Stützenschalungen mit Klappmechanismus (Doka Stützenschalung KS).

Literatur 7 Doka Werksunterlagen

Diese ermöglichen sehr schnelle Umrüstzeiten durch einfaches Zu- und Aufklappen der Elemente und nur einem Kraneinsatz.

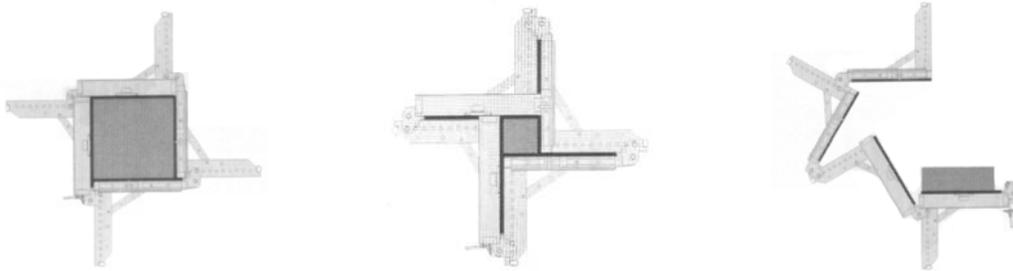


Abbildung 4 Doka Stützenschalung KS , Katalog Doka

Für Stützen nach Maß mit verschiedenen Querschnittsformen werden Trägerschalungen mit Stahlzwingen verbunden. Damit können Querschnitte bis 1,2 x 1,2 m geschalt werden. Auch Vieleck- und Kreisgrundrisse lassen sich über diese Variante schalen.

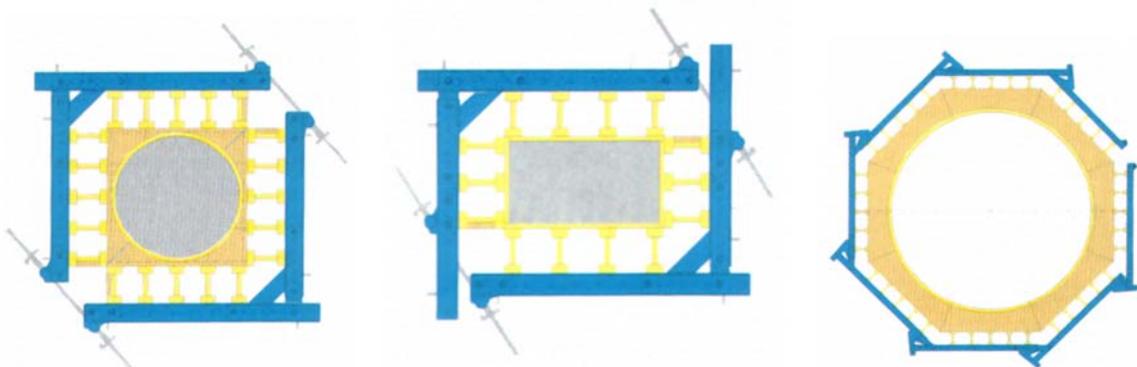


Abbildung 5 Trägerschalung Katalog Doka

Für besondere Ansprüche an die Betonoberfläche gibt es Stützenschalungen als unbelegte Rahmenschalung. Diese können mit beliebiger Schalhaut versehen werden und ermöglichen eine stufenlose Grundrissauswahl. Über Eckverbinder werden die Rahmen miteinander verspannt.

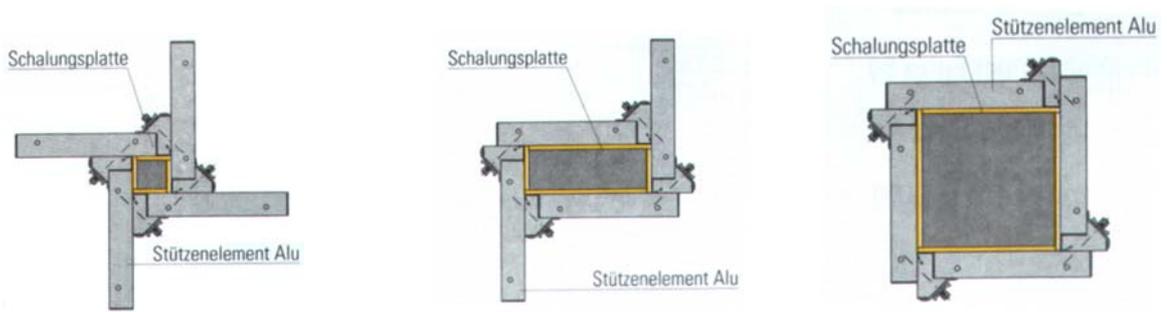


Abbildung 6 unbelegte Rahmenschalung, Katalog Doka

Für das Einschalen von Rundstützen existieren Stahlformen als Schalung. Diese bestehen aus 2 Halbschalen mit definiertem Stützendurchmesser im 5 cm Raster. Für das Erreichen unterschiedlicher Höhen können die Elemente miteinander gekoppelt werden.



Abbildung 7 Rundstützenschalung

Eine weitere Möglichkeit für die Herstellung von Rundstützen in geringer Stückzahl besteht in der Verwendung von beschichteten Pappschalungen.

Diese Schalungsvarianten zeigen das enorme Spektrum an Schalungssystemen, die von unterschiedlichen Herstellern allein für Stützen angeboten werden. Die richtige Wahl der Schalung bedarf einer detaillierten Betrachtung der Erfordernisse und der Gegebenheiten der jeweiligen Baustelle.

2.2 Wandschalungen

Bei Wandschalungen sind Rahmenschalung, Trägerschalung, Baukastenschalung und die Verwendung von Halbfertigteilen wie der Elementwand zu unterscheiden.

Rahmenschalung

Die Rahmenschalung besteht aus einer Tragkonstruktion aus Stahl- oder Aluminiumrahmen und einer fest aufgebrachten Schalhaut. Diese besteht meist aus beschichteten Holzplatten oder einer Aluminium-Kunststoff-Verbundplatte. Der Rahmen ist bei dieser Schalung das tragende Element und besitzt eine ausreichende Eigenstabilität. Je nach Größe und Ausführung der Tafeln sind diese für die Handmontage ohne Kran oder als Großrahmenschalung für Kraneinsatz geeignet. Rahmenelemente können zu großen Schaleinheiten verbunden werden und als Ganzes montiert und versetzt werden. Die in bestimmten Rastern angebotenen Tafeln werden zusammengesetzt und verankert. Bei Abweichungen vom Rastermaß kommen Ausgleichselemente zum Einsatz. Auch für Eckausbildungen, Stirnabschalungen und Aussparungen werden Sonderlösungen von den Herstellern angeboten.

Neben der unterschiedlichen Ausbildung der Rahmen und damit unterschiedlichen aufnehmbaren Schalungsdrücken sind die Verbindungsmittel der Rahmen zwischen den einzelnen Anbietern doch sehr verschieden. Mit besonderen Zwingen und Verspannern werden die Stoßfugen der Elemente ausgerichtet und geschlossen. Dabei werden entweder kleine Schnellspanner und zum Aufstocken zusätzliche Riegel verwendet oder gleich mit größerer Zwinde beide Aufgaben erfüllt.

Exemplarisch für die Großrahmenschalung stehen Hünnebeck-Manto und Doka-Framax und als leichte Rahmenschalung die Hünnebeck-Rasto und Doka-Alu-Framax. Anhand dieser Beispiele soll die große Variation an Ausführungsmöglichkeiten und die individuellen Lösungen der Hersteller kurz vorgestellt werden.

Hünnebeck-Manto

Diese Großrahmenschalung kann Schalungsdruck bis 80 kN/m^2 aufnehmen. Die Einzelelemente sind Großtafeln mit Maximalabmaßen von $2,4 \times 3,3$ und $2,7 \times 4,8$ m. Die Normaltafeln haben eine Breite von $1,2$ bis $0,30$ cm. Realisiert wird die notwendige Biegesteifigkeit dieser Elemente über 14 cm hohe Stahl-Rahmen. Neben den Großtafeln werden auch Teleskoptafeln, Aufsatz- und Ergänzungstafeln angeboten. Die Teleskoptafel hat ein teleskopisierbares Traggerüst und erforderliche Passstreifen (50 - 75 cm) werden bauseits eingefügt. Mit speziellen Riegeln können individuelle Längenausgleiche bis 30 cm realisiert werden. Dabei werden Schaltafeln eingepasst und zurechtgesägt. Mit der Richtzwinde können die

einzelnen Tafeln verbunden werden und Aufstockungen mit Kantholz und Tafeln bis 40 cm geschalt werden. Eine Ausgleich-Richtzwinge mit eingepasstem Kantholz ist für Längenausgleich von 0 bis 15 cm konzipiert.

Für Eckausbildungen gibt es flexible Innenecken. Durch Lösen des Aussteifers kann der Winkel auf 88° verringert und ein leichtes Ausschalen ermöglicht werden. Weiterhin können spitz- und stumpfwinklige Gelenkecken für Winkel zwischen 60° und 175° eingesetzt werden.

Literatur 8 Hünnebeck Werksunterlagen

Doka-Framax

Auch diese Großrahmenschalung ist für Belastungen bis 80 kN/m^2 verwendbar. Sie hat ein Systemraster in 15 cm Schritten in Höhe und Breite. Die Tafeln sind maximal $2,4 \times 2,7 \text{ m}$ und $1,35 \times 3,30 \text{ m}$. Über leichte Schnellspanner werden die Tafeln verbunden. Uni-Spanner werden für Ausgleichsverbindungen bis 15 cm genutzt und Ausgleichsspanner können Verbindungen bis 20 cm herstellen. Für stufenlose Längenanpassungen von 4 bis 30 cm können auch Ausgleichsbleche zum Einsatz kommen. Mit einer Klemmschiene, Profilholz und der Schalungsplatte können Längenanpassungen von 0 bis 80 cm realisiert werden.

Für leichtes Ausschalen werden auch spezielle Ausschalelemente angeboten und für Eckausbildungen existieren ebenfalls Innenecken, Außenecken und Scharnier-ecken.

Hünnebeck-Rasto

Diese Rahmenschalung hat leichtere 12 cm Stahl-Rahmen als tragende Konstruktion. Die Elementgrößen sind kleiner und leichter und für kranunabhängige Montage konzipiert. Die Verbindungselemente sind wie bei der schwereren Manto-Schalung.

Doka-Alu-Framax

Die Alu-Framax hat die gleichen Systemraster wie die Framax. Das leichtere Gewicht der Einzelemente wird hier mit einem Aluminium Grundgerüst realisiert. Die Elemente sind auch hier beliebig kombinierbar und ohne Kran montierbar.

Mit diesen leichteren Rahmenschalungen ist ein geringerer Schalungsdruck aufnehmbar. Der große Vorteil der leichteren Schalungen besteht in der Kranunabhängigkeit, die gerade auf kleineren Baustellen benötigt wird.

Vorteile der Rahmenschalung sind der geringe Lohnaufwand durch bessere Aufwandswerte als bei konventioneller Schalung, die hohe Einsatzhäufigkeit und der einfache Transport und Lagerung der Elemente.

Nachteilig sind die relativ geringe Anpassungsfähigkeit, der hohe Investitionsaufwand und schlechtere Oberflächenqualitäten durch die Fugenausbildung im engen Raster.

Trägerschalung

Trägerschalungen sind großflächige Schalungseinheiten aus Schalhaut, Vollwand- oder Fachwerkträgern und unterstützenden Gurtungen mit erforderlichen Richtstützen. Die Schalhaut hängt von der geforderten Oberfläche und der Einsatzhäufigkeit ab. Durch die besonders tragfähige Unterkonstruktion sind große Ankerabstände möglich.

Dadurch werden niedrige Aufwandswerte für das Ein- und Ausschalen erreicht. Von Nachteil ist auch hier der hohe Investitionsaufwand.

Die Trägerschalung kann vor Ort individuell aus standardisierten Systemteilen hergestellt werden oder bereits als fertige Tafel angeliefert werden.

Baukastenschalung

Die Baukastenschalung, auch als Modulschalung bezeichnet, ist eine Weiterentwicklung der Rahmenschalung als kleinformatische, kranunabhängige und vielseitige Schalung für kleine und mittlere Bauvorhaben.

Der mittlere Aufwandswert wird mit 0,4-0,6 h/m² angegeben und liegt damit über der Rahmenschalung. Die Investitionskosten sind allerdings geringer.

Die Schalhaut ist nur 12 mm dick und austauschbar und der Rahmen hat ein 5 cm Lochraster für allseitige Verbindungsmöglichkeiten. Das große Plus dieser Schalung ist die große Anpassungsfähigkeit durch kleine und leichte Bauelemente (Bsp.: Hünnebeck Takko)

Ausschlaggebend für die Wahl des Schalungssystems sind die monatliche und die insgesamt mögliche Einsatzzahl der Schalung. Dabei sollte man durch betriebsinterne Erhebungen Durchschnittswerte bilden und Erfahrungen festhalten. Mit einem Minimum an Schalung sollte die größtmögliche Einsatzzahl erreicht werden.

Der einfachste Kostenvergleich besteht aus den Bestandteilen Material (Investitionskosten oder Mietkosten / mögliche Einsätze) und Lohnkosten (Aufwandswert * Stundenlohn).

Um genaue Beurteilungen anstellen zu können sind allerdings weiterführende Betrachtungen notwendig, die zu einem späteren Zeitpunkt ausführlich beschrieben werden.

Elementwand

Mit der Verwendung von Halbfertigteilen kann weitestgehend auf die Schalung verzichtet werden. Das in der Literatur als Elementwand, Doppelwand, Dreifachwand oder Filigranwand bezeichnete Halbfertigteil besteht aus 2 vorgefertigten 5-7 cm dicken Betonschalen. Diese sind mit Gitterträgern verbunden und werden auf der Baustelle mit Ortbeton vergossen. Die vorgefertigten Betonschalen ersetzen dabei die sonst notwendige Schalung. Diese auf Stahltischen im Fertigteilwerk betonierten Schalen zeichnen sich durch besonders hohe Oberflächenqualität aus. Die Montage der Elementwand kann direkt von Lkw erfolgen, benötigt allerdings einen permanenten Kraneinsatz mit entsprechender Tragfähigkeit. Diese Bauweise ist besonders schnell und die Montage weitestgehend witterungsunabhängig. Durch die im Fertigteil bereits integrierten Einbauteile wie Elektrodosen mit Leerrohr oder Aussparungen für Fenster und Türen sind enorme Zeiteinsparungen auf der Baustelle realisierbar.

2.3 Deckenschalung

Die Unterscheidung bei Deckenschalung erfolgt im Wesentlichen in:

- Konventionelle Schalung (Kantholz oder Schalungsträger + Schaltafeln)
- Rahmentafeln
- Schaltische als Großmodule
- Elementdecke (Halbfertigteil als Schalung)

Auch die Wahl der geeigneten Deckenschalung hängt sowohl von der Bauteilgeometrie, der damit wählbaren Größe der Deckenabschnitte, den Kosten des Schalungssystems (Einsatzhäufigkeit und Arbeitsaufwand) und der verfügbaren Ausführungszeit ab.

Konventionelle Schalung

Die konventionelle Schalung hat ihre Berechtigung bei geringen Wiederholungen, komplizierten und unregelmäßigen Bauteilabmessungen oder beengten örtlichen Gegebenheiten.

Auf Stahlrohrstützen liegt die Unterkonstruktion aus Schalungsträgern oder Kanthölzern auf. Auf diesen Schalungsträgern liegt die eigentliche Schalhaut aus Schaltafeln (ca. 1,5 x 0,5m), Schalbrettern oder Schalungsplatten auf.

Der hohe Arbeitsaufwand für die Erstellung dieser Schalung führte auch bei Ortbetondecken zur Entwicklung von Schalungssystemen. Die Kanthölzer wurden durch leichte und traglastoptimierte Leimholzträger ersetzt. Die Stahlrohrstützen sind mit Gabelkopf ausgebildet, um zwei Jochträger nebeneinander auflagern und somit jede Länge stufenlos ausbilden zu können. Für schnelles Ausschalen sind die Stützen mit Möglichkeiten der Schnellabsenkung (Fallkopf) ausgestattet.



Abbildung 8 konventionelle Schalung (Dokaflex 1-2-4; Katalog Doka)

Rahmentafelsysteme

Die auch als Modul- oder Paneelschalung bezeichneten Rahmentafelsysteme bestehen wie die Rahmentafelsysteme der Wandschalung aus leichten Rahmen (Aluminium) und eingelassener hochwertiger Schalhaut. Diese werden in Decken- bzw. Kopfträger eingelegt oder direkt von Stahlrohrstützen mit besonderer Kopfausbildung und Fallkopfsystemen getragen.

Beispiel für diese Rahmenschalung ist die Topec-Schalung der Firma Hünnebeck.

Hünnebeck-Topec

Dieses System-Deckenschalungssystem mit Großtafeln hat als Maximalmaße 1,8 x 1,8 m (46 kg) und kleinere Systemmaße von 1,8 x 0,45/0,60/0,75/0,90 m und kleiner. Für Ergänzungen gibt es Ausgleichstafeln für Breiten von 50-90 cm. Durch das geringe Gewicht, können diese Tafeln von nur 2 Mann vom Boden aus montiert werden.



Abbildung 9 Topec ; Hünnebeck Katalog



Abbildung 10 Topec Baustelle

Deckenschaltische

Für häufig wiederholende Schalflächen wurden großflächige Deckenschaltungen entwickelt. Günstig für den Einsatz dieser Deckenschaltische ist die Möglichkeit

der häufigen Verschiebbarkeit auf einer Ebene, bevor sie mit einem Kran in die nächste Ebene transportiert werden. Voraussetzung dafür ist, dass das Gebäude an einer Seite offen ist und ein sehr tragfähiger Kran vorhanden ist.

Die Schalhaut ist dabei fest mit der Unterkonstruktion verbunden. Die Stützen können bei Bedarf für den Transport eingeklappt werden. Für das Verschieben auf einer Ebene wurden spezielle Verfahrwagen entwickelt und für das Umsetzen in die nächste Ebene existieren große Gabelkonstruktionen („Entenschnabel“), die den gesamten Tisch versetzen.

Nach der Grundmontage können sehr gute Schalzeiten mit dieser Variante erreicht werden.

Beispiele für dieses Schalungssystem sind:

Hünnebeck-H20 Deckentisch

Diese fertigen Deckenschaltische haben Abmaße von 2,5 x 4,0 und 2,5 x 5,0 m. Mit Verfahrwagen und Umsetzgabel sind diese Tische im Ganzen montierbar.

Doka-Dokaflex-Tische

Auch hier werden fertig montierte Einheiten in 2 Großformaten für schnelles Umsetzen angeboten.



Abbildung 11 Dokaflex-Tische mit Verfahrwagen und Umsetzgabel ; Doka Katalog

Elementdecken

Die Deckenschalung wird durch eine ca. 5-7 cm dicke im Fertigteilwerk vorgefertigte Betonschale mit einbetonierten Gitterträgern ersetzt. Die fachwerkartigen Stahlgitterträger erhöhen im Montage- und Betonagezustand die Tragwirkung der Platten. Durch eine Ortbetonergänzung wirken die Elemente statisch wie eine herkömmliche Ortbetondecke. Die bis 3 Meter breiten und bis zu 10 Meter langen Einzelelemente benötigen wesentlich weniger Hilfsjoche als eine normale Deckenschalung und sind nach dem Verschließen der Fugen bereits oberflächenfertig in sehr hoher Qualität.

2.4 Sonderlösungen

Für besondere Anwendungsfälle werden von den Schalungsanbietern spezielle Schalungen angeboten. Unterzugschalungen vereinfachen das schnelle Einschalen von Balken und Unterzügen. Nach den Unterlagen von Ischebeck können damit 1,2 Stunden pro m² an Arbeitszeit eingespart werden. Beim Umsetzen dieser Schalung werden die Seitenwände nur abgeklappt und versetzt. Der wirtschaftliche Einsatz wird hier bereits bei 5 gleichen Einsätzen angegeben.

Literatur 9 Ischebeck Werksunterlagen

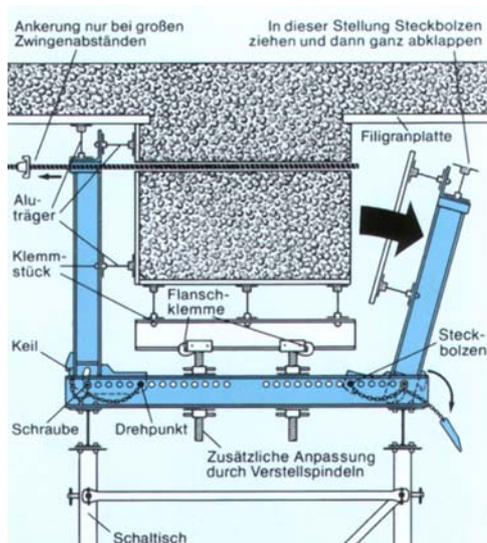


Abbildung 12 Ischebeck Unterzugzwinge



Abbildung 13 Hünnebeck Unterzugzwinge

Mit dem Einsatz von vorgefertigten Halbfertigteilen kann auch hier auf das Schalungssystem verzichtet werden. Bei Balken und Unterzügen können Fertigteile mit herausstehender Bewehrung zum Einsatz kommen. Diese können direkt montiert werden und über die raue Verbundfuge und die Bewehrung wirken diese statisch wie eine reine Ortbetonlösung. Die aufwendige Schalungskonstruktion entfällt dabei ganz.



Abbildung 14 Halbfertigteilbalken

Weiterhin gibt es Raum- / Tunnelschalungen und für Kletterprojekte wurden spezielle Kletter- / oder Gleitschalungen entwickelt.

Aufzugsschächte und Treppenhäuser haben meist einen gleichen Grundriss, der sich von Etage zu Etage fortsetzt. Für diese Fälle gibt es durch die Verwendung der Systemschalung mit Sonderzubehör verbundene Schachtschalungen, die über Spindeln nach innen gefaltet werden können. Diese Schalungen lassen sich dann im Ganzen versetzen und mittels der Spindeln wieder auf Maß bringen.

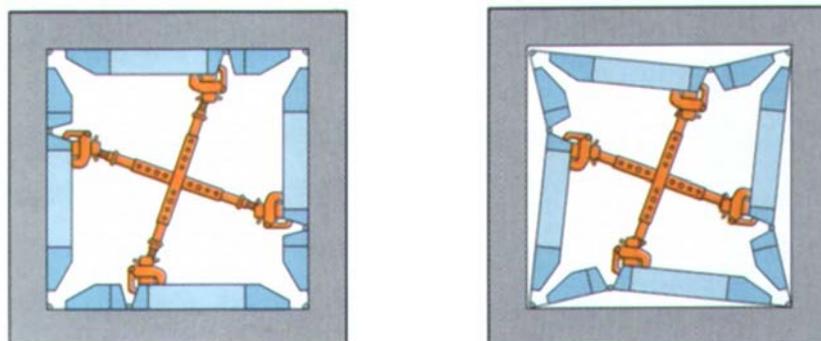


Abbildung 15 Schachtschalungen eingeschalt – ausgeschalt (Hünnebeck-Manto)

Die im Vorfeld vorgestellten Lösungen über die Verwendung von Halbfertigteilen für Decken und Wände stellen ebenfalls Sonderlösungen im Schalungsbau dar. Mit ihnen entfällt meist die baustellenseitige Ausbildung der Schalung, da die Halbfertigteile selbst die Schalung der Konstruktion darstellen.

Für im Grundriss rund gestaltete Wandflächen gibt es Rundschalungen mit Aussteifungsprofilen. Diese können über Spindeln auf den gewünschten Radius verstellt werden. Die Schalhaut ist dabei sehr flexibel und passt sich dem Radius an.



Abbildung 16 Hünnebeck Ronda

Für manche besondere Anforderungen besteht die Möglichkeit vorhandene Systemschalungen miteinander zu kombinieren. Um Stützen mit ovalem Grundriss herstellen zu können, lassen sich die Halbschalen von Rundstützen mit geraden Systemteilen verbinden.

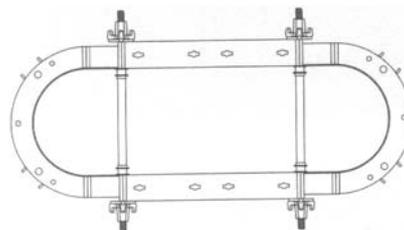


Abbildung 17 Ovalstützen Paschal

In Ergänzung zu vorhandenen Systemschalungen werden auch viele nützliche Ergänzungen und Erweiterungen angeboten, die in späteren Kapiteln noch vorgestellt werden.

Es gibt aber auch Bauteilformen und Oberflächen, die nicht mit Systemelementen herzustellen sind. Für diese Anwendungen werden spezielle projektbezogene Sonderschalungen aus Holz oder Stahl hergestellt.

Da die Möglichkeiten an Platz, maschineller Unterstützung und zur Verfügung stehender Zeit auf der Baustelle oft begrenzt sind, können auch vorgefertigte individuelle Schalungsteile zum Einsatz kommen.



Abbildung 18 Paschal-Katalog Brückenpfeiler



Abbildung 19 Doka-Katalog Planetarium

Im Garagenbau und anderen Modulbauweisen kommen auch Raumzellenschalungen oder Hausschalungen zum Einsatz. Diese werden meist für immer wiederkehrende Größen von Raumzellen verwendet.

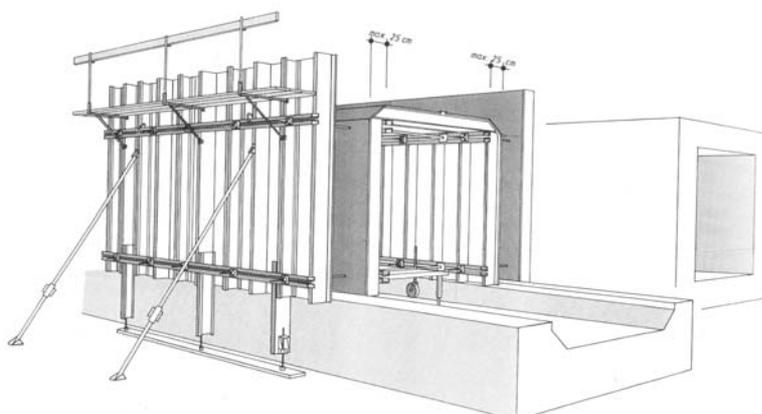


Abbildung 20 Noe-Katalog Hausschalung

Für Treppen im Hochbau gibt es die Möglichkeit des Einsatzes von Fertigteilen. Bestimmte Rastermaße für geradläufige und gewendelte Treppen werden dabei mit Stahlschalungen im Fertigteilwerk hergestellt.



Abbildung 21 Howal Treppenform

Für ganz individuelle Treppenformen mit einem gewissen maßlichen Wiederholungsfaktor können im Fertigteilwerk Holzformen gebaut werden. Diese sind enorm aufwendig in der Herstellung, können aber bei Maßgleichheit wieder verwendet werden. Bei einer individuellen Einzeltreppe ist der Aufwand auf der Baustelle der gleiche wie im Fertigteilwerk, da auch hier eine spezielle Form hergestellt werden muss. Im Fertigteilwerk besteht allerdings der Vorteil der witterungsunabhängigen Herstellung.

Zum schnellen Einschalen von Türen existieren Türschalungen. Diese bestehen aus einem Aluminium Grundgerüst, welches stufenlos einstellbar ist. Besonders geeignet ist diese Schalung für häufig wiederkehrende Türöffnungen, die mit hoher Genauigkeit gefertigt werden müssen.



Abbildung 22 Türschalung Ischebeck



Abbildung 23 manuelle Türschalung

3. Vorraussetzung und Kriterien für den Einsatz von Schalverfahren

Die Lage und Erreichbarkeit bzw. Befahrbarkeit der Baustelle kann unmittelbaren Einfluss auf den notwendigen Bauablauf und die einsetzbare Systemschalung besitzen. Neben diesen, nicht beeinflussbaren lageabhängigen Kriterien kann eine wesentliche Beeinflussung durch die Konstruktion des Bauwerkes erzielt werden.

Um moderne Schalungssysteme optimal nutzen zu können, sollte bereits in der Entwurfs- und Planungsphase die Gesamtkonzeption auf das Schalungssystem abgestimmt werden. Durch den Einsatz von CAD bei der Schalungsplanung kann die Konstruktion optimal auf das Schalungssystem mit den entsprechenden Detaillösungen abgestimmt werden. In der Planung von Anschlüssen können somit die Sonderlösungen und Ergänzungsteile der Schalungsanbieter bereits Berücksichtigung finden.

Somit wären die größten Rationalisierungseffekte und damit Kosteneinsparungen im Rohbau möglich.

3.1 Konstruktive Voraussetzungen

Hauptvoraussetzungen sind eine große Serie sich wiederholender und störungsfreie Flächen und eine einfache Bewehrungsführung.

Die auf der Baustelle vorhandenen Schalelemente sollten so häufig wie möglich eingesetzt werden. Die durch das Schalelement entstehenden Fixkosten teilen sich durch die Einsatzhäufigkeit und je weniger Schalung auf der Baustelle, desto geringer sind die Fixkosten die durch die Vorhaltung der Schalung entstehen. Das setzt voraus, dass durch die Planung ein Konzept erarbeitet wird, das sich auf möglichst wenig unterschiedliche Schalungsteile beschränkt.

Durch unterschiedliche Rastermaße der Schalungsanbieter kann sich herausstellen, dass sich durch den Bauwerksentwurf genau ein Schalungssystem als am besten geeignet herausstellt. Der Architekt hat somit durch seinen Entwurf einen entscheidenden Einfluss auf die Wahl des Schalungssystems und die entstehenden Bauwerkskosten.

Durch einen Entwurf mit der kleinst möglichen Variation an Stützen- und Unterzugsquerschnitten und der Möglichkeit einer Aufteilung der Wand- und Deckenflächen in viele gleiche oder gleich große Abschnitte können die Kosten eines Bauwerkes erheblich beeinflusst werden.

Mit der Vermeidung von Unterbrechungen in den Flächen, wie Deckensprünge, Wandversätze, Wandanschlüsse, Pfeilervorlagen, Konsolen, Gesimse oder ähnlichem wird die Ausführung der Schalung wesentlich beeinflusst. Diese Bereiche sind enorm zeitaufwendig in der Herstellung.

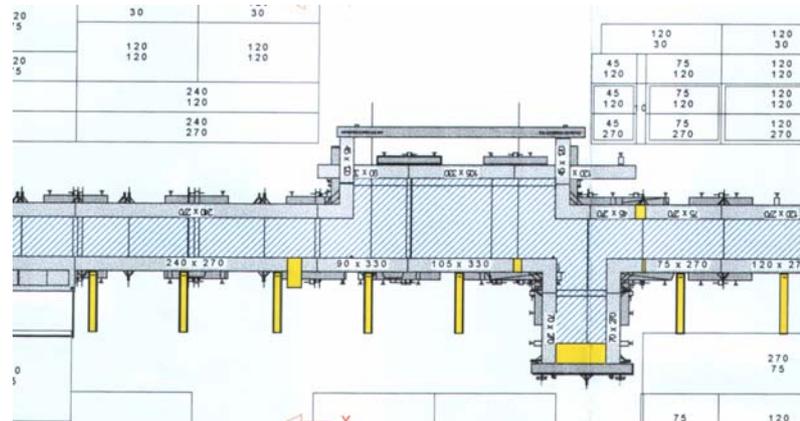


Abbildung 24 Wandanschlüsse

Die Forderung nach einfacher Bewehrungsführung begründet sich zum Beispiel in dem enormen Aufwand Einspannbewehrung von Wand- in Deckenflächen herzustellen. Wenn eine Einspannbewehrung bereits in die Wandelemente eingebaut werden muss, hat das Auswirkung auf die Wandschalung, die somit genau auf Deckenhöhe enden muss.



Abbildung 25 Anschlussbewehrung in Decke

Ohne diese Bewehrungsführung können großformatigere Schalungsteile eingesetzt werden, die möglicherweise über das spätere Deckenniveau hinaus reichen. Falls die Übertragung von Eckmomenten zwingend erforderlich ist, können meist auch andere Lösungen, wie Bewehrungsanschlüsselemente eingeplant werden. Durch aufwendig herzustellende Bewehrungsführungen kann das Verlegen der Bewehrung zur Taktzeit hemmenden Tätigkeit werden. Das kann zwar möglicherweise durch vorgefertigte Bewehrungsteile kompensiert werden, führt aber mit Sicherheit zu steigenden Kosten.

3.2 Betriebliche Voraussetzungen

Die Wahl des geeigneten Schalungssystems durch die Arbeitsvorbereitung ist geprägt durch die Aufteilung des Bauwerkes in Schalungsabschnitte und das Aufstellen eines Taktplanes für die Schal- und Betonarbeiten unter Berücksichtigung der geforderten terminlichen Umsetzung. Danach müssen für alle zu schalenden Flächen (sowohl mit Systemschalung umsetzbaren Gebäudeteile, als auch für die Anpassungsflächen) eine Detailplanung mit Stücklisten und Zeichnungen erstellt werden.

Die Verwendung vorhandener Hebezeuge kann ebenfalls Auswirkungen auf die Wahl der Systemschalung haben. Durch großflächige vorgefertigte Schalungsflächen sind weniger Kranspiele erforderlich als mit kleineren Elementen. Das erfordert wiederum sehr leistungsfähige Kräne. Mit kleineren Schalungselementen sind möglicherweise weniger tragfähige Kräne ausreichend. Durch mehr Elemente müssen allerdings unter Umständen mehr Kräne eingesetzt werden. Es ist jedoch darauf zu achten, dass diese sich nicht gegenseitig im Bauablauf behindern. Da der Schalungsbau der Leitprozess des Rohbaus ist, kommt dem richtigen Einsatz der Hebezeuge eine sehr große Bedeutung zu.

Bei der Verwendung von Fertigteilen oder Halbfertigteilen ist die Bedeutung der Hebezeuge noch ausgeprägter. Für die Fertigteilmontage ist die ununterbrochene Verfügbarkeit der Hebezeuge zwingend erforderlich. Parallel auf der Baustelle stattfindende Tätigkeiten haben zu den Montagezeiten kein Hebezeug zur Verfügung. Das führt sehr oft zur zeitlich begrenzten, zusätzlichen Bereitstellung von Autokranen für die Montagezeit.

3.3 Einsatzkriterien

Der Schalungsanteil für Betonbauteile wird durch die Kenngröße Schalungsgrad (erforderliche Schalung in m² / m³ Festbeton) ausgedrückt.

$$s = \frac{m^2 \text{ Schalfläche}}{m^3 \text{ Beton}}$$

Es erfolgt dabei eine Unterscheidung in Brutto- und Nettoschalfläche. Die Nettoschalfläche stellt die reine Fläche des herzustellenden Bauteils dar.

Die Bruttofläche ist die Gesamtfläche der einzusetzenden Schalungen mit den jeweils entstehenden, den Systemmaßen geschuldeten Überständen der Schalung über das Bauteil.

Der Schalungsgrad erlaubt Rückschlüsse auf den Schalungsaufwand. Für eine quadratische Stütze mit 40 cm Seitenlänge ergibt sich ein Schalungsgrad von 10. Bei einer Seitenlänge von 20 cm verdoppelt sich auch der Schalungsfaktor auf 20. Für eine doppelhäufig geschaltete 30 cm dicke Wand ergibt sich ein Schalungsgrad von 6,67 und bei einer 25 cm dicken Flachdecke auf einem 30 x 20 m Betonierabschnitt ist der Schalungsgrad nur noch 4,2. Die wohl niedrigsten Werte erreicht der Schalungsgrad bei einer Fundamentplatte, die nur umlaufend abgeschalt werden muss. Bei einer 80 cm dicken Platte mit den Abmaßen von 20 x 30 m beläuft sich der Schalungsfaktor nur noch auf 0,17.

Literatur 10 Hofstadler [2003] Einsparpotential bei Stahlbetonarbeiten ; Baumarkt Ausg. 6

In der Veröffentlichung

Literatur 11 Hofstadler [2003] Schalungsgrad: Die wichtige Kennzahl für Schalungsintensität ; Baumarkt Ausg. 9 und 11

werden bauteilspezifische Betrachtungen zum Schalungsgrad angestellt. In Diagrammform werden die Auswirkungen von Seitenlängen und Formen bei Stützen, die Auswirkung der Wandstärke bei ein- und doppelhäufiger Schalung, die Auswirkung der Deckenstärke bei Flachdecken und die Auswirkung der Größenverhältnisse bei Fundamenten untersucht.

Je kleiner der Schalungsanteil der Gesamtkonstruktion ist, desto geringer sind die Kosten. An dieser Größe ist auch der Grad an Rationalisierung messbar.

Für die Entscheidung zwischen Rahmen- und Trägerschalung sind sehr unterschiedliche Ergebnisse in der Literatur zu finden.

Literatur 12 Bauer [1994] Baubetrieb 1

Nach den geschilderten Erfahrungen einer Großbauunternehmung sind Rahmenschalungen bei Betonoberflächen ohne besondere Anforderungen bis zum 10-fachen Einsatz wirtschaftlicher als eine Trägerschalung. Mit geänderten Anforderungen an die Oberflächen kann zum Beispiel bei tapezierfertigen Oberflächen der wirtschaftlichere Einsatz auf den 6-fachen Einsatz sinken.

Die besten Werte erreicht die Rahmenschalung bei Wandhöhen von 2,50 – 2,70 m und einer möglichst einfachen Wandstruktur. Mit steigender Wandhöhe gewinnt die Trägerschalung immer mehr im Kostenvergleich, so dass bei Wandhöhen von 4,75 m bereits bei nur 4 Einsätzen die Rahmenschalung teurer als die Trägerschalung wurde.

Der große Vorteil der Trägerschalung mit den fertigen Großelementen ohne viel Zubehör und Spannstellen bei sehr schnellen Schalzeiten wird allerdings durch die Entwicklung zu immer kleineren Serien am Bau überschattet. Die damit verbundene notwendige Flexibilität spricht eher für die Verwendung von Systemschalungen. Die eher kleinteilige Systemschalung kann sich den individuell geplanten Bauobjekten wesentlich besser anpassen. Planungs- und Planänderungen während des Bauablaufes haben auf die Systemschalung wesentlich geringeren Einfluss. Durch die teilweise sehr leichte Ausführung der Systemschalung kann möglicherweise auf ein Hebezeug verzichtet werden oder ein vorhandener Kran für andere Tätigkeiten freigelegt werden. Die erreichte Flexibilität der kleinen Teile bedeutet aber im Gegenzug einen wesentlich größeren Aufwand für die Verbindung der Einzelteile und deren Verankerung.

Auch bei Deckenschalungen geht der Trend der letzten Jahre von den großen Schaltischen weg zu Modulschalungen und Elementdecken.

Die verschiedenen Einflüsse auf die Einsatzkriterien erfordern eine Problemlösung über vernetztes Denken. Eine Art der Lösung wird in der „6-Stufen-Methode der Systemgestaltung“ in der *Literatur 13 REFA [1984] Fachausschuss Bauwesen, REFA in der Baupraxis, Teil 3* untersucht.

Die Schritte dieser Methode sind Ziele setzen, Aufgabe abgrenzen, ideale Lösung suchen, Daten sammeln und praktikable Lösungen entwickeln, optimale Lösung auswählen, Lösung einführen und Zielerfüllung überwachen.

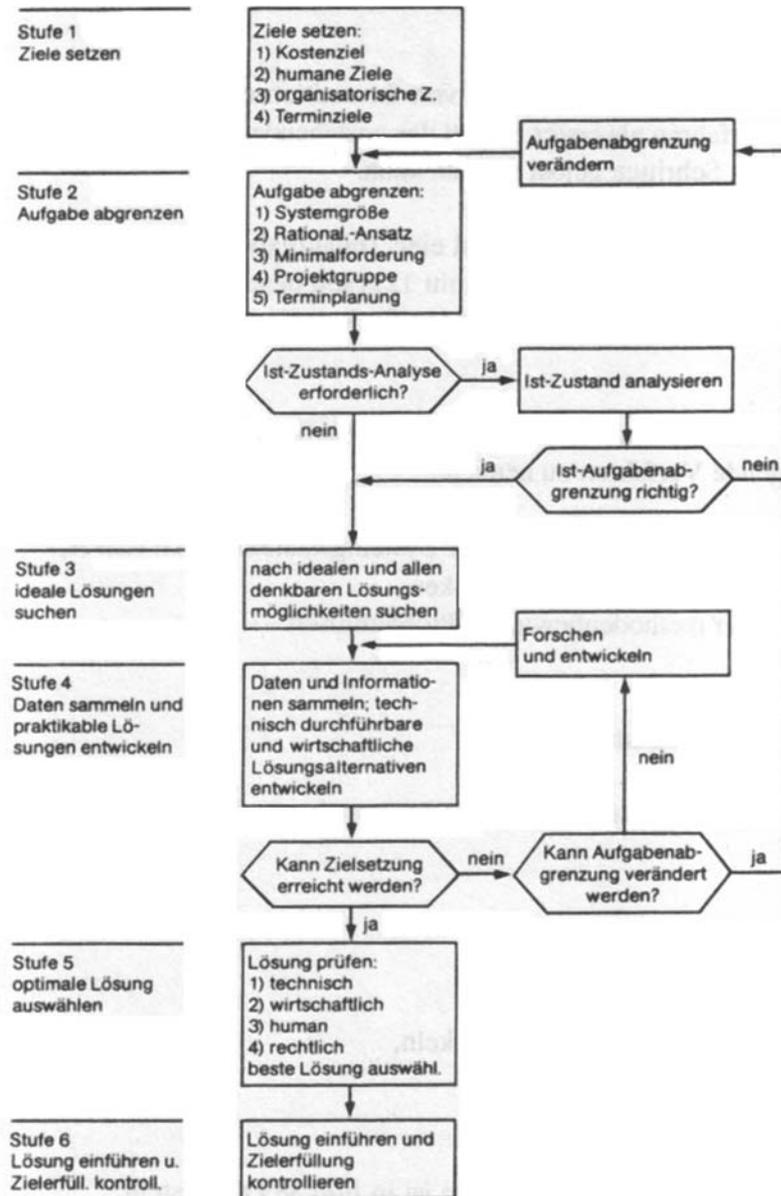


Abbildung 26 6-Stufen-Methode der Systemgestaltung, REFA

4. Konzepte für den effektiven Einsatz von Sonderschalungen

4.1 Notwendigkeit von Sonderschalungen

Die größten Kosten im Schalungsbau werden durch Ausbildung von Anschlüssen, Randabschnitten, Aussparungen und Sonderlösungen verursacht. Diese sind sehr schwer kalkulierbar, aber in ihnen stecken auch die größten Einsparungspotentiale.

Beispiele für diese „Zeitfresser“ sind:

- Schächte für Treppenhäuser und Fahrstühle
- Einschalen von Stützen
- Einschalen von Rundstützen
- Einschalen von Fundamenten
- Passstreifen zu den Systemmaßen
- Erstellen von Aussparungen für Medien (Gas, Wasser, Abwasser, Strom, Telefon)
- Herstellen von Ecken, Versprüngen
- Anschlüsse zwischen Wand und Boden sowie Wand und Decke
- Herstellen von Arbeitsfugen (mit und ohne Anschlussbewehrung)
- Bewehrungsanschlüsse an andere Bauteile
- Herstellen von Fenster- und Türöffnungen



Abbildung 27 Anschlussbewehrung am Betonierabschnitt / Wandanschluss

Wie in Abbildung 27 gezeigt, erfolgt die Ausführung von Bewehrungsanschlüssen meist sehr aufwendig. Dazu werden Bretter oder Kanthölzer zwischen die Bewehrungslagen und die Schalung eingefügt und müssen dort stabil befestigt werden. Diese Anschlüsse treten bei allen Betonierabschnitten und bei Wandanschlüssen auf.



Abbildung 28 Anschlussbewehrung am Betonierabschnitt eines Deckenfeldes

Auch beim Abschalen von Betonierabschnitten bei Decken muss die Bewehrung weitergeführt werden und der Beton an der Fuge zurückgehalten werden.

Die erforderlichen Pastsstreifen zum Ausgleich der Systemmaße auf die geplanten Bauteilmaße sind oft nur sehr aufwendig ausführbar.



Abbildung 29 Pastsstreifen zum Schalungssystem

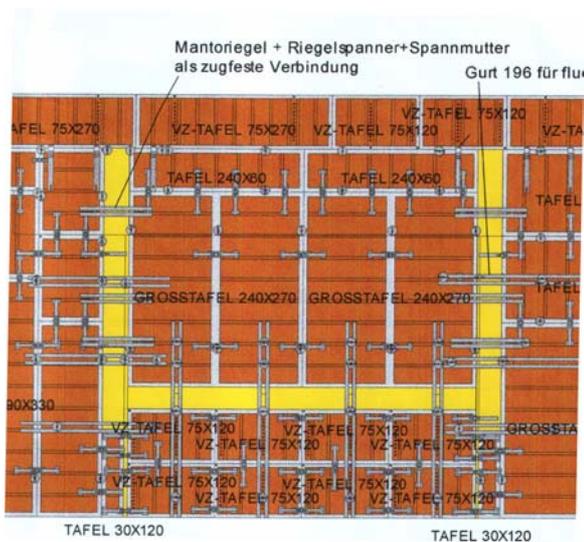


Abbildung 30 geplante Pastsstreifen zum System / Bewehrungsanschlüsse

Beim Ausführen von Decken mit Gefälle muss anschließend an die Systemschalung der Wände mit Holz die geforderte Neigung geschalt werden. Wenn sowohl die Decke als auch der bereits fertig gestellte Fußboden mit Gefälle ausgeführt wird, muss die schräge Anpassung am Kopf und am Fuß der Wand erfolgen. Diese Anpassungsarbeiten sind besonders aufwendig und werden nicht von normalen Aufwandswerten berücksichtigt.



Abbildung 31 Schräger Anschluss Wand-Decke mit Ausgleichsbrettern

Die Ausbildung von Konsolen bei Stützen mit rechteckigem oder quadratischem Grundriss ist relativ einfach umzusetzen. Bei Rundstützen bedeutet dieses allerdings einen erheblichen Mehraufwand. Es können hier keine Stahlformen verwendet werden, sondern die Formgebung muss mit Pappschalung erfolgen. Aus dieser Pappschalung wird die Stelle des Konsols ausgeschnitten und die Konsolbewehrung muss durch diese Öffnung an die Stützensbewehrung angeschlossen werden. Danach kann an die Stützenschalung mit Systemschalung das Konsol ausgebildet werden.



Abbildung 32 Rundstütze mit Konsolausbildung

4.2 Lösungsansätze / Ideen zum Einsatz von Sonderschalungen

Die Veränderung der Baukonstruktion zur Vermeidung schräger Kanten bei Decken und Wänden hat einen enormen Einfluss auf die Schalungskosten. Gerade Deckenuntersichten (ohne Gefälle) erleichtern sowohl die Wandschalungserstellung, als auch die Deckenschalung.

Für die Ausbildung von Wandflächen auf oder unter geneigten Decken eignet sich besonders gut die vorgefertigte Elementwand. In dieser können die schrägen Kanten bereits Berücksichtigung finden.

Geneigte Deckenuntersichten bedeuten einen hohen Aufwand beim Einmessen der Deckenjoche, die alle unterschiedliche Höhen haben müssen.



Abbildung 33 Ausbildung von Deckengefälle

In der Wandschalung für den Ortbeton muss sehr oft ein aufwendiger Höhenausgleich hergestellt werden, da durch Deckeneinspannung die Bewehrung von der Wand in die Decke geführt wird und somit die Wandschalung exakt mit der Deckenhöhe übereinstimmen muss.

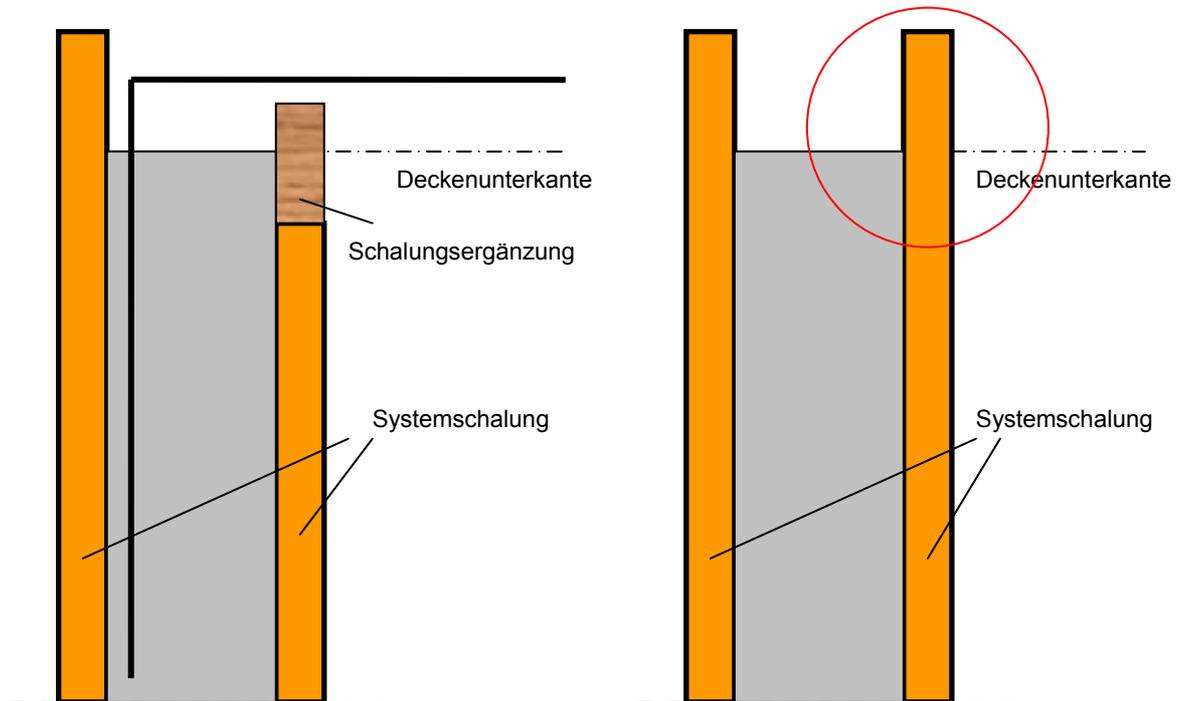


Abbildung 34 Ausbildung von Höhenausgleich bei Bewehrungsanschlüssen

Ohne die abgelenkte Anschlussbewehrung kann die Systemschalung durchgehen.

Durch das Einplanen von Bewehrungsrückbiegeanschlüssen oder das Biegen der Anschlussbewehrung zu einem späteren Zeitpunkt, kann die biegesteife Verbindung zwischen Wand und Decke für das Schalungssystem günstiger gestaltet werden.



Abbildung 35 Anschlussbewehrung

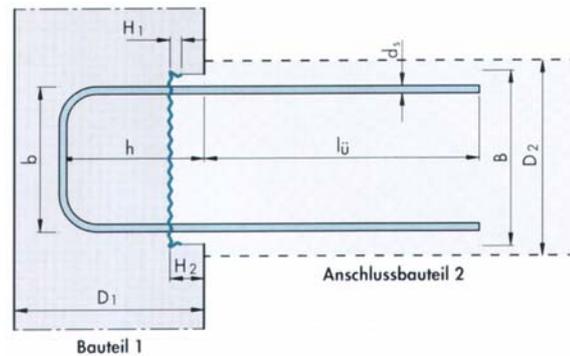


Abbildung 36 Bewehrungsrückbiegeanschluss als Deckenanschluss

Auch für Zwischenwandanschlüsse ist die Einplanung von Bewehrungsrückbiegeanschlüssen sinnvoll. Die Systemschalung der Wand kann somit großflächig und ohne Unterbrechung in der Schalhaut durchgehen.

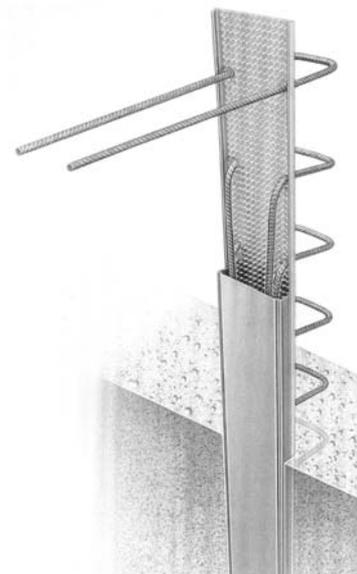
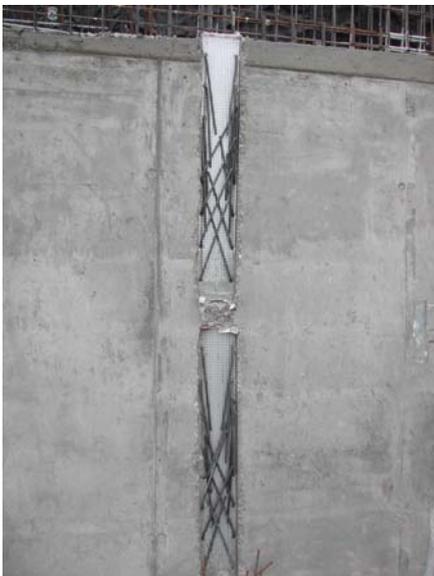


Abbildung 37 Bewehrungsrückbiegeanschluss in Praxis und als Schema (Halfen-Katalog)

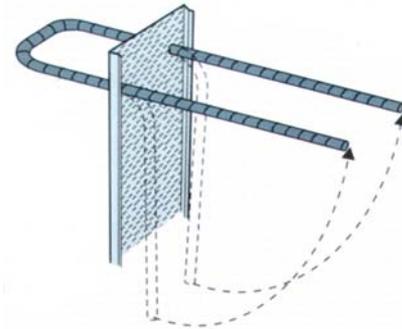


Abbildung 38 Bewehrungsrückbiegeanschlüsse aufgebogen in Praxis und Schema (Hal-fen-Katalog)

Für das Abschalen vertikaler Wandenden mit durchgehender Bewehrungsführung können Abschalelemente zum Einsatz kommen. Diese funktionieren mit und ohne Fugenbandaufnahme und sind sehr schnell montiert.

Literatur 14 Peri Werksunterlagen

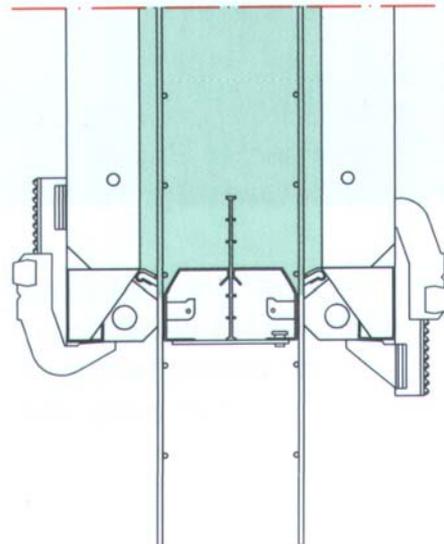


Abbildung 39 TRIO Abschalelement MT/MTF Peri, Werksunterlagen

Eine gründliche und detaillierte Arbeitsvorbereitung mit individueller Variantenuntersuchung kann den Bauablauf erheblich straffen.

Der Arbeitsvorbereitung kommt somit eine sehr große Bedeutung zu, da in ihr das größte Potential an Kosteneinsparung im Bau liegt. Aus Kostengründen eingesparte Arbeitsvorbereitung kostet im Nachhinein umso mehr Geld.

Durch viel zu eng gesteckte Terminzwänge wird allerdings eine Kostenoptimierung oft unmöglich. Um im vorgeschriebenen Zeitrahmen zu bleiben, beginnt nach der Auftragsvergabe oft eine teure „Materialschlacht“. Der „Poker“ um die Angebotspreise wird bei vielen Bauvorhaben so lange hinausgezögert, dass für die eigentliche Bauausführung zu wenig Zeit bleibt. Dadurch beginnen einige Bauvorhaben bereits im Winter, obwohl allen Vertragspartnern die anzunehmenden Witterungseinflüsse wohl bekannt sein müssten.

Eine relativ exakte Kalkulation der Aufwandswerte wird durch das Festschreiben von zu erwartenden Vorgabe-Schalzeiten durch den Schalungsanbieter erreicht. Wenn diese Angaben Vertragsbestandteil werden, ist eine vergleichende Kalkulation der Alternativlösung möglich. Die Zeitangaben sollten mit den Ausschreibungspositionen verknüpft sein und eine Bauteilunterscheidung (Wandschalung einhäufig; zweihäufig, Treppenhauschalung....) beinhalten.

Über eine Zusatzvergütung bei Unterschreitung der angenommenen Zeiten und einer verminderten Vergütung bei wesentlicher Überschreitung der geschätzten Aufwandswerte ist die realitätsnahe Vorgabe der Zeiten gewährleistet und es kann die Berücksichtigung von Besonderheiten der einzelnen Baustellen erfolgen.

Mit der, in dieser Arbeit nicht betrachteten Verwendung von Fertigteilen und Halbfertigteilen kann der relativ schwer zu kalkulierende Ortbeton zu großen Teilen ersetzt werden. Die Montage von Fertigteilen (Halbfertigteilen) ist weitgehend witterungsunabhängig und die mit Fertigteilen erreichbare Oberflächenqualität ist wesentlich höher als im Ortbeton. Durch die Möglichkeit der sehr schnellen Montage mit wesentlich weniger logistischem Aufwand auf der Baustelle sind auch direkte Kostenvorteile verbunden. Die sonst notwendigen Tätigkeiten des Einschalens, Bewehren und Betonieren entfallen bei der Montage des Fertigteils völlig. Bei dem Einsatz von Halbfertigteilen ist neben der Bewehrungsergänzung nur noch der Betonverguss erforderlich.

Notwendig für die Verwendung von Fertigteilen ist allerdings eine konstruktive Auflösung des bereits als Ortbeton geplanten Baukörpers. Das hat nicht nur zeichnerische sondern auch statische Auswirkungen. Wird das Bauvorhaben allerdings von Anfang an in Fertigteilen geplant sind die Vorteile dieser Bauweise kaum schlagbar. Die Fertigteilbauweise kann wie der Ortbeton durch einen Wiederholungsfaktor der Bauteile in seiner Kostenstruktur wesentlich beeinflusst werden. Auch eine Mischbauweise von Fertigteilen, Halbfertigteilen und Ortbeton kann den Bauablauf straffen und Kostenvorteile erwirken.

4.3 Möglichkeiten der Betrachtung, Erfassung und Bewertung von Sonderschalungen

Die Kalkulation von Ortbeton-Baumaßnahmen erfolgt nach Lohnkosten, Schal- und Verbundkosten, Gerätekosten, Baustoffkosten, Kosten für Fremdleistungen und Baustellengemeinkosten.

Die Lohnkosten werden dabei als arithmetisches Mittel der auf der Baustelle entstehenden Kosten zu einem Mittellohn zusammengefasst. Die Kosten für das Aufsichtspersonal werden dabei mit erfasst und berücksichtigt.

Die Gesamtlohnkosten für den Schalungsbau ergeben sich aus:

$$\begin{aligned} \text{Lohnkosten} = & \left(\begin{array}{l} \text{Mittellohn} \times \text{Fläche} \times \text{Aufwandswert} \\ \times \text{Einarbeitungszuschlag} \end{array} \right) \times \text{Zuschlag für Rüstzeit} \\ & + \text{Schalkosten aus Grundmontage, Demontage, An- und Abtransport} \\ & + \text{Schlußreinigung des Schalungsmaterials} \\ & + \text{Lohnkosten für Randschalung} \end{aligned}$$

Die Stoffkosten sind im Wesentlichen Schalungsvorhaltekosten. Diese setzen sich aus Abschreibung Verzinsung und Reparatur zusammen. Zu den Stoffkosten zählen noch die benötigten Verbrauchsstoffe wie Schalöl, Schalungshaut und Holzbaustoffe wie Bretter und Kanthölzer. Die Stoffkosten ergeben sich somit aus:

$$\text{Stoffkosten} = \left(\begin{array}{l} \text{Vorhaltemenge} \times \text{Neupreis der Schalung} \\ \times \text{Abschreibung, Verzinsung, Reparatur} \times \text{Vorhaltezeit} \end{array} \right) + \text{Verbrauchsstoffe}$$

Die Gerätekosten beim Schalungsbau werden hauptsächlich durch die Krankosten bestimmt. Diese werden wesentlich durch die Kranbindungszeiten der unterschiedlichen Schalungssysteme beeinflusst.

$$\text{Gerätekosten} = \text{Kranbindung} \times \text{Fläche des Abschnittes} \times \text{Krankosten pro Zeiteinheit}$$

Die Baustoffkosten ergeben sich erst durch die verarbeiteten Beton- und Bewehrungsmengen und werden hier nicht berücksichtigt.

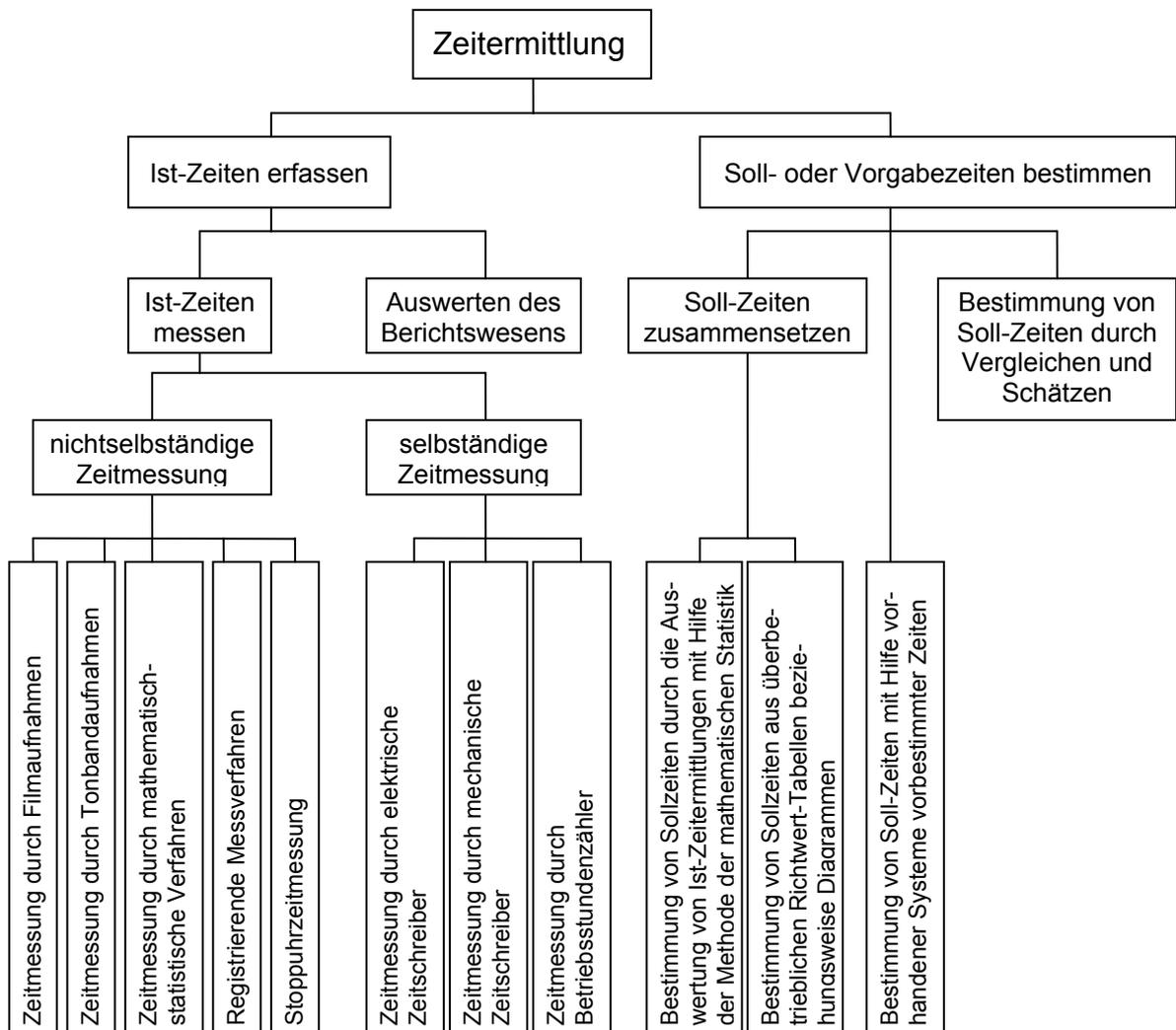
Die Baustellengemeinkosten sind die keiner Teilleistung zuordenbaren Kosten wie die zeitunabhängigen Kosten der Werkzeuge und zeitabhängigen Kosten der Vorhaltung von Unterkünften und Betriebskosten.

Um die Verwendung von Sonderlösungen im Schalungsbau vergleichend darstellen zu können, müssen verlässliche Daten für deren Einsatz herangezogen werden. Doch jede Baustelle stellt im Wesentlichen ein Unikat in der Herstellung dar. Die Erfassung von Aufwandswerten für einzelne Bearbeitungsschritte kann kaum als repräsentativ angesehen werden, da diese Daten von Objekt zu Objekt unterschiedlich sein werden. Die verschiedenen äußeren Einflüsse auf einer Baustelle führen zu verschiedenartigen Unregelmäßigkeiten im Bauablauf und machen damit die exakte Datenerfassung fast unmöglich.

Literatur 15 VDI [1990] Forschungsbericht Nr. 98

Auch die Berücksichtigung von Einarbeitungseffekten ist von der Häufigkeit des Einsatzes und dem zeitlichen Abstand zwischen den Einsätzen abhängig. Verschiedene Untersuchungen und deren Ergebnisse zu Einarbeitungseffekten werden in oben aufgeführter Literatur genannt und bewertet. Das Spektrum der Wiederholungen, bei denen noch Verbesserungen angenommen werden können, liegt dabei zwischen 50 Einsätzen und 3 Einsätzen. Weiterhin ist der Schalungsbau weitestgehend durch Gruppenarbeit geprägt. Das bedeutet, dass mehrere Personen gleichzeitig auch an mehreren Stellen Tätigkeiten durchführen und sich untereinander unterstützen.

Die von der REFA aufgestellten Methoden zur Arbeitszeiterfassung betrachten im Wesentlichen die Anforderungen der eher stationären Industrie.



Literatur 16 REFA [1978] Methodenlehre

Ein Verfahren der Kostenkontrolle auf der Baustelle ist ein solcher Soll-Ist-Vergleich, der im Bezug auf die Lohnstunden geführt werden kann. Dieser Vergleich baut auf die Daten der Arbeitskalkulation als Sollwerte und einer gezielten Berichterstattung mit Zuordnung zu Tätigkeiten auf der Baustelle.

Mit den Daten einer Nachkalkulation kann zwar nicht mehr steuernd in einen Prozess eingegriffen werden, aber es können zuverlässige Werte für spätere Kalkulationen gebildet werden. Bei großen Bauvorhaben ist eine schnelle Zwischenauswertung von Bauabschnitten sehr sinnvoll, um in den folgenden Bauabschnitt noch regelnd eingreifen zu können.

Durch umfangreiche Erhebungen auf verschiedenen Baustellen und deren Auswertung mittels mathematischer Statistik können Mittelwerte gebildet werden, die eine wesentliche Beurteilung der Aufwandswerte zulassen.

Untersuchungen zu Aufwandswerten bei Rahmentafel-Wandschalungen ergaben Abhängigkeiten der Aufwandswerte von der Zusammensetzung der Schalelemente. Selbst bei gleich großen Schafflächen kann durch unterschiedliche Zusammensetzung der Einheiten eine unterschiedliche Anzahl an Verbindungselementen und Ankerstellen entstehen.



Abbildung 40 zusammengesetzte Universalschalung

Bei der Betrachtung von Deckenschalungssystemen ergaben sich in dem oben genannten Forschungsbericht Abhängigkeiten der m^2 -Aufwandswerte von der Geschosshöhe. Mit steigender Geschosshöhe steigt auch der Aufwandswert. Der Anschluss der Deckenschalung an Wandflächen hat ebenfalls entscheidenden Einfluss auf die Größe des Aufwandswertes.

Um Schalungssysteme miteinander vergleichen zu können, müssen allerdings die anfallenden Kosten und deren Abhängigkeiten sehr genau betrachtet werden. Um Kennzahlen der Schalung zu bilden, muss eine Soll-Ist-Vergleichsrechnung aufgestellt und die entstandenen Abweichungen beurteilt werden.

Bei der Kostenbetrachtung kann eine Unterscheidung in fixe Kosten und variable Kosten erfolgen. Diese wiederum können in lineare oder intervallfixe bzw. sprungfixe Kosten unterteilt werden. Die fixen Kosten sind Bereitstellungskosten die entstehen, damit die Erbringung einer Leistung möglich wird. Sprungfixe Kosten können zum Beispiel durch einen zusätzlich nötig gewordenen Kran oder zusätzliche Schichten entstehen.

Variable Kosten können proportional, degressiv oder progressiv verlaufen.

Literatur 17 VDI [1988] Forschungsbericht Nr. 85

Literatur 18 Drees, Paul [2000] Kalkulation von Baupreisen

Werden die Gesamtkosten aus variablen und fixen Kosten zusammengesetzt, so ist der Kostenverlauf eine Überlagerung beider Funktionen. Für hohe anfallende Fixkosten ist eine große hergestellte Stückzahl notwendig, um die Fixkosten pro Stück gering zu halten. Als Umkehrschluss dessen wird bei kleinen Mengen eher eine Lösung gewählt, die mit geringen Fixkosten und hohen variablen Kosten auskommt. Bei großen Stückzahlen fällt die Wahl eher zu einer Lösung mit hohen Fixkosten und mit geringen variablen Kosten.

Um allgemeine Baukostenberechnungen auf die Betrachtung von Schalungssystemen zu übertragen, muss der damit verbundene Bauablauf detailliert untersucht werden. Der Bauablauf ist aber kein statisches, exakt zu berechnendes System. Er stellt eine komplexe, dynamische Organisation mit einer Vielzahl von Regelkreisen und Steuerungsmechanismen dar.

Zur Steuerung des Bauablaufes ist die Wahl einer optimalen Maßnahme von bestimmten Zielen abhängig, die einzeln oder gemeinsam angestrebt werden.

Diese können Verkürzung der Bauzeit (auch mit eventuellen Mehrkosten), Optimierung von Ausführungszeit und anfallenden Kosten, beste Kapazitätsauslastung von Arbeitskräften und Geräten, Verminderung von erkannten Risiken, Verbesserung des Bauverfahren, Ausnutzung von Vorteilen (extra Vergütung von Winterzuschlägen) oder ähnliche sein.

Die Optimierung dieser Baustellenabläufe mit computergestützten Programmsystemen ist nur bedingt möglich. Mathematisch exakte und heuristische Verfahren können das Spektrum der Einflüsse und voneinander abhängigen Faktoren nicht in ausreichendem Maße berücksichtigen. Wenn keine geschlossene mathematische Darstellung möglich ist, bietet die Simulation die am besten geeignete Lösungsmethode.

Die von Dipl.-Ing. Dr. techn Hofstadler in der

Literatur 19 Hofstadler [2001] Lohnende Optimierung; Bauwirtschaft Ausgabe 6

vorgestellte Untersuchung zum Herstellungsprozess von Stahlbetondecken bei Fließfertigung widmet sich dem Thema der EDV-gestützten Optimierung. Dabei werden in das Programm Optima Gleichungen eingegeben, die die Korrelation von ca. 300 Einflussfaktoren ermöglicht. Ziel ist es dabei, die maßgeblichen Einflüsse herauszufinden und mit Fokus auf diese wenigen Einflüsse Tendenzen in der Kurvendarstellung zu erkennen. Durch die Kurvenauswertung geht ein lokales Minimum an Kosten hervor, das zumindest die günstigste Anzahl der Fertigungsabschnitte auf einen kleinen Bereich reduziert. Basierend auf dem in dieser Literatur dargestellten Beispiel geht eine vertiefende Untersuchung dann auf die Anzahl der Fertigungsabschnitte zwischen 4 und 8. Das bedeutet sicherlich eine große Hilfe-

stellung, lässt allerdings auch noch eine große Variation offen und befreit nicht von der Beachtung ganz spezieller Anforderungen jeder Baustelle.

Bei der Suche nach einer optimalen Lösung sollte der Ansatz nicht eine Verbesserung der bestehenden Lösung sein, sondern ausgehend von einer „idealen“ Lösung die Anpassung dieser an die Realität erfolgen.

Die Aufwandswerte für Schalungssysteme werden von allen Herstellern unterschiedlich angegeben und beruhen auf deren statistisch ermittelten oder meist im Optimalfall erreichbaren Zeiten.

In der Literatur befindliche Werte schwanken bei Wandschalung zwischen 0,4 und 1,0 h/m² und beim Schalen von Decken zwischen 0,5 und 0,8 h/m².

Literatur 20 Drees, Paul [2000] Kalkulation von Baupreisen

Im Handbuch Arbeitsorganisation Bau wurden bereits vor Jahren Richtzeiten für verschiedene Rahmenschalungen für Wände und auch für Scharbeiten mit loser Schalhaut differenziert nach Bausteinen der Systemschalung veröffentlicht.

Literatur 21 Handbuch Arbeitsorganisation Bau [1991] 1.03 Richtzeiten Scharbeiten mit loser Schalhaut

Literatur 22 Handbuch Arbeitsorganisation Bau [1986] 1.03 Richtzeiten Scharbeiten Rahmenschalung Wände

In diesem Handbuch werden für jedes Systemteil (jede Tafelgröße, Ecken, Gurte, Laschen, Zwingen...) der Schalung einzelne Werte ausgewiesen. Beim Zusammenstellen dieser Systemteile für eine bestimmte Fläche lassen sich somit Gesamtaufwandswerte ermitteln. Die Autoren weisen allerdings auch hier darauf hin, dass ein Übertragen der ermittelten Werte auf beliebige Grundrisse nicht möglich ist, da die Bezugsgröße m² als sehr problematisch angesehen wird.

Um die Kostendifferenz zwischen zwei alternativ möglichen Varianten zu bilden, muss geprüft werden, welche Einsparungen eine Lösung im Vergleich zur anderen Lösung erreichen kann. Die Betrachtung muss dabei in einem sinnvollen Zeitabschnitt und bezogen auf einen Fertigungsabschnitt miteinander verglichen werden. Um das Spektrum der Einflüsse einzugrenzen, sollten alle nahezu gleich bleibenden Faktoren unberücksichtigt bleiben und der Fokus auf die sich stark verändernden Größen gerichtet werden.

Eine andere Form des Variantenvergleichs ist die Ermittlung der Wirtschaftlichkeitsgrenze. Dabei wird untersucht, ab welcher Grenze sich die Vorteile eines Verfahrens gegenüber den anderen durchsetzen.

Um die maßgeblichen Werte unterschiedlicher Varianten sinnvoll zu erfassen, wurde eine Systematik der Werteerfassung angestrebt. Dabei wurden nur ausgewählte Kosten und Einflüsse berücksichtigt. Keine Berücksichtigung fanden die Logistik auf der Baustelle, mögliche Entsorgungsaufwendungen und zusätzlich notwendige Voraussetzungen auf der Baustelle (Kran, Lagerfläche..).

Systematik der Kostenzusammenstellung für angebotene Sonderlösungen im Schalungsbau

Zu lösende Aufgabe

Vergleich: Variante 1 - Variante 2

- Antransport
- Mietkosten
- Materialeinsatz
- Wiederholungsfaktor auf der Baustelle
- Zeitaufwand
 - Einschalen
 - Ausschalen
 - Reinigung
- Wiederverwendbarkeit der Lösung
- Abtransport

4.3.1 Vergleich von Rundstützenschalung

Die folgenden Betrachtungen zum Einsatz einer Stahlform für das Einschalen von Rundstützen erfolgt unter getroffenen Annahmen. Dazu gehören ein angenommener Mittellohn von 30 €/h, die Nutzung einer Stahlform für alle Stützen ohne Berücksichtigung zeitlicher Zwänge, keine Berücksichtigung von Einarbeitungsauswirkungen und mit Annahmen für die Krankkosten. Die Aufwandswerte entsprechen zum Teil der Erfassung der Baustelle, Weimar Tiefgarage und sind teilweise Schätzwerte.

Die Gegenüberstellung soll die Vielschichtigkeit der Einflüsse und Auswirkung der Veränderung einzelner Parameter zeigen.

Beim Schalungsbau für 7 gleiche Rundstützen und unter Berücksichtigung des Bauortes ist die Verwendung von Rundstützen-Pappschalung günstiger (siehe Anlage A1).

Ab der 8. Rundstütze wird die Verwendung einer Stahlform günstiger (siehe Anlage A2). Der Grenzwert der beiden Funktionen liegt bei 7,83 Anwendungen (siehe Anlage A3).

Unter Vernachlässigung der An- und Abtransportkosten für die Stahlschalung von Berlin nach Weimar (Lagerort der Schalung) verschiebt sich die Stückzahl auf unter 3, bei der ein Einsatz von Stahlschalung wirtschaftlich wird. Damit wird der enorme Einfluss der Transportkosten auf die Schalung deutlich (siehe Anlage A4).

Durch geringfügige Veränderung im Mittellohn auf 33 €/h verschiebt sich der wirtschaftliche Einsatz der Stahlschalung bereits wieder auf über 3 Stützen (siehe Anlage A5).

4.3.2 Vergleich von Stirnabschalung bei Wandschalung

Die Firma Peri bietet für das Abschalen von Wänden mit durchgehender Bewehrung ein spezielles Abschalelement (Trio) an. Nach Werksangabe ist das Abschalen damit über 40% günstiger auszuführen als die konventionelle Art mit Holz oder Streckmetall.

Ohne Berücksichtigung von Kosten für Antransport und logistischen Aufwand und unter der Annahme einer 2,7m hohen Wand und damit der Nutzung eines Standardelementes ist bereits bei 2-facher Nutzung des Abschalelementes in einem Monat diese Lösung kostengünstiger. (siehe Anlage A6)

Die Mietkosten sind Katalogpreise und die Aufwandswerte orientieren sich an dem Vergleichsblatt der Firma Peri. Die Kosten für den Antransport sind hier in Verbindung mit anderen Schalelementen zu sehen und haben nicht entscheidenden Einfluss. Einen Einarbeitungseffekt gibt es bei beiden Varianten und selbst bei Wiederverwendbarkeit von Teilen der Holzabschalung stellt sich die Variante mit dem Abschalelement von Peri als günstiger dar.

Mit den 2 möglichen Systemhöhen der Elemente passt sich das Sonderteil an die Wandschalungssystemmaße von Peri ein. Wichtig für den Einsatz sind allerdings die Berücksichtigung der geforderten Wandbreite und die erforderliche Betondeckung der Bewehrung, die mit dem System übereinstimmen muss.



Abbildung 41 TRIO Abschalelement - Holzabschalung

4.3.3 Vergleich von Türaussparung im System mit konventioneller Lösung

Für den Vergleich wird eine Türaussparung mit den Maßen 2,10 x 0,95m bei einer Wandstärke von 24 cm angenommen.

Für die Peri Aussparungsschalung (Kaufschalung) bedeutet das:

2x Vertikalleibung a 193,5 cm	2 x 59,40 €
2x Eckleibung a 42,7 cm	2 x 24,80 €
3x Ausschalstreifen	3 x 2,15 €
3x Aussteifungsplatte	3 x 33,60 €

Summe 275,65 €

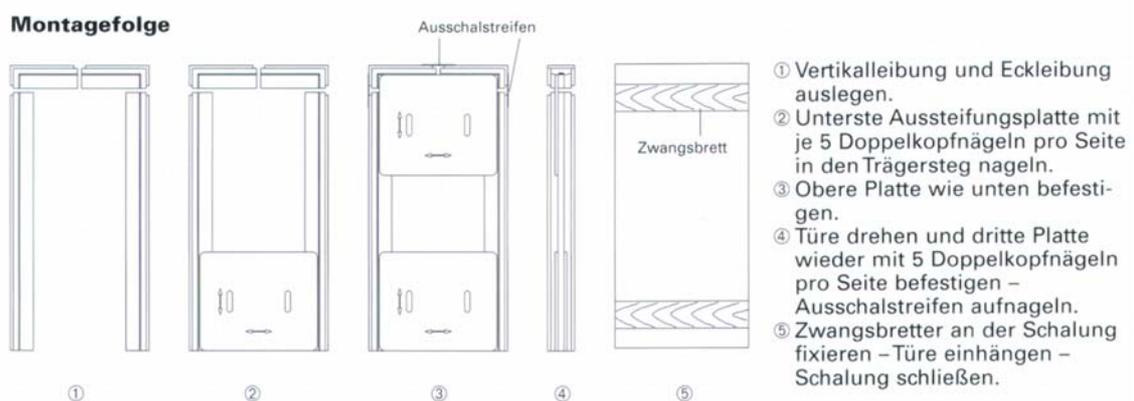


Abbildung 42 Peri ASP Aussparungsschalung

Der zeitliche Aufwand wird bei dieser Schalung etwa bei einer Stunde liegen.

Bei der Alu-Türschalung TITAN von Ischebeck werden folgende Teile verbunden:

2x Eckträger mit Seitenträger	1 x 650,00 €
1x Nebenträger	1 x 35,00 €
3x Kanalstreben	3 x 180,00 €
4x Montagewinkel	1 x 31,00 €

	Mietschalung	Summe 1256,00 €
+ Schalhaut		ca. 20 €



Abbildung 43 Ischebeck TITAN Aussparungsschalung

Für die Erstmontage werden laut Hersteller 1 h/m² angegeben und für Ein- und Ausschalen weitere 0,5 h/m².

Für unsere Tür ergibt sich daraus:

- 2 Stunden Erstmontage
- 1 Stunde Einschalen

Für eine reine holzgeschaltete Türaussparung wird Holz im Wert von ca. 40 € verbraucht und es wird eine Einmalnutzung angenommen.

Der zeitliche Aufwand dafür beträgt laut Baustellenangaben ca. 1,5 - 2 Stunden.



Abbildung 44 Holz- Aussparungsschalung

Der Antransport der Schalung ist baustellenabhängig und wird nicht betrachtet. Die Wiederholung der Schalungsnutzung ist auf den Mindestmietzeitraum von 30 Tagen bezogen.

Bis zur vierten Nutzung ist die konventionelle Holzschalung am günstigsten. Ab der vierten Nutzung ist die Ischebeck Systemlösung günstiger und ab der fünften Nutzung auch die Peri ASP. (siehe Anlage A7)

Die Türschalung von Ischebeck ist im Vergleich zur Peri Schalung bis zur 18. Nutzung günstiger. Dabei ist zu beachten, dass zum einen die 18. Nutzung innerhalb von 30 Tagen fragwürdig ist, aber auch die Haltbarkeit der Peri Schalung wird bei 18 Wiederholungen an ihre Grenzen kommen. (siehe Anlage A8)

Die kostenseitigen Unterschiede der beiden Sonderschalungen untereinander sind nicht so wesentlich wie das Einsparungspotential gegenüber der reinen Holzschalung.

5. Zusammenfassung

Die Verwendung von entwickelten Sonderlösungen der Schalungsanbieter ist oft kostengünstiger als die „Bastelarbeit“ auf der Baustelle. Der Kostenvergleich bei den Varianten verlangt aber eine ganzheitliche Betrachtung des Schalungsprozesses. Dabei darf der Blick nicht ausschließlich auf den Kosten der Schalungsmiete liegen, sondern muss auch das zeitliche Einsparungspotential der Lösung beachten.

Das Ausfüllen von vorgeschriebenen Standard-Leistungsverzeichnissen zur Preisvergleichsbildung für den Vergleich der konkurrierenden Anbieter ist dabei nicht unbedingt dienlich. Die alternativ angebotene Sonderlösung findet dabei meist keine Beachtung, da der reine Mietpreis abschreckt.

Alle betrachteten Sonderlösungen der Schalungsanbieter erreichen ihren wirtschaftlich sinnvollen Einsatz bereits nach wenigen Wiederholungsfaktoren. Die Nutzung dieser Schalungen sollte deshalb auch schon bei wenigen Einsätzen in Erwägung gezogen werden.

Voraussetzung ist, dass die Sonderlösung allein die entsprechende Funktion erfüllen kann und nicht doch noch ein weiteres Zuschalen mit Holz erforderlich ist. Wenn einmal Holz auf der Baustelle gesägt werden muss, ist der Vorteilseffekt der Sonderlösung schnell aufgebraucht.

Die Erfahrungen mit den dazu gehörigen Aufwandswerten zu Schalungssystemen kann jede Baufirma nur für sich selbst ermitteln, da auch hier die Angaben je nach Betrachter sehr stark differieren.

Mit der Einzelbetrachtung von besonders aufwendigen Schalungsaufgaben können Arbeitsabläufe wesentlich gestrafft und Kosten reduziert werden. Am letzten Beispiel bedeutet das unter den gesetzten Voraussetzungen die Halbierung der Schalkosten pro Tür.

Bei Bauobjekten mit schalungsseitig sehr großem Anspruch können die vom Schalungsanbieter angebotenen Sonderlösungen die Wirtschaftlichkeit der Gesamtkonstruktion auch dementsprechend beeinflussen.

Allgemein gültige Aussagen lassen sich allerdings nicht treffen, da jede Baustelle ihren eigenen Schwierigkeitsgrad besitzt.

Die Hürden bei der Verwendung von Sonderlösungen sind natürlich eng mit der Verwendung von Systemschalung gekoppelt. Die bereits erwähnten, viel zu engen Termine machen eine Kostenoptimierung oft unmöglich.

Voraussetzung einer Kostenoptimierung ist in jedem Fall ein ausreichender Planungsvorlauf und nicht die leider üblich gewordene „baubegleitende“ Projektierung.

Schon die Qualität der Ausschreibungsunterlagen hat wesentlichen Einfluss auf das Schalungssystem. Die in Ausschreibungen angegebenen Schalungsmaße sind meist cirka Werte (3,5 - 4m Höhe; Länge 100 lfdm) und es finden sich oft Textpassagen wie „Großelemente sind zu planen“. Die spätere Ausführung kann völlig anders aussehen, wenn später eine Höhe von 2,9 m ausgeführt wird und viele Wandsprünge ausgeführt werden müssen.

Die Erfassung und statistische Auswertung der Ist-Zeiten sollte so detailliert wie möglich und mit Angabe der Rahmenbedingungen sein, um für künftige Kalkulationen die auf der Baustelle vorhandenen Gegebenheiten ausreichend zu berücksichtigen. Eine einfache Auswertung für ganze Bauobjekte auf den m²-Schalung ist für die Betrachtung von Sonderlösungen nicht genügend aussagekräftig.

Es existieren mittlerweile Sonderlösungen für fast alle Anwendungsfälle im Hochbau. Sowohl die bauteilspezifischen, als auch die Ergänzungen zu Systemschalungen sind ausgereift und bereits bei wenigen Einsätzen wirtschaftlich sinnvoll. Ab wann eine Lösung wirklich vorteilhaft ist, lässt sich nur unter Beachtung der Besonderheiten der Baustelle ermitteln.

Anlage

Anlage A1

zu lösende Aufgabe

Vergleich Stahlschalung - Pappschalung

Mittellohn/h		30,00 €
Stückzahl		7

Variante 1 Variante 2

allgemeine Kosten

Berlin-Weimar	Antransport		200,00 €	20,00 €
	Abtransport		200,00 €	20,00 €
	Entsorgung		0,00 €	20,00 €
	Summe		400,00 €	60,00 €
	pro Stk.		57,14 €	8,57 €

Materialkosten pro Stück

Katalogpreise Mietpreisbestimmung	Vorhaltemenge		1	7
	Schalungswert		2.777,25 €	105,00 €
	Grundkosten einmalig	1,5%	41,66 €	
	Mietpreis 30 Tage	3,5%	97,20 €	
	Reparatur/Reinigung	2,2%	61,10 €	
	Richtstützen, Bühne+			
	Befestigungen gleich		0,00 €	0,00 €
	Summe		199,96 €	735,00 €
	pro Stk.		28,57 €	105,00 €

Lohnkosten pro Stück

Aufwandswert	h/Stk.	3,00	2,00
Einarbeitungszuschlag		0,00	0,00
Grundmontage		0,00 €	0,00 €
Demontage		0,00 €	0,00 €
Summe		90,00 €	60,00 €

Gerätekosten pro Stück

Kranbindung		0,20	0,00
Krankosten/Zeiteinheit		30,00 €	0,00 €
Summe		6,00 €	0,00 €

Summe Schalungskosten pro Stütze

181,71 €	173,57 €
----------	----------

Anlage A2

zu lösende Aufgabe Vergleich Stahlschalung - Pappschalung

Mittellohn/h		30,00 €
Stückzahl		8

Variante 1 Variante 2

allgemeine Kosten

Berlin-Weimar	Antransport		200,00 €	20,00 €
	Abtransport		200,00 €	20,00 €
	Entsorgung		0,00 €	20,00 €
	Summe		400,00 €	60,00 €
	pro Stk.		50,00 €	7,50 €

Materialkosten pro Stück

Katalogpreise Mietpreisbestimmung	Vorhaltemenge		1	8
	Schalungswert		2.777,25 €	105,00 €
	Grundkosten einmalig	1,5%	41,66 €	
	Mietpreis 30 Tage	3,5%	97,20 €	
	Reparatur/Reinigung	2,2%	61,10 €	
	Richtstützen, Bühne+			
	Befestigungen gleich		0,00 €	0,00 €
	Summe		199,96 €	840,00 €
	pro Stk.		25,00 €	105,00 €

Lohnkosten pro Stück

Aufwandswert	h/Stk.	3,00	2,00
Einarbeitungszuschlag		0,00	0,00
Grundmontage		0,00 €	0,00 €
Demontage		0,00 €	0,00 €
Summe		90,00 €	60,00 €

Gerätekosten pro Stück

Kranbindung		0,20	0,00
Krankosten/Zeiteinheit		30,00 €	0,00 €
Summe		6,00 €	0,00 €

Summe Schalungskosten pro Stütze

171,00 €	172,50 €
-----------------	-----------------

Anlage A3

zu lösende Aufgabe

Vergleich Stahlschalung - Pappschalung

Mittellohn/h		30,00 €
Stückzahl		1

Variante 1 Variante 2

Fixe Kosten pro Stütze

Lohnkosten pro Stück

Aufwandswert	h/Stk.	3,00	2,00
Einarbeitungszuschlag		0,00	0,00
Grundmontage		0,00 €	0,00 €
Demontage		0,00 €	0,00 €
	Summe	90,00 €	60,00 €

Gerätekosten pro Stück

Kranbindung		0,20	0,00
Krankosten/Zeiteinheit		30,00 €	0,00 €
	Summe	6,00 €	0,00 €

Variable Kosten

allgemeine Kosten

Berlin-Weimar

Antransport		200,00 €	20,00 €
Abtransport		200,00 €	20,00 €
Entsorgung		0,00 €	20,00 €
	Summe	400,00 €	60,00 €
	pro Stk.	400,00 €	60,00 €

Materialkosten pro Stück

Katalogpreise
 Mietpreisbestimmung

Vorhaltemenge		1	1
Schalungswert		2.777,25 €	105,00 €
Grundkosten einmalig	1,5%	41,66 €	
Mietpreis 30 Tage	3,5%	97,20 €	
Reparatur/Reinigung	2,2%	61,10 €	
Richtstützen, Bühne+			
Befestigungen gleich		0,00 €	0,00 €
	Summe	199,96 €	105,00 €
	pro Stk.	199,96 €	105,00 €

Gesucht ist Grenzwert der Stückzahl

$$\text{Funktion} = \text{Variable Kosten} / x + \text{Fixe Kosten}$$

$$x = 7,83$$

Anlage A4

zu lösende Aufgabe

Vergleich Stahlschalung - Pappschalung

Mittellohn/h		30,00 €
Stückzahl		3

Variante 1 Variante 2

allgemeine Kosten

Berlin-Weimar	Antransport		0,00 €	0,00 €
	Abtransport		0,00 €	0,00 €
	Entsorgung		0,00 €	0,00 €
	Summe		0,00 €	0,00 €
	pro Stk.		0,00 €	0,00 €

Materialkosten pro Stück

Katalogpreise Mietpreisbestimmung	Vorhaltemenge		1	3
	Schalungswert		2.777,25 €	105,00 €
	Grundkosten einmalig	1,5%	41,66 €	
	Mietpreis 30 Tage	3,5%	97,20 €	
	Reparatur/Reinigung	2,2%	61,10 €	
	Richtstützen, Bühne+ Befestigungen gleich		0,00 €	0,00 €
	Summe		199,96 €	315,00 €
	pro Stk.		66,65 €	105,00 €

Lohnkosten pro Stück

Aufwandswert	h/Stk.	3,00	2,00
Einarbeitungszuschlag		0,00	0,00
Grundmontage		0,00 €	0,00 €
Demontage		0,00 €	0,00 €
Summe		90,00 €	60,00 €

Gerätekosten pro Stück

Kranbindung		0,20	0,00
Krankosten/Zeiteinheit		30,00 €	0,00 €
Summe		6,00 €	0,00 €

Summe Schalungskosten pro Stütze

162,65 €	165,00 €
-----------------	-----------------

Anlage A5

zu lösende Aufgabe Vergleich Stahlschalung - Pappschalung

Mittellohn/h		30,00 €
Stückzahl		3

Variante 1 Variante 2

allgemeine Kosten

Berlin-Weimar	Antransport		0,00 €	0,00 €
	Abtransport		0,00 €	0,00 €
	Entsorgung		0,00 €	0,00 €
	Summe		0,00 €	0,00 €
	pro Stk.		0,00 €	0,00 €

Materialkosten pro Stück

Katalogpreise Mietpreisbestimmung	Vorhaltemenge		1	3
	Schalungswert		2.777,25 €	105,00 €
	Grundkosten einmalig	1,5%	41,66 €	
	Mietpreis 30 Tage	3,5%	97,20 €	
	Reparatur/Reinigung	2,2%	61,10 €	
	Richtstützen, Bühne+			
	Befestigungen gleich		0,00 €	0,00 €
	Summe		199,96 €	315,00 €
	pro Stk.		66,65 €	105,00 €

Lohnkosten pro Stück

Aufwandswert	h/Stk.	3,00	2,00
Einarbeitungszuschlag		0,00	0,00
Grundmontage		0,00 €	0,00 €
Demontage		0,00 €	0,00 €
Summe		90,00 €	60,00 €

Gerätekosten pro Stück

Kranbindung		0,20	0,00
Krankosten/Zeiteinheit		30,00 €	0,00 €
Summe		6,00 €	0,00 €

Summe Schalungskosten pro Stütze

162,65 €	165,00 €
-----------------	-----------------

Anlage A6

zu lösende Aufgabe

Vergleich Abschalelement Trio - Holzschalung

Mittellohn/h		30,00 €
Stückzahl		2

Variante 1 Variante 2

allgemeine Kosten

Antransport		0,00 €	0,00 €
Abtransport		0,00 €	0,00 €
Entsorgung		0,00 €	0,00 €
	Summe	0,00 €	0,00 €
	pro Stk.	0,00 €	0,00 €

Materialkosten pro Stück

	Vorhaltemenge		1	2
Katalogpreise Mietpreisbestimmung	Schalungswert		593,00 €	20,00 €
	Grundkosten einmalig		26,69 €	
	Mietpreis 30 Tage		35,62 €	
	Reparatur/Reinigung		0,00 €	
		Summe	62,31 €	40,00 €
	pro Stk.	31,16 €	20,00 €	

Lohnkosten pro Stück

Aufwandswert	h/Stk.	0,50	1,50
Einarbeitungszuschlag		0,00	0,00
Grundmontage		0,00 €	0,00 €
Demontage		0,00 €	0,00 €
	Summe	15,00 €	45,00 €

Gerätekosten pro Stück

Kranbindung		0,00	0,00
Krankosten/Zeiteinheit		0,00 €	0,00 €
	Summe	0,00 €	0,00 €

Summe Schalungskosten pro Stütze

46,16 €	65,00 €
----------------	----------------

Anlage A7

zu lösende Aufgabe Vergleich Türabschalung Systemlösung - Holz

Mittellohn/h		30,00 €
Stückzahl		3

		Variante 1	Variante 2	Variante 3
		TITAN	ASP	Holz
allgemeine Kosten				
Antransport		0,00 €	0,00 €	0,00 €
Abtransport		0,00 €	0,00 €	0,00 €
Entsorgung		0,00 €	0,00 €	0,00 €
	Summe	0,00 €	0,00 €	0,00 €
	pro Stk.	0,00 €	0,00 €	0,00 €

		Variante 1	Variante 2	Variante 3
		TITAN	ASP	Holz
Materialkosten pro Stück				
Vorhaltemenge		1	1	3
Katalogpreise	Schalungswert	1.256,00 €	275,65 €	40,00 €
Mietpreisbestimmung	Grundkosten einmalig	1,5%	18,84 €	
	Mietpreis 30 Tage	3,5%	43,96 €	
	Reparatur/Reinigung	2,2%	27,63 €	
	Schalhaut	20,00 €	0,00 €	0,00 €
	Summe	110,43 €	275,65 €	120,00 €
	pro Stk.	36,81 €	91,88 €	40,00 €

		Variante 1	Variante 2	Variante 3
		TITAN	ASP	Holz
Lohnkosten pro Stück				
Aufwandswert	h/Stk.	1,00	1,00	1,50
Einarbeitungszuschlag		0,00	0,00	0,00
Grundmontage		60,00 €	0,00 €	0,00 €
Demontage		0,00 €	0,00 €	0,00 €
	Summe	50,00 €	30,00 €	45,00 €

		Variante 1	Variante 2	Variante 3
		TITAN	ASP	Holz
Gerätekosten pro Stück				
Kranbindung	h/Stk.	0,20	0,00	0,00
Krankosten/Zeiteinheit		30,00 €	0,00 €	0,00 €
	Summe	6,00 €	0,00 €	0,00 €

Summe Schalungskosten pro Stütze	92,81 €	121,88 €	85,00 €
---	----------------	-----------------	----------------

Anlage A8

zu lösende Aufgabe Vergleich Türabschalung Systemlösung - Holz

Mittellohn/h		30,00 €
Stückzahl		18

		Variante 1	Variante 2	Variante 3	
		TITAN	ASP	Holz	
allgemeine Kosten					
	Antransport	0,00 €	0,00 €	0,00 €	
	Abtransport	0,00 €	0,00 €	0,00 €	
	Entsorgung	0,00 €	0,00 €	0,00 €	
	Summe	0,00 €	0,00 €	0,00 €	
	pro Stk.	0,00 €	0,00 €	0,00 €	
Materialkosten pro Stück					
	Vorhaltemenge	1	1	18	
	Schalungswert	1.256,00 €	275,65 €	40,00 €	
Katalogpreise	Grundkosten einmalig	1,5%	18,84 €		
Mietpreisbestimmung	Mietpreis 30 Tage	3,5%	43,96 €		
	Reparatur/Reinigung	2,2%	27,63 €		
	Schalhaut	20,00 €	0,00 €	0,00 €	
	Summe	110,43 €	275,65 €	720,00 €	
	pro Stk.	6,14 €	15,31 €	40,00 €	
Lohnkosten pro Stück					
	Aufwandswert	h/Stk.	1,00	1,00	1,50
	Einarbeitungszuschlag		0,00	0,00	0,00
	Grundmontage		60,00 €	0,00 €	0,00 €
	Demontage		0,00 €	0,00 €	0,00 €
	Summe		33,33 €	30,00 €	45,00 €
Gerätekosten pro Stück					
	Kranbindung	h/Stk.	0,20	0,00	0,00
	Krankosten/Zeiteinheit		30,00 €	0,00 €	0,00 €
	Summe		6,00 €	0,00 €	0,00 €
Summe Schalungskosten pro Stütze			45,47 €	45,31 €	85,00 €

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 Regelkreis Schalarbeiten – siehe Literatur 1	9
Abbildung 2 Einflüsse auf den Leistungswert	10
Abbildung 3 Framax Universalelemente; Doka Katalog	16
Abbildung 4 Doka Stützenschalung KS , Katalog Doka	17
Abbildung 5 Trägerschalung Katalog Doka	17
Abbildung 6 unbelegte Rahmenschalung, Katalog Doka	18
Abbildung 7 Rundstützenschalung	18
Abbildung 8 konventionelle Schalung (Dokaflex 1-2-4; Katalog Doka)	23
Abbildung 9 Topec ; Hünnebeck Katalog	24
Abbildung 10 Topec Baustelle	24
Abbildung 11 Dokaflex-Tische mit Verfahrwagen und Umsetzgabel ; Doka Katalog	25
Abbildung 12 Ischebeck Unterzugzwinge	27
Abbildung 13 Hünnebeck Unterzugzwinge	27
Abbildung 14 Halbfertigteilbalken	28
Abbildung 15 Schachtschalungen eingeschalt – ausgeschalt (Hünnebeck-Manto)	28
Abbildung 16 Hünnebeck Ronda	29
Abbildung 17 Ovalstützen Paschal	29
Abbildung 18 Paschal-Katalog Brückenpfeiler	30
Abbildung 19 Doka-Katalog Planetarium	30
Abbildung 20 Noe-Katalog Hausschalung	30
Abbildung 21 Howal Treppenform	31
Abbildung 22 Türschalung Ischebeck	32

Abbildung 23 manuelle Türschalung	32
Abbildung 24 Wandanschlüsse	34
Abbildung 25 Anschlussbewehrung in Decke	34
Abbildung 26 6-Stufen-Methode der Systemgestaltung, REFA	38
Abbildung 27 Anschlussbewehrung am Betonierabschnitt / Wandanschluss	40
Abbildung 28 Anschlussbewehrung am Betonierabschnitt eines Deckenfeldes	40
Abbildung 29 Passstreifen zum Schalungssystem	41
Abbildung 30 geplante Passstreifen zum System / Bewehrungsanschlüsse	41
Abbildung 31 Schräger Anschluss Wand-Decke mit Ausgleichsbrettern	42
Abbildung 32 Rundstütze mit Konsolausbildung	42
Abbildung 33 Ausbildung von Deckengefälle	43
Abbildung 34 Ausbildung von Höhenausgleich bei Bewehrungsanschlüssen	44
Abbildung 35 Anschlussbewehrung	44
Abbildung 36 Bewehrungsrückbiegeanschluss als Deckenanschluss	45
Abbildung 37 Bewehrungsrückbiegeanschluss in Praxis und als Schema (Halfen-Katalog)	45
Abbildung 38 Bewehrungsrückbiegeanschlüsse aufgebogen in Praxis und Schema (Halfen-Katalog)	46
Abbildung 39 TRIO Abschalelement MT/MTF Peri, Werksunterlagen	46
Abbildung 40 zusammengesetzte Universalschalung	51
Abbildung 41 TRIO Abschalelement - Holzabschalung	56
Abbildung 42 Peri ASP Aussparungsschalung	57
Abbildung 43 Ischebeck TITAN Aussparungsschalung	58
Abbildung 44 Holz- Aussparungsschalung	58

Literaturverzeichnis

Literatur 1 Bauer [1994] Baubetrieb 1	8
Literatur 2 Hofstadler [2002] Optimierung von Stahlbetonarbeiten über Regelkreise ; Bauwirtschaft Ausg.11	8
Literatur 3 Bauer [1994] Baubetrieb 2	10
Literatur 4 Hofstadler [2004] Bauablaufplanung-Interaktions-Diagramm zur Leistungsermittlung von Schalarbeiten für die Stahlbetonarbeiten ; Baumarkt Ausg.2.....	10
Literatur 5 Krampert [1986] Der Einfluss von Arbeitseinsatz und Arbeitstakt auf die Kosten von Hochbauten in Ortbeton.....	14
Literatur 6 Hofstadler [1999] Dissertation.....	14
Literatur 7 Doka Werksunterlagen.....	16
Literatur 8 Hünnebeck Werksunterlagen	20
Literatur 9 Ischebeck Werksunterlagen	27
Literatur 10 Hofstadler [2003] Einsparpotential bei Stahlbetonarbeiten Baumarkt Ausg. 6.....	36
Literatur 11 Hofstadler [2003] Schalungsgrad: Die wichtige Kennzahl für Schalungsintensität ; Baumarkt Ausg. 9 und 11	36
Literatur 12 Bauer [1994] Baubetrieb 1	36
Literatur 13 REFA [1984] Fachausschuss Bauwesen, REFA in der Baupraxis, Teil 3	37
Literatur 14 Peri Werksunterlagen.....	46
Literatur 15 VDI [1990] Forschungsbericht Nr. 98	49
Literatur 16 REFA [1978] Methodenlehre.....	50
Literatur 17 VDI [1988] Forschungsbericht Nr. 85	52

Literatur 18 Drees, Paul [2000] Kalkulation von Baupreisen	52
Literatur 19 Hofstadler [2001] Lohnende Optimierung; Bauwirtschaft Ausgabe 6	52
Literatur 20 Drees, Paul [2000] Kalkulation von Baupreisen	53
Literatur 21 Handbuch Arbeitsorganisation Bau [1991] 1.03 Richtzeiten Scharbeiten mit loser Schalhaut	53
Literatur 22 Handbuch Arbeitsorganisation Bau [1986] 1.03 Richtzeiten Scharbeiten Rahmenschalung Wände	53

Empfohlene Literatur

- Drees, Bahner [1993] Kalkulation von Baupreisen
- Paschal Werksunterlagen
- Meva Werksunterlagen
- Noe Werksunterlagen
- Wendler Werksunterlagen
- Dalli Baukasten-Schalungssysteme Werksunterlagen

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich bei Dipl.-Ing. T. Teichgräber und den, an der Baustelle Tiefgarage Weimarplatz in Weimar beteiligten Mitarbeitern der Firma Strabag, dem Herrn Liebert von der Firma Hünnebeck und nicht zuletzt bei dem Betreuer meiner Arbeit Herrn Dipl.-Ing. T. Kath für die vielen dienlichen Hinweise, konstruktiven Anregungen und Erklärungen bedanken.

Selbständigkeitserklärung

Ich erkläre, das ich die vorliegende Arbeit selbständig und nur unter Verwendung der angegebenen Quellen und Hilfsmittel angefertigt habe.

Oschatz, 14.03.2005

Matthias Schurig