



# Auf der Suche nach dem richtigen Schalungssystem

Gemeinsam mit Forschungspartnern aus der Industrie und mit Unterstützung der KTI, der Förderagentur für Innovation des Bundes, wird an der ETH Zürich ein prozessbasiertes Entscheidungsmodell entwickelt, mit dem die Schalungssystemauswahl erleichtert und verbessert werden soll.

Text: Max Kersting und Gerhard Girmscheid, ETH, Institut für Bauplanung und Baubetrieb, Zürich // Fotos: zvg.

Durch den immer weiter zunehmenden Zeitdruck bei heutigen Bauprojekten wird der bereits jetzt schon kurze Zeitraum zwischen Ausschreibung und Vergabe weiter reduziert. Hinsichtlich der Schalungssystemauswahl soll in diesem Zeitraum aber eine kosten- und zeitrelevante Entscheidung für die projektspezifisch optimale Verfahrenskombination getroffen werden. Ohne systemorientierte Entscheidungshilfe erfolgt die Auswahl daher in den meisten Fällen auf Basis von projektspezifischen Leistungswerten, persönlicher Erfahrungen oder Vorlieben, ohne dabei jedoch die projektspezifischen Rahmenbedingungen zu berücksichtigen.

## Wie finde ich das kostenoptimale Schalungssystem?

Zur Entwicklung eines hierfür anwendbaren Entscheidungsmodells wurde mit Unterstützung der KTI, der Förderagentur für Innovation des Bundes, an der ETH Zürich ein Forschungsprojekt gestartet, das unter Einbeziehung industrieller Forschungspartner (Bauunternehmen und Schalungshersteller) diese Problemstellung untersucht. Ziel des ETH-Forschungsprojekts ist die Entwicklung eines prozessbasierten, kybernetisch-systemorientierten Entscheidungsmodells für die Auswahl der projektspezifisch zeit- und kostenoptimalen Schalungssysteme für mehrgeschossige

Hochbauten. Um die Entscheidungsträger bei der Systemwahl zu unterstützen, werden unterschiedliche Schalungssystemkombinationen in einer vierstufigen Schalungs-Auswahl-Prozess-Analyse durchleuchtet. In dieser Analyse werden neben den Kosten auch die Gebäudegeometrie, die Arbeitseffektivität und die Logistikinteraktionen berücksichtigt. Nur durch die Integration dieser projektspezifischen Rahmenbedingungen ist ein belastbares Analyseergebnis zu erwarten.

## Bauprozesse müssen strukturiert werden

Um eine diskrete Zuordnung aller notwendigen Bautätigkeiten zu ermöglichen, ist ►



vorrangig eine klare Strukturierung der Bauproduktionsprozesse notwendig (siehe auch Girmscheid 2007):

- **Bauproduktionsprozess**  
(Gebäude erstellen)
- **Hauptprozesse**  
(Baugrube, Rohbau, Ausbau ...)
- **Modulprozesse**  
(Baugrubensicherung, Aushub, Wände erstellen, Decken erstellen ...)
- **Elementarprozesse**  
(Decke ausschalen, Schalung umsetzen, Decke einschalen ...)
- **Tätigkeiten**  
(Anhängen, Heben, Katze fahren, Absenken, Abhängen ...)

Vor der eigentlichen Berechnung wird die prinzipielle Anwendbarkeit der zur Verfügung stehenden Schalungssysteme geprüft. Sind zum Beispiel die Fassadenöffnungen sehr klein, kann dies bedeuten, dass Deckentische direkt bei dieser Stufe als ungeeignet identifiziert werden.

#### Teil I: Geometrische-Weg-Zeit-Analyse

In diesem ersten Teilmodell werden die geometrischen Randbedingungen in die Analyse integriert. Neben Länge und Breite des Regelgeschosses werden auch die Abmessungen und die Lage des Kerns berücksichtigt. Weiter wird ermittelt, wo und wie die Schalungssystembestandteile nach

dem Betonier- und Aushärtvorgang auf die nächste Ebene umgesetzt werden können. Durch Abbildung der zurückzulegenden Wegstrecken sowohl auf der Ebene wie auch zwischen den Ebenen (mittels Kran) in Kombination mit den durchschnittlichen Umsetzungsgeschwindigkeiten und Einzel-Tätigkeitsdauern werden die Basis-Elementar-Prozessdauern ermittelt.

#### Teil II: Arbeitszeit-Verbrauchs-Analyse

Im nächsten Teilmodell wird die jeweilige Ressourcenverfügbarkeit pro Elementarprozess beurteilt. Darunter versteht man die potenziellen Variationen in der Wahl der Equipenstärke und der Equipenanzahl, die dem jeweiligen Elementarprozess zugeordnet werden können. Die Variation der Ressourcen resultiert in einer veränderten Arbeitseffektivität. Daher wird für jede mögliche Arbeitsgruppenkombination angegeben, zu welcher Arbeitseffektivität dies führt. Durch die Information Arbeitseffektivität ist es möglich, die Basis-Elementar-Prozessdauern korrekt äquivalent zur tatsächlich gewählten Arbeitskräfteanzahl in die entsprechende Aktivitätsdauer zu überführen. Diejenigen Elementarprozesse, die miteinander interagieren, werden in einer speziellen Cyclone-Analyse (siehe Halpin 1979) untersucht. Dies betrifft u.a. das Umsetzen der Deckentische von Ebene  $i$  auf Ebene

$i+1$ . Die Ausschalequipe interagiert mit dem Kran auf Ebene  $i$ , der Kran wiederum mit der Einschalequipe auf Ebene  $i+1$ . Ziel der Cyclone-Analyse ist es, die Arbeitsgruppenkombinationen und die daraus resultierenden Wartezeiten zu bestimmen und anschließend zu bewerten. Unter Berücksichtigung der notwendigen Vor- und Nachlaufzeiten werden Arbeitsgruppen gebildet und in einer Arbeitskräfteeinsatzplanung zusammengeführt. Daraus resultieren die Aktivitätsdauern pro Ebene  $i$ . Die Gesamtaktivitätsdauer pro Ebene  $i$  muss die Vorgabe des Zielarbeitstaktes erfüllen. Ist dies nicht der Fall, werden in einem oder mehreren Iterationsschritten die Arbeitsgruppen variiert. Zum Abschluss dieses Teilmodells werden für sämtliche Ebenen die einzelnen Gesamtaktivitätsdauern addiert und unter Berücksichtigung der notwendigen Vor- und Nachbereitungszeiten der vorgegebenen Gesamtprojektdauer gegenübergestellt. Wird die Gesamtprojektdauer überschritten, müssen erneut die Arbeitsgruppen variiert werden. Ein Schalungssystem wird dann als ungeeignet eingestuft, wenn sich trotz aller Arbeitsgruppenvariationen die Gesamtprojektdauer nicht einhalten lässt. Für den Fall, dass die Gesamtprojektdauer unterschritten werden kann, wird dieser Zeitvorteil in die abschliessende Kostenermittlung im Teilmodell IV einbezogen. ▶

### Teil III: Logistik-Interaktionen-Analyse

Im vorangegangenen Teilmodell wurde bisher nur die Interaktion des Krans berücksichtigt, wenn dieser unmittelbar mit den schalungsrelevanten Elementarprozessen interagiert. In diesem Teilmodell wird nun untersucht, welche Interaktionen zwischen den verschiedenen Rohbauprozessen wie auch den Ausbauprozessen auftreten und zu welcher Kranauslastung dies schlussendlich führt. Durch diese Untersuchung ist es möglich, die notwendige Krananzahl zu bestimmen bzw. die bereits gewählte Krananzahl auf die Kompatibilität mit dem gewählten Schalungssystem hin zu überprüfen.

### Teil IV: Kalkulation der schalungsrelevanten Kosten

Mit Hilfe der Ergebnisse aus den vorangegangenen Teilmodellen ist es nun möglich, den Lohnstundenverbrauch zu ermitteln, der bei der Auswahl des jeweiligen Schalungssystems zu erwarten ist. Auch der aus der Systemwahl resultierende Geräteinsatz bzw. -verbrauch kann nun bestimmt werden. Bei der abschliessenden Kalkulation nach dem ökonomischen Minimalprinzip werden alle schalungsrelevanten Kosten zusammengefasst betrachtet. Diejenigen Kosten, die nicht durch die Schalungsauswahl beeinflusst werden, bleiben unberücksichtigt. Dies reduziert den Berechnungsaufwand deutlich. Im letzten Schritt werden die Ergebnisse der verschiedenen Schalungssystemkombinationen gegenübergestellt, wobei sowohl der Kosten- als auch der Zeitfaktor (evtl. Reduzierung der Gesamtprojektdauer) bewertet werden.

### Zunahme der Prognosemöglichkeit

Durch die Einbeziehung der Gebäudegeometrie, der Arbeitseffektivität und der Logistikinteraktionen ist eine deutliche Zunahme der Prognosegenauigkeit möglich. Nur dadurch ist es möglich, eine fundierte Entscheidung bei der Schalungssystemauswahl zu treffen. ■

#### Literatur:

G. Girmscheid: Bauproduktionsprozesse des Tief- und Hochbaus, Eigenverlag des IBB an der ETH Zürich, Zürich, 2007.

D.W. Halpin, R.W. Woodhead, R. Gareis: Planung und Kontrolle von Bauproduktionsprozessen, Springer, Berlin u.a., 1979.

## Wie die Hochleistungsschalungen in die Schweiz kamen

Die Schalungstechnik hat eine bewegte Geschichte hinter sich. Auch in der Schweiz. Wir haben uns mit Josef Röllin – der die Fortschritte in der Schalungstechnik hautnah miterlebte – über den Wandel der Systeme unterhalten.



«die baustellen»: **Erinnern Sie sich noch, als die ersten Systemschalungen in der Schweiz auf den Markt kamen?**

Josef Röllin: 1964 gab uns der Gewerbeschullehrer den Auftrag, einen Schnitt durch eine Wandschalung zu zeichnen. Alle, bis auf einen, zeichneten die Schaltafel, das stehende Kantholz, die Longarinen und die Verschwenklatte mit dem Pfahl. Ein Schüler allerdings zeichnete etwas ganz anderes. «Was soll denn das sein», fragte der Lehrer mit aufgebracht Stimme. «Das ist eine Schaltafel, eine Eisen-schiene und ein Distanzhalter. Die Kanthölzer brauchen wir nur noch am Stoss der Schaltafeln, um zu richten», antwortet der Schüler. Daraufhin drehte sich der Lehrer zur Klasse und stellte klar: «Merkt es euch: Niemals wird es Betonschalungen ohne Schaltafeln und Kanthölzer geben!» Um den Frieden zu wahren, zeichneten wir bis zum Ende der Lehrzeit herkömmliche Schalungen.

### Und wie ging es weiter?

Gerade in den 60er-Jahren fand eine eigentliche Revolution in der Schalungstechnik statt. Die industrielle Bauweise mit Hochleistungsschalungen – vorab in Frankreich mit Stahlschalungen, in Dänemark und Deutschland mit Holz-Stahl-Schalungen – fand nun auch den Weg in die Schweiz.

### Und wo gelangten die neuen Schalungssysteme in der Schweiz zum Einsatz?

Bei uns wurden im ganzen Land Zivilschutzanlagen erstellt. Zum Schalen dieser Bauten erhielten unzählige Varianten von Grossflächenschalungen Einzug auf Schweizer Baustellen. Die Grossflächenschalungen bekamen aber schon bald Konkurrenz durch die Rahmenschalung. Als erste Rahmenschalung in der Schweiz dürfte die Form-Look-Kassette von Plyfa gelten. Später haben Rahmenschalungen mit DW-Bundstellen deutscher Herkunft die Form-Look-Kassette abgelöst. Zusätzlich zu den Zivilschutzanlagen wurden in der ganzen Schweiz Kläranlagen mit Faultürmen erstellt. Diese zylinderförmigen Bauten verlangten runde Schalungen. Eifrig wurden in der Folge aus ebenflächigen Grossflächenschalungen gebogene Rundschalungen entwickelt. Die Integration von Kletterkonsolen führte zu zusätzlichen Wettbewerbsvorteilen.

### Das rationellere Bauen verlangte sicher auch nach neuen Systemen für Decken?

Auch hier gelangte die Wirtschaftlichkeit in den Fokus der Anbieter. Da waren die V-Stütze von Plyfa, der Milltisch von CK, die X-Stütze von Cobeton, die D2-Rahmen von Holzco oder die Aluminium-Grossflächentische von Aluit und Plyfa. Das beim traditionellen Deckenschalen vorherrschende Kantholz wurde durch den H20-Träger ersetzt beziehungsweise Sprisswinden mit Dreibeinen. Metallrahmen mit Sperrholzbeschichtungen verdrängten die herkömmlichen Kassetten aus Holz. Der Autobahnbau – insbesondere die Tagbautunnelabschnitte – forderte die Schalungsbauer erneut. Fast könnte man sagen, dass jene Schalungsanbieter, welche die Herausforderung zur Konstruktion von selbstfahrenden oder selbstkletternden Schalungen nicht annahmen, ihre Zukunft negativ bestimmten. ■