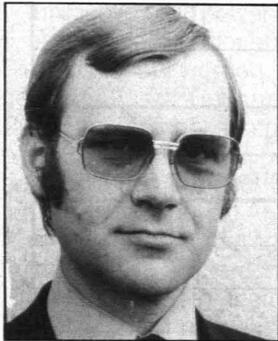




## Selbstklettertechnik — eine kostensparende Schalungsmethode für hohe Bauwerke



*Ernst PÜRRENER, Dipl.-Ing., Jahrgang 1944, Studium des Bauingenieurwesens an der TU Wien, Prokurist der Österreichischen DOKA Schalungs- u. Gerüstungstechnik Ges.m.b.H., Amstetten.*

*Seit 1973 im obigen Unternehmen tätig mit Schwerpunkt Anwendungstechnik, Entwicklung sowie statische Berechnung von Schalungen und Gerüsten.*

**Die Herstellung hoher Betonbauwerke war von Anfang an durch nahezu gleichzeitig entstandene, völlig diametrale Schalungsmethoden gekennzeichnet. Es kann daher zum Verständnis des Themas Selbstkletterschalung — Kosteneinsparung nicht auf eine Betrachtung der Gleitschalungsmethode verzichtet werden.**

**Somit führt die vorliegende Arbeit nach einem kurzen Vergleich beider Methoden zur modernen Selbstkletterschalung mit großflächigen Schalungselementen und zeigt mögliche wirtschaftliche Einsatzbereiche auf. Besonderer Wert wird jedoch auf die genaue Arbeitsplanung beim Einsatz sowie auf die richtige, konsequente Einschulung der Bedienungsmannschaft gelegt.**

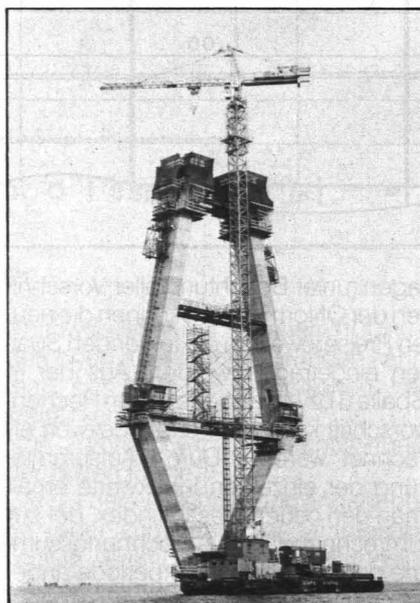
### 1. Zwei gegensätzliche Schalungsmethoden: Geschichte, Definition

Zur Herstellung hoher Betonbauwerke entstanden frühzeitig »moderne« Schalungsmethoden. So wurde das Gleitschalungsverfahren bereits 1903 [1] in Amerika eingesetzt.

Diese Gleitschalungsmethode ist ein kontinuierliches Herstellungsverfahren, bei dem die Schalung am erstarrten Beton vorbeigleitet.

Der Bewegungsvorgang erfolgte zunächst von Hand aus, wurde aber später durch hydraulische Antriebe wesentlich modernisiert und in den frühen 50er-Jahren vor allem auch in Europa für die Herstellung von Silos, Türmen, Kaminen und anderen hohen Bauwerken eingesetzt. Mit einer Baugewindigkeit von ca. 3—7 m in 24 Stunden können beliebig hohe Bauwerke praktisch fugenlos hergestellt werden.

Mit der Kletterschalungsmethode entstand fast gleichzeitig die Idee, das Bauwerk in Höhenabschnitten Stück für Stück herzustellen, wobei der Beton in der Schalung aushärtet [2]. Sie war damals schon mit einem selbstkletternden Gerüst ausgestattet. Der Umbau



der Schalung erfolgte jedoch meist manuell auf den Arbeitsbühnen des Gerüsts.

### 2. Trends in den letzten 15 Jahren

Mitte der 60er-Jahre wurde durch den immer häufigeren Einsatz von großflächigen Schalungselementen der Kran zum Hochsetzen benötigt. Begriffe wie

»umsetzen«, aber auch »klettern«, wurden für diesen Vorgang, der den Kran auf den Baustellen als wichtigstes Hebezeug unentbehrlich machte, verwendet. Diesem Trend folgend wurden schließlich zu Beginn der 70er-Jahre Kletterumsetzschalungen, oder einfach Kletterschalungen genannt, entwickelt.

**Eine Entlastung des Kranes mit Hilfe des Einsatzes der Selbstkletterschalung erleichtert die Einhaltung der Bauzeit sowie der kalkulierten Kosten wesentlich.**

Wesentliches Ziel war es dabei, die Kranabhängigkeit auf ein Minimum, nämlich auf das reine Hochsetzen, zu reduzieren. Dies wurde durch Ausbildung einer Umsetzeinheit erzielt, in der neben dem Großflächenelement die Gerüstkonstruktionen für die Verankerung am Beton, die Arbeitsflächen für die Bedienung und alle Einrichtungen zum Bewegen und Justieren der Schalung integriert sind.

Im Anschluß wurden daraus kranunabhängige Kletterschalungen entwickelt, die gegenüber den früheren Kletterschalungen generell großflächige Schalungselemente mit einem hohen Grad an Mechanisierung aufweisen. Diese modernen Kletterschalungen werden heute zur klareren Unterscheidung vielfach als Selbstkletterschalungen bezeichnet.

Im gleichen Zeitraum ist ein Trend zum verstärkten Einsatz von Kletterschalungen festzustellen. Dies vor allem auch bei Bauwerken, die noch vor 10 Jahren das Einsatzgebiet von Gleitschalungen waren. So werden z. B. Fernmel-

detürme in Deutschland seit einigen Jahren ausnahmslos in Kletterschalung gebaut [2].

Im folgenden werden die Ursachen für diese Tendenz sowie weitere konkrete Eigenschaften der Selbstkletterschalung, die eine Kosteneinsparung ermöglichen, aufgezeigt.

### 3. Ursachen für zunehmende Verwendung der Klettermethode

Grundsätzlich müssen die Ursachen für diese Trendwende in Veränderungen der Anforderungen an die Bauwerke sowie in geänderten gesellschaftlichen Bedingungen gesucht werden. Nachfolgend werden einige dieser Bedingungen, unter denen die Gleitschalungsmethode heute vorwiegend im europäischen Raum arbeitet, angeführt:

- Steigende Qualitätsanforderungen an Sichtbetonflächen und Genauigkeit der Bauwerke.
- Gewährleistung der gewünschten Lebensdauer des Bauwerkes gegen Umwelteinflüsse.
- Nacharbeit ist in Wohngebieten nicht erlaubt.
- Soziale Aspekte wie Freizeit und Wochenende erschweren eine permanente Tätigkeit der Gleitschalung.
- Zusätzliche Kosten für Nacht- und Wochenendarbeit.
- Die hohe Baugeschwindigkeit steht oft im Widerspruch zur Baugeschwindigkeit des gesamten Bauwerkes.

Letztlich führen natürlich alle diese Ursachen zu Mehrkosten und damit erklärt sich die oben angeführte Trendwende zur Kletterschalung. Gerade die Frage der Lebensdauer und Oberflächenqualität von Bauwerken steht zunehmend im Mittelpunkt.

Die vermehrten Umweltbelastungen (Luft, Regen, Tausalz) führen zu einer Art Betonkorrosion, die derzeit Gegenstand intensiver Forschungsarbeit ist. Darüberhinaus gibt es Spezialbauwerke, z. B. Kühltürme, die besonders aggressiven Komponenten im Kühlwasser ausgesetzt sind. Diese Wirkung wird durch Frost-Tau-Wechsel im Winterbetrieb noch verstärkt. So läuft beim Kühlturm Ibbenbüren erstmalig ein Forschungsverfahren, das diese Wirkungen untersucht. Beim Bau dieses

Kühlturmes wurden jedoch bereits vorbeugende Maßnahmen zur Sicherung der Lebensdauer ergriffen. Neben besonderer Sorgfalt bei der Auswahl der Betonrezeptur wurde ein großflächiges Kletterschalungssystem zur Vermeidung von Fugen und Absätzen gefordert. Die Baugenaugigkeit, die damit erreicht wurde, liegt beim vorliegenden Beispiel unter  $\pm 1$  cm [3].

Die Kletterschalungsmethode löst die oben angeführten Probleme durch die Grundidee einer diskontinuierlichen Herstellung des Bauwerkes mit optimal angepaßter Baugeschwindigkeit. Natürlich werden dabei die Geschwindigkeiten der Gleitschalung nicht erreicht, aber bei richtiger Organisation der Baustelle werden Tagestakte bis zu 4,0 m erzielt. Darüberhinaus ergeben sich positive Auswirkungen auf alle Teilbereiche des Betonbaues:

- Einfache Vermessung einer stehenden Schalung mit beliebiger Genauigkeit.
- Vorfabrizierte Bewehrungskörbe bis zu ganzen Querschnitten können in einem Stück eingebaut werden.
- Einbauteile und Aussparungen können exakt eingebaut werden.
- Überwachung und Abnahme ist auf einmal für einen ganzen Abschnitt möglich.
- Die Kapazität von Kran und Betonpumpe wird voll genutzt.

Diese kostensparenden Faktoren sind natürlich für die Selbstkletterschalung voll gültig. Jedoch werden sie durch weitere wesentliche Punkte ergänzt, wie nachfolgend gezeigt wird.

### 4. Kosteneinsparung durch Selbstkletterschalung

Die Entscheidung über den Einsatz einer Selbstkletterschalung an einem Bauwerk kann grundsätzlich erst nach einem Vergleich der Mehrkosten für das Schalungsgerät und der durch seinen Einsatz entstehenden Kosteneinsparungen getroffen werden. Nachfolgend werden die Möglichkeiten zur Kosteneinsparung aufgezeigt, wobei versucht wird, die teilweise komplex vernetzten Zusammenhänge zu erläutern.

Die entscheidenden Unterschiede in der Arbeitsweise der Selbstkletterschalung zur Umsetzschalung

- kranloses Klettern und
- permanente Führung an dem Bauwerk

zeigen die wesentlichen Möglichkeiten zur Kosteneinsparung auf:

#### — Kranunabhängigkeit

Mangel an Krankapazität durch zunehmend kürzere Zykluszeiten. Der Kostenfaktor Kran oder überhaupt die fehlende Möglichkeit, zusätzliche Kräne zu plazieren, führt auf vielen Baustellen zu einem Mangel an Krankapazität. Die Folgen sind Behinderungen, Wartezeiten und Bauverzögerungen, d. h. Mehrkosten.



Eine Entlastung des Kranes mit Hilfe des Einsatzes der Selbstkletterschalung erleichtert die Einhaltung der Bauzeit sowie der kalkulierten Kosten wesentlich.

#### — permanente Führung an dem Bauwerk

Verzögerungen der Bauzeit durch klimatische Einflüsse wie Wind werden vermieden.

Durch die permanente Verbindung mit dem Bauwerk auch während des Kletterns kann auch bei Windangriff bis ca. 70 km/h Windgeschwindigkeit problemlos geklettert werden. Dies sichert die Einhaltung der Bauzeit und vermeidet Kosten aus Wartezeiten besonders bei hohen Bauwerken.

Die Kosteneinsparung aus beiden Punkten ist wegen der Einarbeitungszeit wesentlich von der Bauwerkshöhe bzw. von der Anzahl der Einsätze abhängig.

Aufgrund von Erfahrungen bei bisher ausgeführten Bauwerken kann festgehalten werden, daß ab Bauwerkshöhen von 70 — 100 m bei Einzelbauwerken bzw. bei mindestens 40 — 50 Einsätzen an mehreren, niedrigeren Bau-



werken an der gleichen Baustelle, Selbstklettern eine Kostenersparnis bringt. Diese Grenzwerte sind natürlich grobe Richtwerte, die im Einzelfall, wie vorhin angeführt, durch eine Kostengegenüberstellung verifiziert werden müssen.

Die Kosteneinsparung kann durch gezielte Planung des Arbeitsablaufes wesentlich erhöht werden. Voraussetzung dazu ist ein Einschulungsprogramm, um die Einarbeitungszeit möglichst kurz zu halten. Bei optimaler Einarbeitung ist zu erwarten, daß nach 10 — 15 Wiederholungen der Endwert der Schalzeit/m<sup>2</sup> bei Selbstkletterschalung erreicht wird.

Künstner zeigte in seiner Studie über den Bau der Pfeiler der Kochertalbrücke (8 Pfeiler in Höhen zwischen 40 und 180 m) in eindrucksvoller Weise die Größenordnungen auf, die durch richtige Einarbeitung der Schalungsmannschaften erzielt werden können (Abb. 1). Im konkreten Fall waren es 3.000 Arbeitsstunden [4].

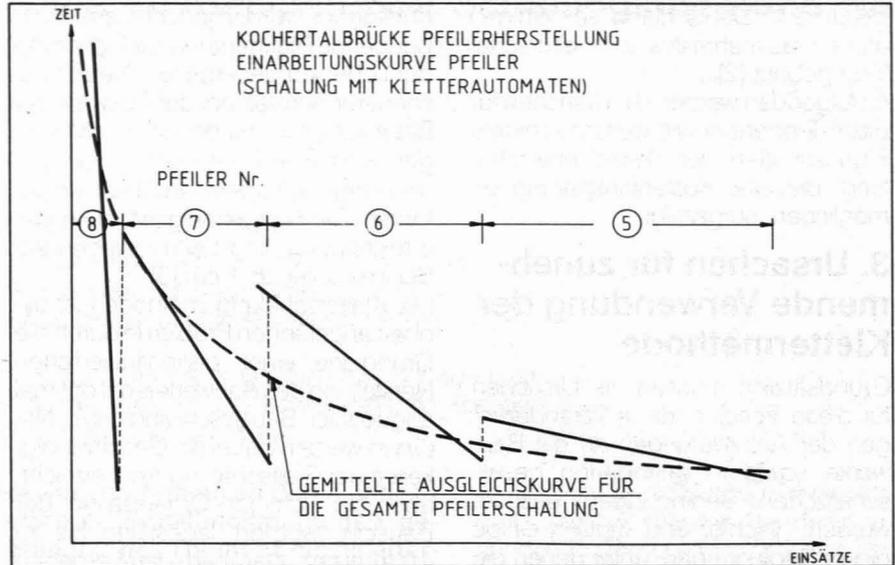


Abb. 1: Kochertalbrücke Pfeilerherstellung, Einarbeitungskurve Pfeiler (Schalung mit Kletterautomaten).

sieht man, daß rasches Erkennen und Eingreifen in der Beginnphase eines Bauwerkes wesentliche Probleme beseitigen kann und damit Kosten für die

der Schalungstechnik spielen diese Dienstleistungen eine ähnlich große Rolle wie die Software in der Datenverarbeitung.

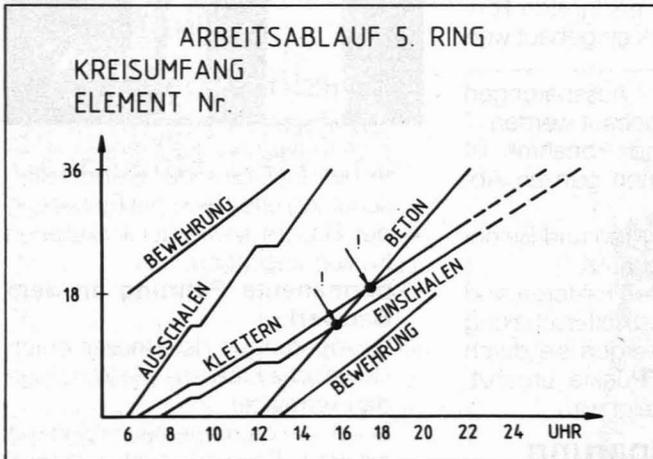


Abb. 2: Arbeitsablauf 5. Ring.

Daß es trotz konsequenter Unterweisung und Einschulung Probleme geben kann, zeigt das Beispiel des Kühlturmes Voitsberg. Dort wurde die Mannschaft im Herstellerwerk der Selbstkletterschalung trainiert. Trotzdem ergaben sich nach dem Trocken-training in der Praxis gewisse Einarbeitungsprobleme beim Klettern und Einschalen, die das nachfolgende Betonieren behinderten (Abb. 2). Die durch das Vortraining sehr kurze Einarbeitung innerhalb von 5 Einsätzen und geringfügige Verschiebungen des Arbeitsbeginnes der einzelnen Tätigkeiten ergaben sehr rasch einen optimalen Arbeitsablauf [5] (Abb. 3). Daraus

ganze Baudauer spart. Stellt man die Effizienz der Schalungstechnik in den Vordergrund, zeigt es sich, daß die kostengünstigste Ausführung nicht nur vom Einsatz der richtigen Geräte abhängt. Vielmehr sind eine Reihe organisatorischer Maßnahmen von großem Einfluß, wie z. B. eingearbeitete Mitarbeiter, optimale Mannschaftenstärke, zweckmäßige Größe der Bauabschnitte, optimierter Kraneinsatz, prompter Ersatzteildienst usw. Bei Einsatz moderner Schalungsgeräte können diese Anforderungen nur durch eine enge Kooperation zwischen Baufirma und Schalungslieferant wirkungsvoll erbracht werden. In

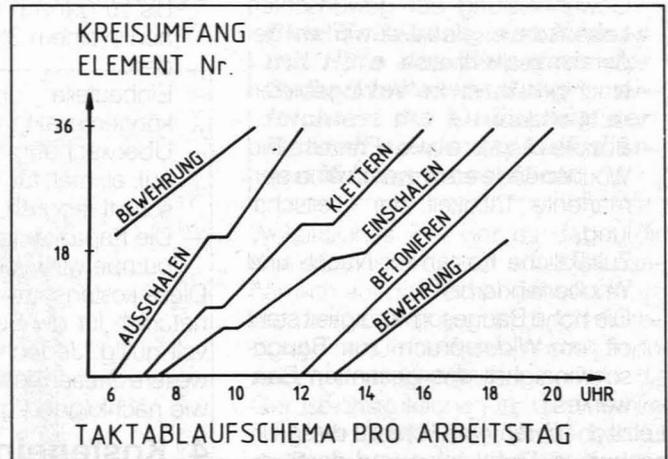


Abb. 3: Taktablaufscheema pro Arbeitstag.

## LITERATUR:

- [1] HOFFMANN, F.: Schalung und Rüstung 5.1.3.2. in Hütte Bautechnik, Band III, 29. Auflage, Springer-Verlag.
- [2] LINDNER, H.: Gleiten und Klettern, Beton 10/1984, Seite 397—404
- [3] BÖSCH, J. I.: Maßnahmen zur Qualitätssicherung gegen Beanspruchung aus der Atmosphäre beim Bau eines Naturzugkühlturmes, Tiefbau — Ingenieurbau — Straßenbau Heft 6/1983, Seite 369—376
- [4] KÜNSTNER: Arbeitskalkulation, Kostenkontrolle und Steuerung des Bauablaufes am Beispiel der Kochertalbrücke Geislingen, Referat Lindauer Bauseminar 1983
- [5] REITTERER, W., CICHOCKI, B.: Arbeitsvorbereitung am Beispiel Kühlturm Voitsberg bei Graz, Referat Lindauer Bauseminar 1983

