

# Untersuchungen - Frischbetondruck auf die senkrechte Schalung

## Erstarrungsverhalten des Betons als wesentliche Einflussgröße

Dipl.-Ing. (FH) Peter Aigenbauer, Dipl.-Ing. Dr.-techn. Alexander Reinisch

### Einleitung

Frischbeton zu verarbeiten setzt es voraus, die Einwirkung auf die Schalung zu kennen und zu berücksichtigen.

Die Entwicklungen im Bereich der Betontechnologie der letzten Jahre haben die Frischbetoneigenschaften sowie das Erstarrungsverhalten und das Erhärten des Betons teilweise beträchtlich verändert. Auch der Trend zur Verwendung höherer Konsistenzklassen ist generell zu verzeichnen. Alle diese Entwicklungen haben Einfluss auf die Verarbeitung des Betons und somit auch auf den Frischbetondruck.

Zur Bemessung bzw. Dimensionierung der Schalung ist es notwendig eine Annahme hinsichtlich des zu erwartenden Frischbetondrucks zu tätigen. Dazu sind folgende wesentliche Einflussparameter zu berücksichtigen:

- Betonierhöhe und Art der Einbringung
- Steiggeschwindigkeit
- Konsistenz
- Erstarrungsverhalten bzw. Erstarrungsende ( $t_E$ ) des Betons

Von folgenden Faktoren wird wiederum das Erstarrungsverhalten des Betons beeinflusst:

- Bindemittel, w/b-Wert, Betonzusatzstoffe
- Zusatzmittel (Betonverflüssiger, Fließmittel, Erstarrungsverzögerer,...)
- Frischbetontemperatur / Einbautemperatur / Umgebungstemperatur

### Untersuchungen

Im Zuge von wissenschaftlichen Untersuchungen in Form interner Versuche, einer Diplomarbeit der Fa. Doka und der engen Zusammenarbeit mit der Firma Bernegger wurden die einzelnen Einflussparameter in Form von Labor- und Baustellenversuchen auf ihre Bedeutsamkeiten untersucht. Speziell der Einfluss des Erstarrungsverhaltens bzw. die Bestimmung des Erstarrungsendes ( $t_E$ ) lag im Fokus der Untersuchungen.

In den Laborversuchen wurden mehrere Methoden zur Bestimmung des Erstarrungsendes ( $t_E$ ) des Betons auf unterschiedlichen Maßstabsebenen einander gegenübergestellt:

- Vicatversuch am Bindemittelleim (= „Zementmaßstab“) nach EN196-3
- Vicatversuch Mörtel (= „Mörtelmaßstab“) mit Normsand bzw. Gesteinskörnung Beton bis GK 4 nach EN 480-2
- Knetbeutelversuch (= „Betonmaßstab“) nach DIN 18218:2010-01

Im Zuge der Baustellenversuche wurden die Annahmen des zu erwartenden Frischbetondrucks nach der DIN 18218 durch Ankerlastmessungen bzw. Messungen des Frischbetondrucks an Wänden > 4m verifiziert.

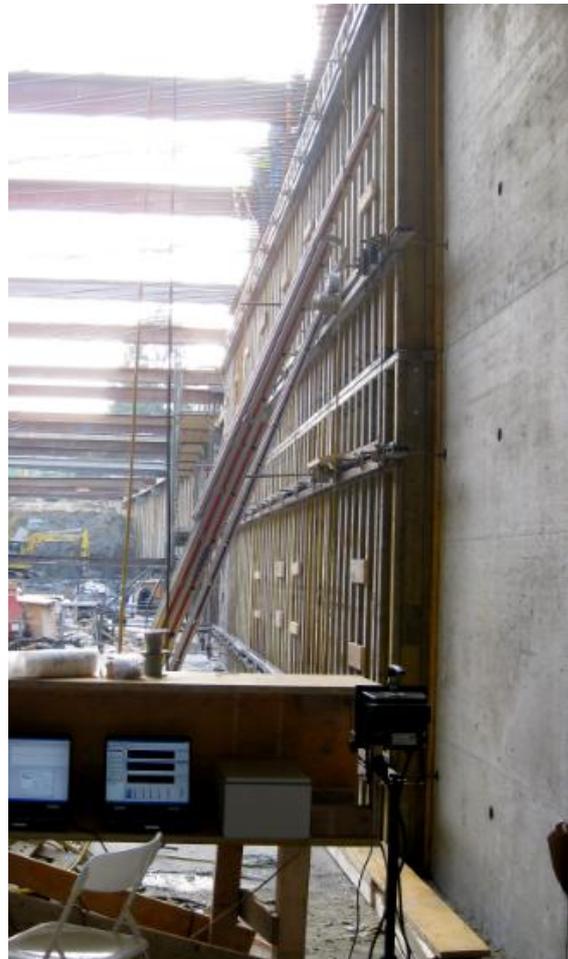


Abb. 1: Messung am Bauwerk

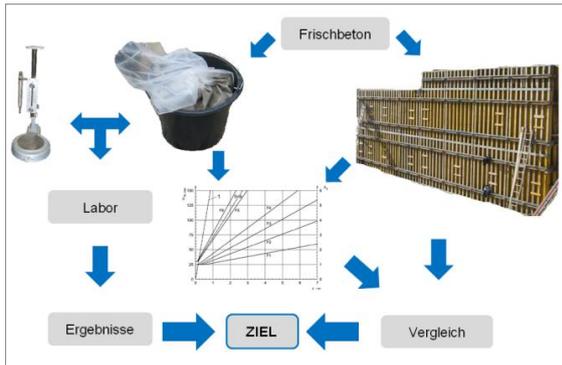


Abb. 2: Grafische Darstellung des Forschungsziels

### Ergebnisse

Die Untersuchungen haben bewiesen, dass die Ermittlung des Erstarrungsverhaltens mit beiden Varianten (Vicatverfahren und Knetbeutelverfahren) grundsätzlich möglich ist.

### Vicat:

Die Abstrahierung bzw. Annäherung der Zementleim- bzw. Mörtelrezeptur (ohne Zuschläge bzw. ohne Körnung >4mm) an die Transportbetonrezeptur, wie sie für die Vicat-Penetration notwendig ist, bedarf eines fundierten Hintergrundwissens und viel Erfahrung mit dem Baustoff Beton. Speziell realistische Dosierung der Fließmittel ist in diesem Maßstab sehr schwierig. Abweichungen durch kleine Mischinstrumente, im Vergleich zu den großen Mischern in einem Mischturm, sind gegeben. Das Weglassen der Zuschläge, wie es in der EN 196-3 (am Zementmörtel) vorgeschrieben wird, bedarf einer zusätzlichen Überlegung dieser Auswirkung auf den Wasser und Fließmittelbedarf.

Die Vicat-Penetration nach EN 480-2 weist Nachteile bei der Durchführung auf, da die Prüfnadel leicht durch Zuschläge abgelenkt bzw. irritiert werden kann.

Zusammenfassend ist zu sagen, dass speziell die Messverfahren mittels Vicat, an Bindemitteln und Mörteln, keine realistischen Werte für das tatsächliche Erstarrungsende des Betons liefern.

Das Verfahren nach Vicat eignet sich jedoch gut für vergleichende Versuche unterschiedlicher Bindemittel und zum Test unterschiedlicher Betonzusatzmittel und Zusatzstoffe.

### Knetbeutel

Das Knetbeutelverfahren liefert, aufgrund der Gesamtheit der Betonrezeptur, im Gegensatz zum Vicatverfahren realistische Werte zum tatsächlichen Erstarrungsende des Betons. Das Erstarrungsverhalten des Betons ist mit diesem Verfahren prognostizierbar. Die Schwierigkeit des Knetbeutelverfahrens liegt in der Ungenauigkeit der subjektiven Bewertung, die mittels Daumendruck und der Interpretation und Kategorisierung der einzelnen Messergebnisse erfolgt.

Die Durchführung des Knetbeutelverfahrens sollte direkt nach dem Mischen im Betonwerk (Mischanlage) angesetzt werden, nachdem der Beton zum Teil in das Mischfahrzeug geladen wurde. Bei Proben aus kleineren Labormischern (50l) wurden im Erstarrungsverhalten Abweichungen zu den Proben aus der Mischanlage festgestellt.

Die Durchführung sollte durch eine geschulte und immer gleiche Hand passieren, um den Ungenauigkeiten durch unterschiedliche Personen entgegen zu wirken.

### Verifizierung an der Baustelle

Die auf Basis der Ergebnisse aus den Messungen des Erstarrungsendes mittels Knetbeutel basierenden Annahmen bzw. Berechnungen des max. zu erwartenden Frischbetondrucks nach DIN 18218-2010-01 wurden zum größten Teil bestätigt. Anhand der enthaltenen Tabellen kann eine wirtschaftliche, schnelle und einfache Bemessung der erlaubten Steiggeschwindigkeit durchgeführt werden. Um die Fehlerquote der Messung durch das Knetbeutelverfahren zu kompensieren sollte mit dem gemessenen Erstarrungsende die nächst höhere Tabelle der DIN18218 gewählt werden.

### Resümee

Ein umfassendes Know How für die Ermittlung des Erstarrungsendes des Betons ist auf der Baustelle meist nicht vorhanden.

Alleine der Betonhersteller bzw. Labors sind befähigt diesen entschiedenen Wert des Erstarrungsendes  $t_E$  (im Rahmen der Erstprüfung) zu ermitteln und dem Kunden weitergeben. Nur durch eine qualitativ sichere Bewertung kann der Baustoff Beton in jeder Einbausituation sicher und wirtschaftlich verarbeitet werden.