

# Frischbetonuntersuchungen an „weichen Betonen“ für den Spezialtiefbau

Von Wolfgang Hemrich, Karlstadt, Roland Mellwitz und Thomas Arndt, Bernburg

passt werden, die vor Baubeginn aktuell mit allen Beteiligten besprochen werden müssen. Die oben beschriebenen Probleme lassen sich fast ausschließlich auf eine Betonzusammensetzung zurückführen, bei deren Entwicklung die Wasserabgabe des Betons unter Druckbeaufschlagung unzureichend berücksichtigt wurde.

## 1 Betone für den Spezialtiefbau

Im Spezialtiefbau werden Betone weicher Konsistenz („weiche Betone“) in erster Linie bei der Herstellung von Bohrpfählen (Bild 1) und Schlitzwänden eingesetzt. Diese Betone unterscheiden sich zum Teil deutlich von den üblichen im Hochbau verwendeten Rüttelbetonen. Je nach Anwendungsfall gibt DIN EN 1536 [1] Zielwerte und Toleranzen für die Konsistenz des Frischbetons vor, die jedoch nicht mit den Konsistenzklassen nach DIN EN 206-1 [2] übereinstimmen.

Die von den Spezialtiefbauunternehmen angeforderten Betone werden, wie auch alle anderen Betone, von hochqualifizierten Betontechnologen konzipiert. Die Frisch- und Festbetoneigenschaften werden nach den gültigen Normen, Richtlinien und Merkblättern in der Erstprüfung bestätigt. Dennoch kommt es in einigen Fällen bei den späteren Betonierungen auf den Baustellen zu Störungen. In der Regel sind es immer wiederkehrende Probleme wie z. B. starke Setzungserscheinungen des Frischbetons, schwer einzurüttelnde Bewehrung bei SOB-Pfählen, starkes Bluten des Betons (Bild 2), schwer zu bergende Verrohrungen und abreißende Betonsäulen – um nur einige zu nennen. Die Betonzusammensetzungen müssen an die baustellen-spezifischen Konstellationen ange-



Bild 1: Bohrpfehlwand

Foto: Schwenk



Bild 2: Bluten des Betons bei einem Gründungspfahl

Foto: Bauer Spezialtiefbau GmbH

## 2 Filterpressversuche

Die Richtlinie „Weiche Betone“ des ÖVBB [3] widmet sich ausschließlich diesem Thema. Diese Richtlinie gibt dem Betontechnologen ein Prüfverfahren an die Hand, mit dem er den „weichen Beton“ hinsichtlich seines Wasserrückhaltevermögens nunmehr anhand von Prüfwerten einstufen kann (Tafel 1). Durch den „Filterpressversuch“ wird die Stabilität des

Tafel 1: Werte für die maximale Filtratwassermenge (nach [3])

Kurzbezeichnung für die Stabilitätsklasse	FW20 <sup>1)</sup>	FW30 <sup>1)</sup>	FWA <sup>1) 2)</sup>
Filtratwassermenge – Erstprüfung	$FWM_{15} \leq 20 \text{ l/m}^3$ $FWM_{60} \leq 40 \text{ l/m}^3$	$FWM_{15} \leq 30 \text{ l/m}^3$ $FWM_{60} \leq 55 \text{ l/m}^3$	$FWM_{15} \leq \text{angeben}$ $FWM_{60} \leq \text{angeben}$
Filtratwassermenge – Konformität auf der Baustelle	$FWM_{15} \leq 25 \text{ l/m}^3$	$FWM_{15} \leq 35 \text{ l/m}^3$	$FWM_{15} \leq \text{EP FWM}_{15} + 5 \text{ l/m}^3$

<sup>1)</sup> Die Erstprüfung muss an der oberen festgelegten Grenze der geforderten Konsistenzklasse durchgeführt werden!

<sup>2)</sup> FWA: Die Filtratwassermenge FWM15 kann für den Bereich 30 l/m<sup>3</sup> bis 40 l/m<sup>3</sup> festgelegt werden und muss durch die Erstprüfung bestätigt werden.



Foto: Schwenk

Bild 3: Filterpresse nach ÖVBB

Betons (Blutneigung unter Druck) 15 min und 60 min nach Wasserzugabe überprüft. Das Prüfverfahren

eignet sich nicht nur zur Einstufung der Bohrpfehl- und Schlitzwandbetone, sondern es kann auch für In-

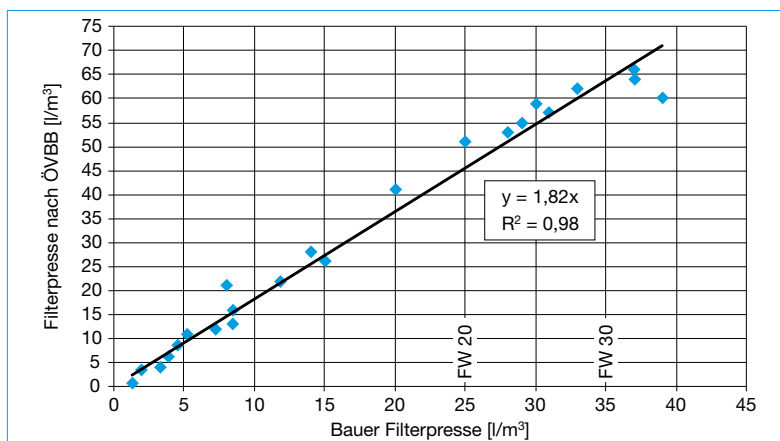


Bild 5: Korrelation der an verschiedenen Betonen ermittelten Filtratwassermengen mit der Filterpresse nach ÖVBB (y-Achse) und der Filterpresse nach Bauer (x-Achse)



Foto: Schwenk

Bild 4: Filterpresse nach Bauer

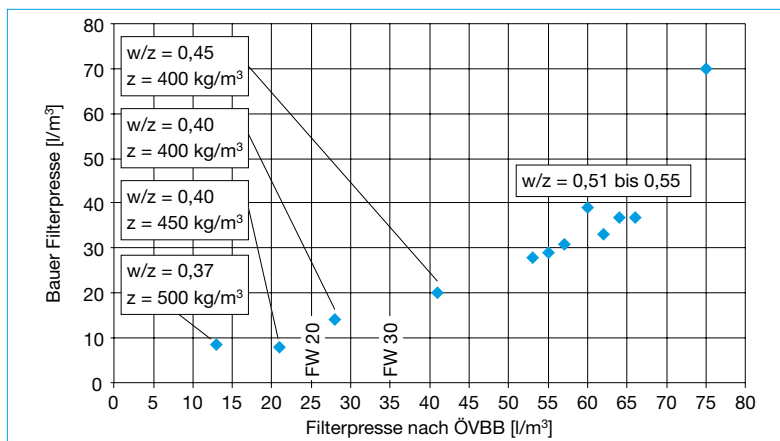


Bild 6: Korrelation der an Betonen verschiedener Wasserzementwerte ermittelten Filtratwassermengen mit der Filterpresse nach ÖVBB (y-Achse) und der Filterpresse nach Bauer (x-Achse)

nenschalenbetone, Unterwasserbetone, Selbstverdichtende Betone, Sichtbetone, Betone für Weiße Wannen usw. eingesetzt werden.

Analog der Filterpresse nach ÖVBB [3] (Bild 3) hat die Firma Bauer eine ähnliche Filterpresse (Bild 4) entwickelt. Im Prüfablauf gibt es gewisse Unterschiede zur Filterpresse nach ÖVBB. Durch umfangreiche Parallelversuche konnte jedoch eine gute Übertragbarkeit der Messwerte der Filterpresse nach Bauer auf die Richtlinie des ÖVBB nachgewiesen werden (Bilder 5 und 6).

### 3 Einflüsse auf die Mischungsstabilität

In umfangreichen Untersuchungen wurde der Einfluss betontechnologischer Parameter auf die mit der Filterpresse nach Bauer ermittelte Filtratwassermenge herausgearbeitet.

Bild 7 zeigt den Einfluss verschiedener Zementarten auf die ermittelte Filtratwassermenge. Die untersuchten Betonzusammensetzungen hatten jeweils einen Zementgehalt von  $400 \text{ kg/m}^3$ .

Die unterschiedlichen Wassergehalte (x-Achse in Bild 7) resultieren daraus, dass als Zielgröße ein einheitliches Ausbreitmaß von 620 mm angestrebt wurde. Die unterschiedliche Mischungsstabilität der Betone ist in diesem Fall abhängig von den Zementparametern Mahlfineheit, spezifische Oberfläche und Korngrößenverteilung. Diese Parameter beeinflussen auch maßgeblich den Wasseranspruch der Betonzusammensetzung. Ebenso können gleiche Zementtypen von unterschiedlichen Herstellern auch abweichende Blutwassermengen zur Folge haben. Es ist zu erkennen, dass die Betonzusammensetzungen mit CEM II- und

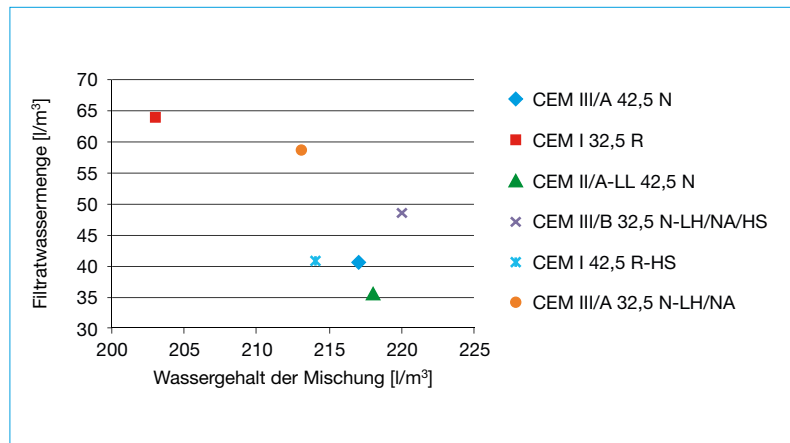


Bild 7: Mit der Bauer-Filterpresse an Betonen mit unterschiedlichen Zementarten ( $z = 400 \text{ kg/m}^3$ ) ermittelte Filtratwassermengen

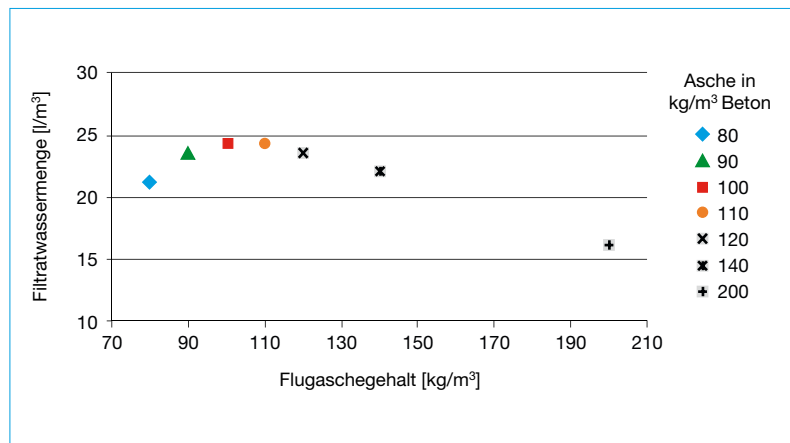


Bild 8: Mit der Bauer-Filterpresse an Betonen ( $z = 320 \text{ kg/m}^3$  CEM III/A 42,5 N,  $w/z_{\text{eq}} = 0,50$ ) mit unterschiedlichen Flugaschegehalten ermittelte Filtratwassermengen

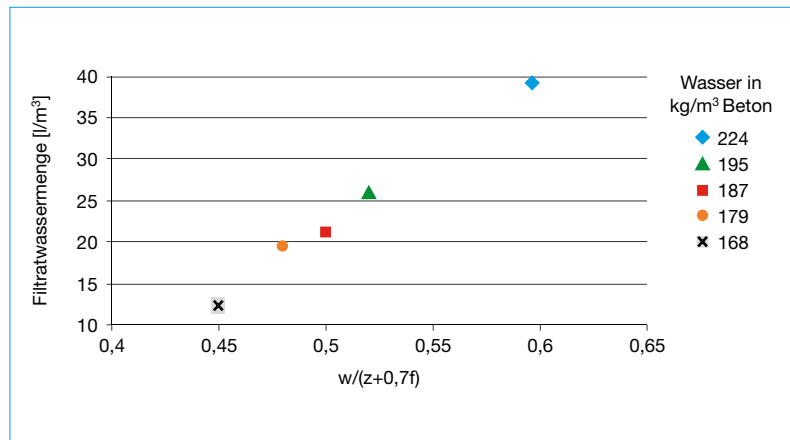


Bild 9: Mit der Bauer-Filterpresse an Betonen ( $z = 320 \text{ kg/m}^3$  CEM III/A 42,5 N,  $80 \text{ kg/m}^3$  Flugasche) mit unterschiedlichen Wasserzementwerten ermittelte Filtratwassermengen

CEM III-Zementen trotz höherer Wassergehalte eine geringe Filtratwassermenge und damit eine hohe Mischungsstabilität aufweisen.

Bei der Untersuchung unterschiedlicher Flugaschen an einer Betonzusammensetzung mit  $320 \text{ kg/m}^3$  CEM III/A 42,5 N und  $80 \text{ kg/m}^3$  bzw.  $120 \text{ kg/m}^3$  Flugasche konnten keine relevanten Unterschiede in der ermittelten Filtratwassermenge festgestellt werden. Zielgröße war auch hier wieder ein Ausbreitmaß von 620 mm. Der Wassergehalt der Mischungen differierte jedoch je nach Flugasche um bis zu  $10 \text{ l/m}^3$ .

Den Einfluss des Flugaschegehalts auf die ermittelte Filtratwassermenge zeigt Bild 8. Die hier betrachteten Betone hatten einen konstanten äquivalenten Wasserzementwert  $w/z_{\text{eq}}$  von 0,50. Bei üblichen Dosismengen der Flugasche von  $80 \text{ kg/m}^3$  bis  $100 \text{ kg/m}^3$  ist wohl ein Trend zu höheren Filtratwassermengen mit steigenden Flugaschegehalten erkennbar. Als einen *wesentlichen Einfluss* kann man dieses Ergebnis jedoch nicht bezeichnen. Die Ursache liegt darin begründet, dass die Anrechenbarkeit der Flugasche auf den äquivalenten  $w/z$ -Wert mit  $k = 0,7$  zulässig ist und bei der Entwicklung der Betonzusammensetzungen auch so berücksichtigt wurde. Hierdurch hebt sich der positive Effekt der Mehlkornanreicherung durch den höheren Flugaschegehalt mit überproportionaler Wasserzufuhr durch den  $k$ -Wert weitestgehend auf. Erst bei höheren Flugaschegehalten ( $\gg 100 \text{ kg/m}^3$ ) ist eine Abnahme der Blutwassermenge messbar, weil ein Teil der Flugasche ( $> 106 \text{ kg}$ ) dann nicht mehr angerechnet werden darf ( $320 \text{ kg} \cdot 0,33 \approx 106 \text{ kg}$ ).

Die Wirkung des äquivalenten Wasserzementwerts auf die Mischungsstabilität wurde durch Variation des

äquivalenten  $w/z$ -Werts zwischen 0,60 und 0,45 untersucht. Dazu wurde bei konstantem Zementgehalt von  $320 \text{ kg/m}^3$  und konstantem Flugaschegehalt von  $80 \text{ kg/m}^3$  der Wassergehalt entsprechend eingestellt. Der dabei aufgetretene Konsistenzverlust wurde durch Einsatz eines Fließmittels so kompensiert, dass ein Ausbreitmaß von ca. 620 mm bei allen Betonzusammensetzungen gemessen wurde. Bild 9 zeigt die deutliche Wirkung eines geringen Wasserzementwerts auf die Filtratwassermenge. Die gleiche Tendenz ergab sich sowohl bei einer Betonzusammensetzung mit  $120 \text{ kg/m}^3$  Flugasche als auch bei einem Wechsel der Zementsorte. Hier zeigt sich das wahre Potenzial der Verringerung der Blutwassermenge.

Bezeichnend ist die Blutwassermenge bei dem nach DIN EN 1536 [1] noch zulässigen  $w/z_{\text{eq}}$ -Wert von 0,60. Würde dazu noch ein ungeeigneter Zement zum Einsatz kommen, könnte sich die Filtratwassermenge noch drastisch erhöhen.

Weitere, immer wieder diskutierte Einflussgrößen auf die Mischungsstabilität sind der Einsatz von Betonverflüssiger bzw. Fließmittel mit unterschiedlichen Wirkungsgruppen und die Auswahl eines geeigneten Sands.

Bei den durchgeführten Untersuchungen wurden drei Zusatzmittel gegenübergestellt: ein BV (Ligninsulfonat), ein BV/FM (Melamin-/Naphthalinsulfonat) und ein FM (Polycarboxylatether-PCE). Die verglichenen Betonzusammensetzungen hatten alle den gleichen  $w/z$ -Wert. Die Konsistenz von ( $f = 620 \text{ mm}$ ) wurde mit unterschiedlichen Dosismengen der einzelnen Zusatzmittel eingestellt. Die Unterschiede der Blutwassermenge lagen in einem so engen Bereich, dass ein *wesentlicher Einfluss*

durch das Zusatzmittel (BV/FM) auszuschließen ist.

In ähnlicher Weise verhalten sich verschiedene Sande mit unterschiedlichen Sieblinien. Hier ist in erster Linie der Mehlkorn-/Feinsandanteil bis  $0,5 \text{ mm}$  die maßgebende Einflussgröße. Sie bestimmt den Wasseranspruch der Betonmischung und somit indirekt die Konsistenz. Bei gleich bleibendem  $w/z$ -Wert stellen sich ganz unterschiedliche Betonkonsistenzen ein, aber die Blutwassermenge ist annähernd gleich. Wenn diese Konsistenzunterschiede mit Wasser ausgeglichen werden, dann wird sich auch die Blutwassermenge dementsprechend ändern.

#### 4 Fazit und Ausblick

Mit der Betonfilterpresse steht dem Betontechnologen ein Werkzeug zur Verfügung, mit dem er auf einfache Weise seine Betonzusammensetzung bezüglich der Blutwassermenge unter Druckbeanspruchung optimieren kann. Die bisherigen Untersuchungen haben gezeigt, dass vor allem der Wassergehalt der Betonzusammensetzung einen *maßgeblichen Einfluss* auf die Blutwassermenge hat. Die Untersuchung bestätigt jedoch auch, dass andere Parameter das Ergebnis ebenfalls beeinflussen. Gerade dann, wenn mehrere positive oder negative Einflussfaktoren gleichzeitig zur Wirkung kommen, ist der Effekt auf die Blutwassermenge deutlich messbar.

#### 5 Literatur

- [1] DIN EN 1536, Ausführung von Arbeiten im Spezialtiefbau – Bohrpfähle, 12/2010
- [2] DIN EN 206-1, Beton – Teil 1: Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität, 7/2001
- [3] Richtlinie „Weiche Betone – Betone mit Konsistenz  $\geq F 59$ “, Hrsg.: Österreichische Vereinigung für Beton- und Bautechnik, Wien, 12/2009