

Walter Lukas, Günter Grass, Dietmar Thomaseth, Markus Kroneder

## Hochleistungsbeton für spezielle Einsatzzwecke

### Univ.-Prof. Dr. Walter Lukas

Institut für Betonbau, Baustoffe und Bauphysik  
Abteilung: Betontechnologie

### DI Dr. Günter Grass

SIKA-Plastiment GmbH

### DI Dietmar Thomaseth

Institut für Betonbau, Baustoffe und Bauphysik

### Ing. Markus Kroneder

MBT Austria Bauchemie GesmbH

## 1. Entwicklung von Hochleistungsbeton für spezielle Einsatzzwecke

Walter Lukas

### Allgemeines

Unter „hochfesten Betonen“ werden zurzeit üblicherweise Betone mit Druckfestigkeiten  $> 60 \text{ N/mm}^2$  verstanden. Darüber hinaus gelten auch andere Definitionen, z.B. werden hier auch Betone mit Druckfestigkeiten oberhalb der in der Bauproduktion üblichen oder von in Normen festgelegten Festigkeiten gerechnet. Hohe bzw. sehr hohe Festigkeiten werden durch mehrere technologische Maßnahmen erreicht, z.B. müssen bei der Herstellung Spezialzemente, hohe Zementdosierungen, niedrige W/Z-Werte, hohe Fließmittelgehalte und spezielle Fließmittel eingesetzt werden. In der Regel ist zur Erreichung einer hohen Festigkeit auch die Zugabe von reagierenden Feinstoffen (z.B. Microsilica) notwendig.

In der Praxis zeigt sich, dass die Herstellung und Verarbeitung solcher Betone, insbesondere durch die Verwendung niedriger W/Z-Werte in Verbindung mit hohen Bindemittelgehalten, extrem problematisch ist und die Verwendung spezieller Fließmittel (z.B. Basis Polycarboxylate) in sehr hohen Dosierungen nötig macht. Die so hergestellten Betone zeichnen sich durch hohe Klebrigkeit und schnelles Ansteifen aus,

was sich bei ihrem Einsatz in der Praxis als Hemmnis erweist.

Da beim Verzicht auf Feinlufteinfuhr das erhöhte Risiko einer nicht gegebenen Frost-Tausalz-Beständigkeit besteht, sollten Luftporenmittel eingesetzt werden. Um eine zielsichere Einführung dieser zu gewährleisten, sollten weiters W/B-Werte  $> 0,38$  angewendet werden.

In der Regel werden für die meisten Betonbauten keine extrem hohen Festigkeiten benötigt – Festigkeiten um  $50 \text{ N/mm}^2$  sind ausreichend –, es wird daher für neue Hochleistungsbetone ein anderes Konzept verfolgt. Dieses beinhaltet folgende Grundideen:

1. Erhöhung des W/Z- (W/B-) Wertes von 0,25 bis 0,35 auf 0,38 bis 0,40; dadurch sind geringere Fließmitteldosierungen notwendig.
2. Einsatz neuer Fließmitteltypen: mit dem Ziel die Klebrigkeit und die Ansteifeigung zu reduzieren.
3. Verwendung neuer Zemente bzw. Bindemittel („HPC-Bindemittel“) mit geringem Wasseranspruch; dadurch kann der Fließmittelbedarf stark gesenkt werden.

Darüber hinaus sollten folgende beton-technologische Eigenschaften erreicht werden:

- geringes Schwindverhalten  $< 0,4\%$
- niedrige Hydratationswärmeentwicklung
- hohe Dichtigkeit
- Verwendung geringerer Bindemittelmengen als bei herkömmlichen Hochleistungsbetonen.

Werden die betontechnologischen Maßnahmen im genannten Sinn eingesetzt, lassen sich ausreichende Festigkeit, hohe Dauerhaftigkeit, sichere Frost-Tausalz-Beständigkeit sowie gutes Verarbeitungsverhalten erzielen.

Ein Beispiel für den Einsatz eines Hochleistungsbetons mit den angesprochenen Eigenschaften stellt die Saalachbrücke Salzburg – Freilassing dar, bei welcher die beschriebene Grundidee in die Praxis umgesetzt wurde.

## 2. Entwicklung von Fließmitteln für Hochleistungsbetone mit einer verlängerten Verarbeitungszeit

Günter Grass

### Einleitung

Die bei Hochleistungsbeton geforderten Festigkeiten können nur durch Reduktion des Wassergehaltes erreicht werden. Gleichzeitig soll das Betonzusatzmittel ein Ausbreitmaß von 48–50 cm ermöglichen und eine möglichst lange Verarbeitungszeit gewährleisten.

### Betonrezeptur

Typische Betonrezepturen für hochfeste Betone weisen einen Zementgehalt zwischen 350 und 450 kg/m<sup>3</sup> auf und haben einen W/B-Wert von < 0,40. Die dafür erforderliche Wasserreduktion liegt zwischen 20 und 40 %.

### Art und Wirkung der Fließmittel

Erst durch die Einführung von Fließmitteln auf Polycarboxylatbasis konnte man darauf

verzichten, einen Teil des Fließmittels im Werk zu dosieren und das Ausbreitmaß nach den jeweiligen Bedürfnissen auf der Baustelle einzustellen. Durch den Einsatz dieser Hochleistungsverflüssiger konnte in Bezug auf die Verflüssigungswirkung ein entscheidender Fortschritt erzielt werden. Allerdings bedingen diese Fließmittel eine honigartige Betonkonsistenz und wirken in Abhängigkeit vom Zement sehr unterschiedlich. Andererseits konnte wiederum die Verarbeitungszeit gegenüber Naphtalin- und Melaminprodukten deutlich verlängert werden.

Die neue Beton Ö-Norm B 4710-1 mit ihrer Forderung, dass Beton innerhalb von 90 Minuten nicht mehr als 6 cm an Ausbreitmaß verlieren darf, hat zweifelsohne entscheidend dazu beigetragen, dass die Zusatzmittelhersteller nach Möglichkeiten

der Verbesserung des Ansteifverhaltens des Betons suchen.

Für die Entwicklung neuer Polymere mit einer längeren Offenzeit wurden von der SIKA-Plastiment GmbH allein in Österreich Hunderte von Laborversuchen durchgeführt. Dabei ging es darum, das Verhalten der einzelnen Versuchspolymere in Bezug auf die Anfangsverflüssigung und das Halten des Ausbreitmaßes bei verschiedenen Zementen und Dosierungen zu untersuchen. Mittlerweile konnte die deutlich verbesserte Wirkung des in den Vorversuchen ausgewählten Produktes auch in Praxisversuchen unter Beweis gestellt werden. Die Ergebnisse zeigen, dass heute das Ausbreitmaß mit dem neuen Polymer über 90, ja sogar 120 Minuten konstant gehalten werden kann.

## 3. Fließmittel der neuen Generation und deren Einfluss auf die Klebrigkeit

Dietmar Thomaseth

Betone mit einem großem Ausbreitmaß infolge von starker Fließmitteldosierung lassen sich oft schlechter verarbeiten und pumpen als solche mit einem geringeren Ausbreitmaß und einer geringeren Dosierung des Fließmittels. Die Ursache dafür ist die Klebrigkeit des Betons.

Bisher wurde die Verarbeitbarkeit von Betonen nach dem jeweiligen Ausbreitmaß bewertet. Diese Bewertungsmethode ist jedoch bei Verwendung von Hochleistungsverflüssigern nicht mehr als aussagekräftig anzusehen, da man keine konkreten Ergebnisse zur Verarbeitbarkeit, Pumpbarkeit und vor allem nicht zur Klebrigkeit des Betons erhält.

Folgende Faktoren bewirken die Klebrigkeit von Frischbeton:

– niedriger W/B-Wert

- hoher Zementgehalt und hoher Anteil an Feinstoffen
- Fließmittelart und Dosierung.

### Wie kann die Klebrigkeit von Beton bewertet werden?

Derzeit werden folgende Versuchseinrichtungen zur Bewertung der Verarbeitbarkeit von Betonen weicher Konsistenz, die auch zur Beurteilung der Klebrigkeit geeignet sind, verwendet:

- L-Box
- J-Ringversuch.

Um Betone mit steifer bzw. plastischer Konsistenz bewerten zu können, bedarf es neuer Bewertungskriterien. Es wurde daher ein neues Verfahren entwickelt. Dabei besteht die Prüfeinrichtung aus einem fünf-

stufigen, übereinander stehenden Trichtersystem, wobei sich die einzelnen Trichteröffnungen nach unten verjüngen.

Gemessen wird die Durchlaufgeschwindigkeit des Betons durch die einzelnen Trichter. Diese soll Aufschluss über die Klebrigkeit des Betons geben.

### Wie kann die Klebrigkeit von Beton bei Verwendung von Fließmitteln gesenkt werden?

Zurzeit werden vor allem Hochleistungsverflüssiger auf Polycarboxylatbasis zur Herstellung von hochfesten Betonen verwendet. Durch den Einsatz neuer Produkte mit veränderter Molekülstruktur bzw. anderer Rohstoffbasis lassen sich unerwünschte Nebenerscheinungen, wie z.B. die erhöhte Klebrigkeit der Mischung, reduzieren.

#### **4. Neue Zusatzmittel gegen die Klebrigkeit von Beton**

Markus Kroneder

Zunächst ist festzuhalten, dass bei der Herstellung von Beton Fließmittel benötigt werden, die einerseits sehr stark verflüssigen und zusammenhalten sollen, andererseits aber den Beton nicht klebrig machen dürfen. Es muss somit im molekularen Aufbau eine Beschaffenheit erreicht werden, die das System sowohl fließfähig hält, als auch Klebrigkeit verringert.

Grundsätzlich können wir hier von zwei Lösungsansätzen ausgehen:

##### **Mischpolymerisat**

Mischpolymerisat vereint die Vorteile von Fließmitteln auf Polycarboxylatbasis und die von Betonverflüssigern auf Lignin-Basis. Es handelt sich dabei um das Ergebnis des ersten Versuches, um die Klebrigkeit von Beton zu minimieren und gleichzeitig eine lange offene Zeit desselben zu erreichen. Das Produkt (Glenium C 323 Mix) hat sich in den letzten eineinhalb Jahren in der Praxis äußerst gut bewährt.

##### **Neues Fließmittel-Konzept dank Nanotechnologie**

Das neue Konzept Total Performance Control ermöglicht der Transportbetonindustrie dank der mittels Nanotechnologie entwickelten Produktfamilie Glenium Sky, endlich Beton mit einem niedrigen W/Z-Wert und einer lang anhaltenden Verarbeitbarkeit zu produzieren.

Am 25. September 2003 stellte Degussa Construction Chemicals bei einer internationalen Pressekonferenz in Barcelona das neue Fließmittel-Konzept Total Performance Control einer Runde von internationalen Journalisten vor. Das Konzept stellt in erster Linie sicher, dass Transportbetonhersteller, Bauunternehmer sowie Planungsbüros Beton in derselben hohen Qualität erhalten, wie ursprünglich hergestellt bzw. projiziert. Dies betrifft gleichermaßen die Produktion und Lieferung, den Einbau vor Ort sowie den darauf folgenden Abbindeprozess.

##### **Verträglichkeit mit Zement**

Glenium Sky basiert auf Polycarboxylatethern, bei dem die dispergierende Wirkung

sehr viel höher ist als bei herkömmlichen Polymeren. Dieser Effekt beruht auf der Kombination von elektrostatischer und sterischer Abstoßung. Im Vergleich zu anderen auf Polycarboxylat oder Acryl basierenden Fließmitteln zeigt Glenium Sky eine einzigartige Affinität sowie Verträglichkeit mit Zement. Seine besondere Molekülstruktur ermöglicht eine verzögerte Adsorption an die Zementpartikel und dispergiert diese äußerst wirkungsvoll. Im Vergleich zu herkömmlichen Polymeren werden weniger Moleküle durch die Ettringit-Schicht eingeschlossen und dadurch unwirksam gemacht.

Durch diese Wirkungsweise kann ohne die bekannten verzögernden Nebenwirkungen auch bei hohen Temperaturen Qualitätsbeton mit einer höheren Frühfestigkeitsentwicklung und einer verlängerten Verarbeitbarkeitszeit hergestellt werden. Die Eigenschaften der Hydrationsprodukte des Zementes werden durch Glenium Sky nicht beeinflusst. Die Festigkeitsentwicklung wird ausschließlich wegen dem niedrigen W/B-Wert beschleunigt. Die chemischen Eigenschaften und die Morphologie der Hydrationsprodukte des Zements unterscheiden sich nicht von Beton, der mit herkömmlichen Fließmitteln hergestellt wurde.

##### **Arbeitseinsparungen dank einfachem Einbau**

Das Total Performance Control-Konzept bietet für die gesamte betonverarbeitende Industrie (Transportbetonhersteller, Unternehmer und Planer) viele Vorteile:

- Beton von höchster Qualität kann auch bei hohen Temperaturen auf Baustellen ausgeliefert werden.
- Möglichkeit der Produktion von Beton mit niedrigem W/B-Wert nach Ö-Norm B4710 (EN 206-1) und unter Garantie der geforderten Verarbeitbarkeitszeit.
- Kostenersparnis durch die mögliche Verwendung von Zement mit einer niedrigeren Festigkeitsklasse (z. B. 32,5 anstelle von 42,5) und eine optimierte Betonrezeptur.
- Einfacherer Einbau führt zu Einsparungen bei der Arbeitszeit, höhere Frühfestigkeit

ermöglicht ein früheres Entschalen. Somit können die Schalungen schneller woanders verwendet werden. Insgesamt ist daher eine höhere Wirtschaftlichkeit gegeben.

- Die Oberflächenqualität ist aufgrund der geringeren Kohäsion (Klebrigkeit) der Betonmischung höher.
- Durch den niedrigen W/B-Wert in Kombination mit der langen Verarbeitbarkeitsdauer steht ein Beton zur Verfügung, der für Bauteile mit dichter Bewehrung und/oder sehr schlanken Bauteilen verwendbar ist. Die mittels Nanotechnologie entwickelte Produktlinie Glenium Sky stellt sicher, das in Zukunft trotz des niedrigen W/Z-Wertes eine optimale Verarbeitbarkeitszeit gegeben ist.

Zur Beurteilung der Klebrigkeit sollten möglichst keine neuen Methoden oder Prüfgeräte erforderlich sein, sondern die bekannten Prüfmethode Anwendung finden. Als am besten geeignete Methode erschien uns das Ausbreitmaß (ABM) mit dem Ausbreitmaßtisch.

Die Idee dahinter war, diese dynamische Methode mit einer statischen zu kombinieren, um so zusätzliche Aussagen zu erhalten. Gemessen wird das ABM nach 0, 5, 10 und 15 Hüben. Beton mit einem höheren Klebrigkeitsgrad hält länger und besser zusammen und ergibt bei null Hüben ein geringeres Ausbreitmaß. Je mehr Energie man in Form von Klopfen hineinbringt, umso größer wird das Ausbreitmaß und umso geringer der Unterschied nach 15 Hüben. Demnach ist es möglich, dass zwei Betone mit unterschiedlicher Reologie nach 15 Hüben ein gleiches ABM aufweisen.

Die gewonnenen Werte werden anschließend als Kurve in eine Tabelle eingetragen, die Steigung der Regressionsgeraden wird errechnet. Nun kann die numerische Steigung als Bewertungsgrundlage herangezogen werden. Da wir erst am Anfang unserer Untersuchungen stehen, können wir noch keine Grenzwerte für die Klebrigkeit nennen, sondern lediglich Tendenzen aufzeigen. Interessenten sind eingeladen, diese Methode mit uns weiterzuentwickeln.