

Einfluss der Polycarboxylat-Kettenlänge auf die Betoneigenschaften

Text | Gerhard Haiden

Grafiken | © Gerhard Haiden

Betonverflüssiger und Fließmittel sind als Zusätze zum Beton im Bereich Transportbeton oder Fertigteilwerk essenziell. Die Veränderung der Konsistenz des Frischbetons wird damit bewirkt, dass sich an die positiv geladenen Zementpartikel dispergierend wirkende Substanzen mit negativen Ladungen anlagern. Dieser Effekt wirkt sowohl unmittelbar nach der Wasserzugabe als auch nach Ausbildung einer Ettringith-Schicht um die Zementpartikel. Als geeignete Substanzen haben sich Ligninsulfonate, Naphtalinsulfonate und Polycarboxylatether (PCE) in der Praxis bewiesen.

Ligninsulfonate, Naphtalinsulfonate und Polycarboxylatether (PCE) unterscheiden sich sowohl durch die Leistung als auch durch den Preis wesentlich voneinander. In den letzten zehn Jahren hat eine deutliche Verlagerung hin zu Polycarboxylatethern (PCEs) stattgefunden. Diese Stoffgruppe wird im Weiteren detailliert behandelt.

Prinzipieller Aufbau von Polycarboxylatether (PCE)

Es handelt sich bei PCEs um Polymere, welche die Form eines Kamms haben (Kammpolymere, siehe Abb. 1). Die Hauptkette trägt die negativen Ladungen zum Anlagern an die Zementpartikel sowie die Seitenketten, welche in die Zementleimlösung ragen. Es gibt viele Parameter, welche beim Aufbau der Polymere verändert werden können:

- Art der Monomere in der Hauptkette
- Länge der Hauptkette
- Anzahl der negativen Ladungen in der Hauptkette (Ladungsdichte)
- Aufbau der Seitenkette
- Länge der Seitenkette im Vergleich zur Hauptkette
- ...

Durch die vielen einzeln variierbaren Parameter lassen sich unendlich viele Polymertypen herstellen. Der weitere Bericht befasst sich im Speziellen mit der Länge der Seitenkette im Vergleich zur Hauptkette.

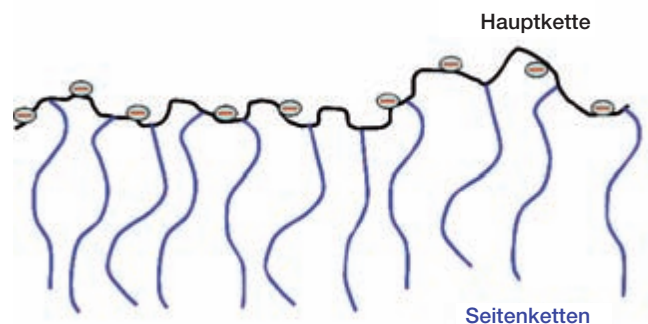


Abb. 1: Aufbau von Polycarboxylatether

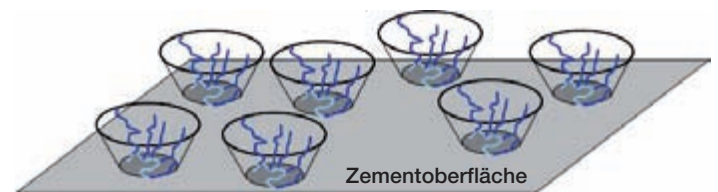


Abb. 2: Wirkungsweise PCE mit kurzer Seitenlänge

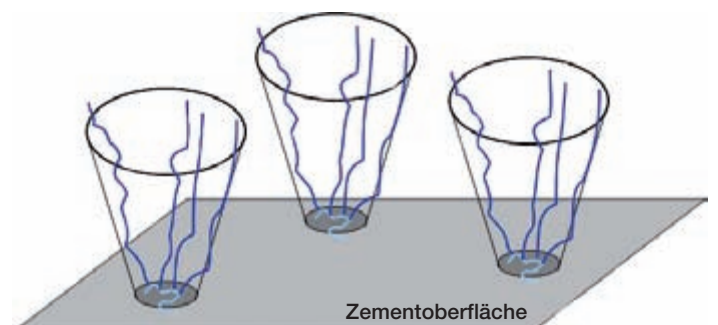


Abb. 3: Wirkungsweise PCE mit langer Seitenlänge

Polycarboxylatether (PCE) mit kurzer Seitenkette

Die Seitenkette ist im Vergleich zur Hauptkette kurz. Da sich die Seitenketten unterschiedlicher PCE-Moleküle nur wenig gegenseitig hindern, werden viele freie Positionen am Zementpartikel besetzt. Das PCE zieht satt am Zement auf. Die Seitenketten der einzelnen PCE-Moleküle bewirken, dass die Zementpartikel nicht aneinanderstoßen (sterische Abstoßung). Die erhöhte Beweglichkeit der Zementpartikel bewirkt eine Verflüssigung des Frischbetons. Da viele freie Positionen am Zementpartikel belegt sind, wird die Ausbildung der Nadeln im Zementleim zeitlich verzögert (siehe Abb. 2). Dies bewirkt die Konsistenzhaltung im Frischbeton. Erst danach bilden sich vom Zementkorn Nadeln aus, welche sich gegenseitig verfilzen. Diese Reaktion wird Hydratation genannt und bewirkt eine Festigkeitszunahme von den ersten Stunden weg bis zu mehreren Monaten.

Die Auswirkungen der kurzkettingen PCEs sind

- + moderate Verflüssigung/Wassereinsparung
- + gute Konsistenzhaltung
- + geringe Viskosität des Zementleims/geringe Klebrigkeit
- +/- verzögernde Wirkung/geringe Frühfestigkeiten

Dieses Eigenschaftsprofil ist optimal für den Einsatz im Bereich Transportbeton, wo eine gute Konsistenzhaltung (lange Verarbeitungszeit) deutlich wichtiger als hohe Frühfestigkeit ist.

Polycarboxylatether (PCE) mit langer Seitenkette

Die Seitenkette ist im Vergleich zur Hauptkette lang. Die Seitenketten unterschiedlicher PCE-Moleküle hindern sich gegenseitig stark und daher werden nur wenige freie Positionen am Zementpartikel besetzt. Die langen Seitenketten der einzelnen PCE-Moleküle bewirken noch effektiver, dass die Zementpartikel nicht aneinanderstoßen (sterische Abstoßung). Die erhöhte Beweglichkeit der Zementpartikel bewirkt eine sehr starke Verflüssigung des Frischbetons. Da nur wenige freie Positionen am Zementpartikel belegt sind, startet die Ausbildung der Nadeln im Zementleim sofort (siehe Abb. 3). Daher haben diese PCEs keine Konsistenzhaltung im Frischbeton. Die Verfilzung der Nadeln von den Zementpartikeln bewirkt einen raschen Festigkeitsanstieg.

- + Sehr gute Verflüssigung/Wassereinsparung
- + keine verzögernde Wirkung/hohe Frühfestigkeiten
- +/- geringe Konsistenzhaltung
- hohe Viskosität des Zementleims/Klebrigkeit des Frischbetons

Die hohe Verflüssigungsleistung und die guten Frühfestigkeiten sind wichtige Voraussetzungen für den Einsatz im Fertigteilewerk. Ein weiteres Einsatzgebiet ist der Transportbeton im Winter, wenn Frischbetontemperaturen niedrig sind und die Verzögerung ein Problem werden kann.

Eine Variante der langkettigen Polycarboxylatether kann die negative Ladung an der PCE-Hauptkette teilweise maskieren.

Erst im Kontakt mit dem Zementleim werden diese abgespalten, wodurch zeitlich verzögert im Frischbeton neues Fließmittel freigesetzt wird. Dieser Mechanismus bewirkt eine besonders lang anhaltende Verarbeitbarkeit.

- + Sehr gute Konsistenzhaltung/lange Verarbeitbarkeit
- + kaum Verzögerung
- +/- moderate verflüssigende Wirkung
- hohe Viskosität des Zementleims/Klebrigkeit des Frischbetons

Da PCEs viele Betoneigenschaften verändern können, ist diese Stoffgruppe für die breiten Anforderungen des Markts gerüstet.

Schlussfolgerungen

Das Wissen um die unterschiedlichen Eigenschaften der PCE-Moleküle und die Auswirkungen auf den Beton im frischen und erhärteten Zustand sind wichtig für die richtige Auswahl des Fließmittels.

Da PCEs viele Betoneigenschaften verändern können, ist diese Stoffgruppe für die breiten Anforderungen des Markts gerüstet. Weiters lassen sich PCEs gut mit Luftporenbildnern und Verzögerern kombinieren, was die Variabilität noch steigert.

Autor:

DI Gerhard Haiden
Betontechnik GmbH, Langenwang
www.betontechnik.at

FORUM
BETONZUSATZMITTEL



Wir machen mehr aus Beton.