

CEM II/C-M (S-LL)-Zemente für alle Expositionsklassen

Granulometrische Optimierung kann für Anwendbarkeit bei Expositionsklassen XF2-XF4 in Betonzusammensetzungen nach DIN 1045-2 entscheidend sein

Die Betonnorm DIN 1045-2 sieht für die Zemente CEM II/B-M (S-LL, V-LL, T-LL) mit 20 % Kalkstein und CEM II/C-M (S-LL) die Anwendung in allen Expositionsklassen außer XF2-XF4 vor. Für diese Expositionsklassen sind allgemeine bauaufsichtliche Zulassungen notwendig. Der Nachweis erfolgt in Frost- und Frost-Tausalz-Prüfungen; in der Regel in den Grenzzusammensetzungen der Betone nach Betonnorm. Sollen Zemente CEM II/C mit dem geringstmöglichen Klinkergehalt von 50 % und einem Kalksteingehalt von 20 % eine Zulassung erhalten, kann eine granulometrische Optimierung der Zementhauptbestandteile einen deutlichen Einfluss auf das Ergebnis der Frost-Tausalz-Prüfung haben.

Um den Einfluss der Granulometrie der Zementhauptbestandteile auf das Ergebnis von Frost- und Frost-Tausalz-Prüfungen am Beton festzustellen, wurden CEM II/C-M (S-LL)-Zemente konstanter Zusammensetzung mit 50 M.-% Klinker, 30 M.-% Hüttensand und 20 M.-% Kalkstein granulometrisch verändert. Die Herkunft der Hauptbestandteile blieb unverändert, während ihre Korngrößenverteilungen (KGV) je nach Mahlbarkeit und Mahlverfahren deutlich variierten. So wurden an den getrennt gemahlene Hauptbestandteilen Feinheiten zwischen 3.000 cm²/g und 7.500 cm²/g (Blaine) sowie enge KGV mit hoher Steigung (RRSB, z.B. $n > 1,1$) und breite KGV mit geringer Steigung ($n < 0,9$) ermittelt. Der Klinker wurde auf eine Mindestfeinheit von 5.000 cm²/g gemahlen, in den meisten Fällen mit enger KGV. Die Mindestfeinheit des Hüttensandes betrug 5.000 cm²/g, die des Kalksteins lag zwischen 3.000-4.000 cm²/g.

Druckfestigkeit der Zemente

Die Anfangsfestigkeiten lagen im Bereich zwischen 13 MPa und 21 MPa, die Normfestigkeiten zwischen 50 MPa

und 60 MPa. Ein Zusammenhang zwischen der Festigkeit des Zements und der KGV eines einzelnen Hauptbestandteils konnte an diesen Zementzusammensetzungen nicht nachgewiesen werden.

Frost- und Frost-Tausalz-Widerstand

Die Prüfungen des Frostwiderstandes im Würfelverfahren wurden mit CEM II/C-M (S-LL)-Zementen durchweg bestanden. Das Bewertungskriterium des Deutschen Instituts für Bautechnik (DIBt) von 10 M.-% Abwitterungen nach 100 Frost-Tau-Wechseln wurde eingehalten. Zur Anwendung kamen CEM II/C-M-Zemente mit gleicher stofflicher, aber unterschiedlicher granulometrischer Zusammensetzung. Aufbauend auf Erkenntnissen früherer Untersuchungen an CEM II/B-LL-Zementen (Bild 1) wurden die KGV der Hauptbestandteile von CEM II/C-M-Zementen gezielt so eingestellt, dass sich neben der Erhöhung von Norm- und Betonfestigkeit bereits im Normmörtel (Prüfalter 28d) eine Zunahme dauerhaftigkeitsrelevanter Gelporenanteile bei gleichzeitig verringerter Gesamtporosität zeigte.

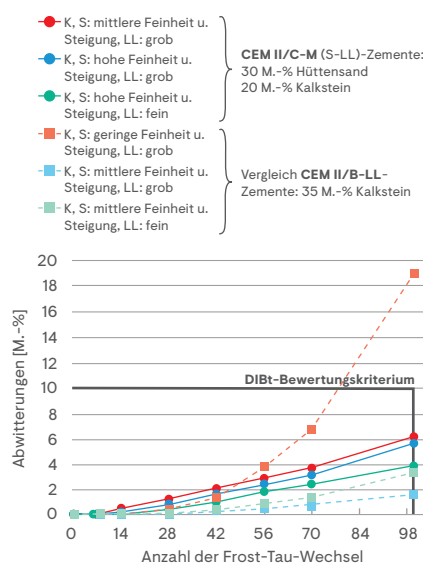


Bild 1: Abwitterungen im Würfelverfahren, Betone mit $z = 300 \text{ kg/m}^3$, $w/z = 0,60$; Verwendung von granulometrisch veränderten CEM II/C-M-Zementen im Vergleich zu CEM II/B-LL-Zementen

Der Frost-Tausalz-Widerstand wurde im CDF-Test (Capillary suction of Deicing chemicals and Freeze-Thaw) an Luftporenbetonen untersucht. Das DIBt-Bewertungskriterium beträgt 1,5 kg/m² Abwitterungen nach 28 Frost-Tau-Wechseln. Sicher bestanden wurde die Prüfung hier von keinem der CEM II/C-M-Zemente. Dies bestätigt zunächst die Regelung der Betonnorm.

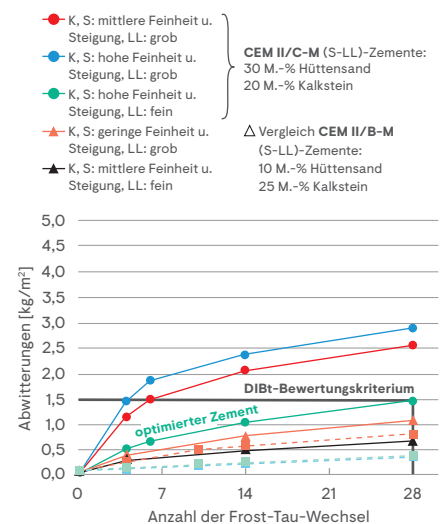


Bild 2: Abwitterungen im CDF-Verfahren, LP-Betone mit $z = 320 \text{ kg/m}^3$, $w/z = 0,50$; Verwendung von granulometrisch veränderten CEM II/C-M-Zementen im Vergleich zu CEM II/B-M (S-LL)-Zementen

Bei Anwendung des „optimierten Zements“ (siehe Kennzeichnung im Bild 2) lag das Ergebnis zumindest knapp unterhalb des Grenzwertes. Der Zement bestand aus sehr feinen Mahlprodukten. Klinker und Hüttensand wiesen enge KGV bei Feinheiten von 5.500 bzw. 6.300 cm²/g auf, die Kalksteinfeinheit betrug ca. 7.500 cm²/g.

Das Projekt „Granulometrische Optimierung klinkereffizienter Zemente“ (AZ 34647/01) wurde von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt gefördert und gemeinsam mit dem F.A. Finger-Institut für Baustoffkunde durchgeführt.