

IGF-Vorhaben Nr.: 17853 BG
Bewilligungszeitraum: 01.12.2013 – 30.11.2016
Forschungsthema: Granulometrie der Zementhauptbestandteile –
Auswirkungen auf die Dauerhaftigkeit von Betonen mit
kalksteinhaltigen Zementen

1 Einleitung

Ausgangspunkt dieses Forschungsvorhabens waren Untersuchungen zum Frostwiderstand von Betonen unter Verwendung großtechnisch hergestellter Zemente mit rd. 30 M.-% Kalkstein als Hauptbestandteil. In den Prüfungen nach dem Würfelverfahren ($z = 300 \text{ kg/m}^3$, $w/z = 0,60$) wurden erhebliche Unterschiede festgestellt, wenn die im Beton verwendeten Zemente aufgrund der Betriebsweise der Mahlanlage unterschiedliche Korngrößenverteilungen aufwiesen.

Die VDZ gGmbH und das F. A. Finger-Institut für Baustoffkunde haben nunmehr in einem gemeinsamen Forschungsvorhaben klinkereffiziente, kalksteinhaltige Zemente hergestellt und die granulometrischen Eigenschaften der Zemente bzw. ihrer Hauptbestandteile Klinker, Kalkstein, Hüttensand und Flugasche untersucht. Die Untersuchungsergebnisse wurden den dauerhaftigkeitsrelevanten Betoneigenschaften gegenübergestellt.

2 Ziel der Untersuchungen

Ziel des Forschungsvorhabens war die Erarbeitung von Empfehlungen zur Herstellung kalksteinhaltiger Zemente mit Zusammensetzungen nach DIN EN 197-1 sowie mit Zusammensetzungen außerhalb der Norm, die die in Deutschland geforderten dauerhaftigkeitsrelevanten Parameter unter definierten Randbedingungen (lt. Zulassungsverfahren des DIBt) erfüllen. Dafür wurden systematische Untersuchungen - insbesondere zum Einfluss der granulometrischen Eigenschaften (z. B. der Korngrößenverteilung) der Zementhauptbestandteile bzw. zum Einfluss der Packungsdichte der Zemente auf die Dauerhaftigkeit der mit diesen Zementen hergestellten Betone im normativ beschriebenen System „Zement nach DIN EN 197-1“ in „Beton nach DIN EN 206-1 / DIN 1045-2“ – durchgeführt. Die granulometrisch definierten Zemente sollten über die in Deutschland geforderte Leistungsfähigkeit im Beton verfügen. Die grundlegenden Leistungsmerkmale für die Dauerhaftigkeit der mit diesen Zementen hergestellten Betone sollten in zulassungsfähigen Bereichen liegen.

3 Erzielte Ergebnisse

Es konnte gezeigt werden, dass die Packungsdichten der CEM II/B-LL- bzw. CEM II/B-M-Zemente von der Korngrößenverteilung ihrer Hauptbestandteile beeinflusst werden. Da der Wertebereich von Packungsdichten mehlfeyner disperser Systeme eng begrenzt ist, lagen die Packungsdichten der in diesem Projekt untersuchten Zemente in Größenordnungen zwischen 0,42 (geringe Packungsdichte) und 0,52 (hohe Packungsdichte). Wurde z. B. ein Klinker hoher Mahlfeynheit und enger Korngrößenverteilung mit einem Anteil von 65 M.-% eingesetzt, so wurden in den Zementen geringe Packungsdichten ($< 0,46$) erreicht.

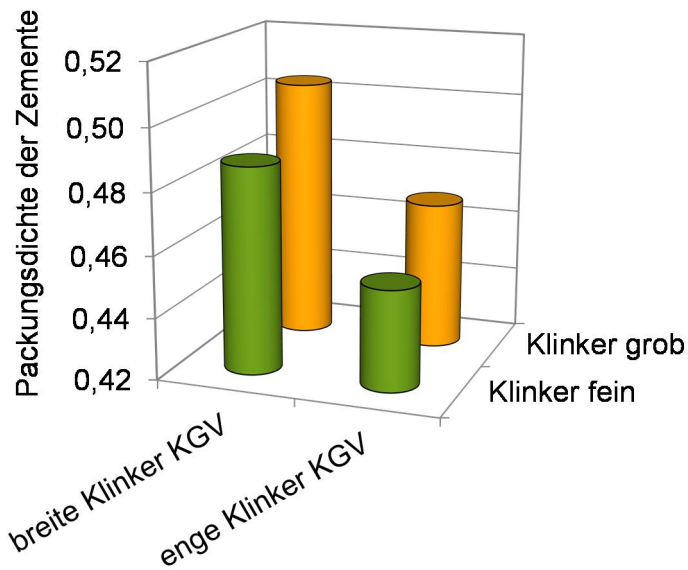


Bild 1

Experimentell bestimmte Packungsdichte der CEM II/B-LL-Zemente mit 35 M.-% Kalkstein (konstanter Mahlfineinheit) in Abhängigkeit von der Korngrößenverteilung (KGV) des Klinkers

Für die Untersuchungen an Betonen, Feinbetonen und Normmörteln wurden Zemente ausgewählt, die sich in ihrer Packungsdichte deutlich unterscheiden. Bei Variationen der granulometrischen Parameter blieb die stoffliche Zusammensetzung des Zements jeweils konstant. Die Dauerhaftigkeitsprüfungen wurden jeweils bei einem Grenzwassermengewert durchgeführt.

Die Ergebnisse zeigen, dass an Zementen mit Packungsdichten $> 0,48$ vergleichsweise geringe Werte für Wasseranspruch und Normfestigkeiten ($w/z = 0,50$) ermittelt wurden. Wurde die Packungsdichte der Zemente auf $< 0,46$ verringert, nahmen die Werte für Wasseranspruch und Normfestigkeit deutlich zu. Dementsprechend wurde auch die Verarbeitbarkeit der Frischbetone beeinflusst, es wurden z. T. steife Konsistenzen festgestellt, wenn Zemente mit geringer Packungsdichte verwendet wurden.

Feinbetone, die nach einer Vorlagerung von 7 Tagen untersucht wurden, wiesen in Abhängigkeit vom Prüfalalter umso höhere Carbonatisierungstiefen auf, je höher die Packungsdichte der Zemente eingestellt wurde. Die Untersuchungen an Betonen mit $w/z = 0,60$ und Luftporenbetonen mit $w/z = 0,50$ zeigen, dass der Frostwiderstand (Würfelverfahren) und der Frost-Tausalz-Widerstand (CDF-Test) mit abnehmender Packungsdichte der Zemente z. T. deutlich zunehmen und die entsprechenden Beurteilungskriterien (DIBt, BAW) für Abwitterungen eingehalten werden können.

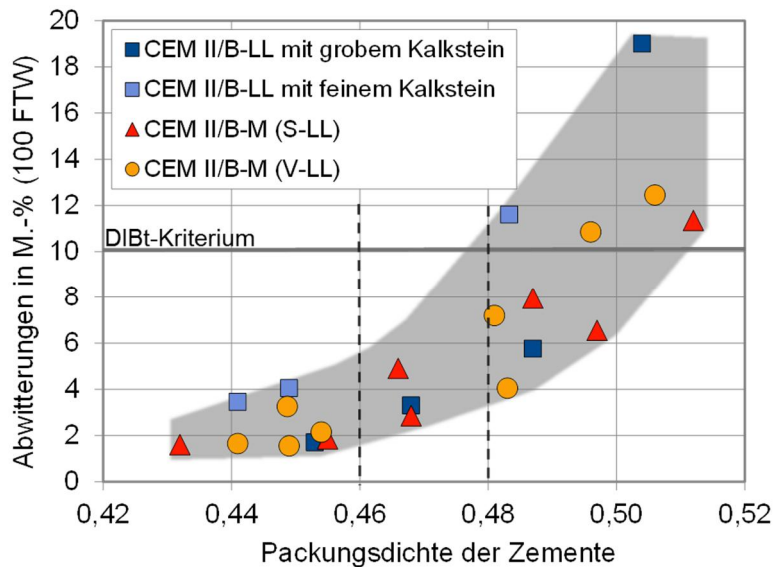


Bild 2

Abwitterungen der Betone nach 100 Frost-Tau Wechselln im Würfelfverfahren ($z = 300 \text{ kg/m}^3$, $w/z = 0,60$) in Abhängigkeit von der experimentell bestimmten Packungsdichte der Zemente,

Zemente mit 35 bzw. 25 M.-% Kalkstein und 10 M.-% Hüttensand bzw. Flugasche in Kombination mit 65 M.-% Klinker

Zudem kann auch der im CIF-Test ermittelte relative dynamische E-Modul der Betone ($w/z = 0,50$) – der als Maß der inneren Schädigung gilt – über die Packungsdichte der Zemente beeinflusst werden und Werte gemäß der Beurteilungskriterien (BAW) erzielen. Auf den Chlorideindringwiderstand der Betone ($w/z = 0,50$) hatte die Packungsdichte der hier untersuchten Zemente keinen nennenswerten Einfluss. Wurden die Hauptbestandteile Hüttensand bzw. Flugasche gezielt aufbereitet und mit vergleichsweise hoher Feinheit bzw. enger Korngrößenverteilung eingesetzt, so erreichten die Chloridmigrationskoeffizienten der CEM II/B-M-Betone Werte deutlich unterhalb des Zulassungskriteriums des DIBt.

Die Übertragbarkeit bzw. Reproduzierbarkeit der Ergebnisse wurde an einigen Zementen aus anderen Herstellverfahren sowie mit anderen Zusammensetzungen bestätigt. Die Erfahrungen sollten in weiterführenden Untersuchungen an Betonen konstanter Verarbeitbarkeit bzw. mit angepassten Wasserzementwerten ($w/z \neq \text{konstant}$) unter Verwendung von granulometrisch optimierten Zementen mit hoher Packungsdichte überprüft und möglichst bestätigt werden.

Das Ziel des Forschungsvorhabens wurde erreicht.

Das IGF-Vorhaben 17853 BG der Forschungsvereinigung VDZ gemeinnützige GmbH – VDZ gGmbH, Tannenstraße 2, 40476 Düsseldorf wurde über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages