

Gefördert durch:



Bundesministerium  
für Wirtschaft  
und Energie

aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages



Forschungsnetzwerk  
Mittelstand



Industrielle  
Gemeinschaftsforschung



Forschungsvereinigung: VDZ gGmbH (Zementwerke)  
IGF-Vorhaben-Nr.: 18936 N  
Bewilligungszeitraum: 01.01.2016-30.06.2018

Forschungsthema:

## **Untersuchungen zur Eignung von dolomitreichen Carbonatgesteinen als Zementhauptbestandteil**

### **1 Zusammenfassung der Ergebnisse**

Die im Forschungsprojekt als Zementhauptbestandteil eingesetzten fünf dolomithaltigen Carbonatgesteine unterschieden sich vor allem im Dolomitgehalt. Der variierte zwischen 67 und 98 M.-%. Neben Dolomit war Calcit die zweithäufigste Phase der Carbonatgesteine. Quarz und silikatische Bestandteile waren nur in geringen Anteilen enthalten. Da die aus den CaO-Gehalten berechneten  $\text{CaCO}_3$ -Gehalte für die fünf Carbonatgesteine nur zwischen 51 und 68 M.-% und damit unter 75 M.-% lagen, handelte es sich nicht um normgerechte Kalksteine. Hinsichtlich des Gehalts an TOC und quellfähigen Tonbestandteilen (Methylenblauwert) waren alle Carbonatgesteine jedoch normgerechte Kalksteine.

Die nach Zementnorm geprüften Zementeigenschaften der aus Portlandzement und dolomitreichem Carbonatgestein hergestellten Zemente vom Typ CEM II/A und CEM II/B zeigten durchweg Ergebnisse, wie sie auch bei Verwendung von Referenzkalkstein erzielt wurden. Die unterschiedlichen Dolomitgehalte der Carbonatgesteine hatten keinen nennenswerten Einfluss auf die geprüften Eigenschaften. Im Wesentlichen wurden die Zementeigenschaften durch die unterschiedlichen Portlandzemente dominiert. Wobei nicht die stoffliche Zusammensetzung der Portlandzementklinker, in Form der Klinkerphasengehalte, sondern der Einfluss der Zementfeinheit ausschlaggebend war. Ein geringer Unterschied in den Werten der 90-Tage-Druckfestigkeit zwischen Zementen mit Referenzkalkstein und dolomitreichen Carbonatgesteinen war erkennbar, wobei die Werte der dolomitreichen Zemente leicht höher waren.

Auch bei den Gefügeuntersuchungen machten sich die unterschiedlichen Dolomitgehalte der Carbonatgesteine nur wenig oder gar nicht bemerkbar. Im Vergleich zum Referenzkalkstein zeigten die dolomitreichen Zemente höhere relative Gelporositäten und damit geringere

relative Kapillarporositäten. Mittels Rasterelektronenmikroskopie konnten jedoch keine signifikanten Unterschiede in den Gefügestrukturen beobachtet werden.

Weder mittels Röntgendiffraktometrie noch mittels Infrarotspektroskopie konnte die Bildung von Brucit nachgewiesen werden. Demnach fand keine das Gefüge beeinträchtigende Entdolomitierung im Beobachtungszeitraum statt. Weitere Proben sollen auch nach Abschluss des Forschungsprojekts in weiter fortgeschrittenem Alter auf Brucitbildung untersucht werden, um einen möglichen Langzeiteffekt beurteilen zu können.

Jedoch wurde mittels Infrarotspektroskopie eine geringe Abnahme der Dolomitbande bei  $712\text{ cm}^{-1}$  beobachtet, was mit einer geringen Abnahme des Dolomitgehalts zu erklären ist. Da in den röntgendiffraktometrischen Untersuchungen gleichzeitig eine geringe Bildung von Hydrotalkit beobachtet wurde, sollte der entsprechende Dolomitanteil dementsprechend reagiert haben. Hierdurch kann es möglicherweise zu einer geringfügigen Gefügeverdichtung gekommen sein, die die etwas höheren 90-Tage-Zementdruckfestigkeiten erklärt.

Bei den Frischbetoneigenschaften lieferten die Zemente auf Basis der dolomitreichen Carbonatgesteine vergleichbare Ergebnisse wie Zemente auf Basis normgerechter Kalksteine.

Gleiches galt auch für die erzielten Druckfestigkeiten der Betone. Wie schon bei den Zementnormdruckfestigkeiten hatte auch hier die Zementfeinheit einen größeren Einfluss als die stoffliche Zusammensetzung der Zemente.

Von besonderem Interesse waren die Dauerhaftigkeitseigenschaften. Daher wurden der Carbonatisierungswiderstand, der Chlorideindringwiderstand und mit mehreren Methoden der Frost- und Frost-Tausalz-Widerstand geprüft. Hinsichtlich des Carbonatisierungsverhaltens zeigten alle Betone Carbonatisierungstiefen unterhalb der Grenzwerte, wie sie in CEN/TR 16563, Anhang B definiert sind und vom DIBt bei Zulassungsprüfungen gefordert werden. Die Chloridmigrationskoeffizienten der geprüften dolomithaltigen Betone lagen mit Werten von rd.  $20\text{ bis }25 \cdot 10^{-12}\text{ cm}^2/\text{s}$  im Bereich von Betonen auf Basis normgerechter Portlandkalksteinzemente.

Bei allen Frost-Prüfungen (Würfelverfahren, CF / CIF-Verfahren und CDF-Verfahren) zeigten alle dolomithaltigen Betone nur geringe, unter den jeweiligen Grenzwerten liegende oberflächliche Abwitterungen. Daher ist der äußere Frostwiderstand der Betone als ausreichend anzusehen. Der Einfluss auf das innere Gefüge wurde mit dem relativen dynamischen Elastizitätsmodul erfasst. Bis auf wenige Ausnahmen wurden auch hier die Grenzwerte nicht überschritten. Die Betone auf Basis der nicht normgerechten dolomitreichen Portlandkalksteinzemente zeigten einen vergleichbar guten Frostwiderstand wie entsprechende Betone auf Basis normgerechter Portlandkalksteinzemente, unter Verwendung des rein calcitischen Referenzkalksteins.

Die im Forschungsprojekt erzielten Ergebnisse liefern gute Argumente, die in der Zementnorm genannten Anforderungen für Kalksteine als Hauptbestandteil so abzuändern, dass auch dolomitreiche Carbonatgesteine berücksichtigt werden können. Beispielsweise könnte der geforderte Mindestgehalt an  $\text{CaCO}_3$  von 75 M.-% auf 55 M.-% abgesenkt werden, wenn gleichzeitig der Gehalt an  $\text{CaCO}_3$  plus  $\text{MgCO}_3$  (als Dolomitbestandteil) mindestens 75 M.-% beträgt. Nach dieser Definition dürfte ein Kalkstein einen geringeren Gehalt an Calcit infolge von Dolomitanteilen aufweisen, jedoch nicht in Folge anderer Bestandteile, wie z. B. Quarz oder Tonminerale. Die Ergebnisse des Forschungsprojekts werden bei den

nächsten Beratungen zur Überarbeitung der Zementnorm in den zuständigen Gremien vorgetragen und zur Diskussion gestellt.

**Förderhinweis**

Das IGF-Vorhaben 18936N der Forschungsvereinigung 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.