

Einfluss von Temperatur, Zusammensetzung und Konzentration der Lagerungslösung auf Expansionsreaktionen von Granit

Wissenschaftlicher Kurzbericht Nr. 36 (2015)

Dr.-Ing. Anne Dressler, Dr.-Ing. Liudvikas Urbonas, Prof. Dr.-Ing. Detlef Heinz

Arbeitsgruppe 1: Bindemittel und Zusatzstoffe

1 Einleitung

Fahrbahndecken aus Beton sind gemäß ZTV Beton-StB der Feuchtigkeitsklasse WS (feucht + Alkalizufuhr von außen + starke, dynamische Beanspruchung) zuzuordnen. Die Prüfung solcher Betone wird seit 2013 im Allgemeinen Rundschreiben Straßenbau (ARS 04/2013) geregelt. Daher sind seitdem alle Betonrezepturen bzw. Gesteinskörnungen (> 2 mm) für Neubauten und Erneuerungen von Fahrbahndecken (Bk 100 bis 1,8 nach RStO 12) hinsichtlich ihrer Eignung für die Feuchtigkeitsklasse WS gutachterlich zu bewerten. Durch die Einführung des ARS sind die dort genannten Prüfungen nun auch in Regionen anzuwenden, aus denen bisher offiziell keine Schäden durch eine Alkali-Kieselsäure-Reaktion (AKR) bekannt sind. Vor allem bei Graniten entstanden durch die sogenannte WS-Performance-Prüfung Diskrepanzen zwischen der Aussage der Praxis und den Ergebnissen im Prüfverfahren. Die Betone überschritten den bisher verwendeten Grenzwert von 0,5 mm/m [1] nach 10 Zyklen Wechsellagerung im 60 °C Betonversuch mit Alkalizufuhr von außen (10 %ige NaCl-Lösung) deutlich.

Es ist bisher nicht geklärt, aus welchen Gründen u.a. Granite in diesem beschleunigten Prüfverfahren auffällig wurden. In Anlehnung an das Schnellprüfverfahren nach Alkali-Richtlinie des DAfStb wurde in den vorliegenden Untersuchungen der Einfluss verschiedener AKR-beschleunigender Prüfparameter (Temperatur, Zusammensetzung und Konzentration der Lagerungslösung) auf die Expansionsreaktionen von Granit untersucht.

2 Herangehensweise

Für die nachfolgenden Untersuchungen wurde ein Prüfzement ($\text{Na}_2\text{O}_{\text{eq}} = 1,2 \text{ M.-%}$) und einer der auffällig gewordenen Granite als Ausgangsstoffe herangezogen.

Ausgehend von der Rezeptur des Schnellprüfverfahrens der Alkali-Richtlinie ($w/z = 0,47$, Gesteinskörnung/Zement-Verhältnis = 2,25:1) wurden Mörtelprismen ($40 \times 40 \times 160 \text{ mm}^3$) hergestellt

und bei 80 °C sowie 60 °C in verschiedenen Lagerungslösungen über 12 Monate gelagert. Die vier verwendeten Lagerungslösungen setzten sich folgendermaßen zusammen: 1 molare NaOH-; 0,5; 1 und 2 molare NaCl-Lösung.

Neben der Längen-, Massen- und E-Modul-Änderungen wurden ebenfalls die Porenlösungen nach 28 d und 332 d mittels ICP-OES analysiert sowie lichtmikroskopische Untersuchungen durchgeführt.

3 Ergebnisse

Der Einfluss der verschiedenen Lagerungslösungen bei 80 °C sind in Bild 1 dargestellt. Sehr hohe Dehnungen traten, wie erwartet, in 1 molarer NaOH-Lösung auf. Für die Proben in NaCl-Lösungen treten unabhängig von der Konzentration bei allen Lagerungsvariationen kaum Dehnungen auf. Ein ähnliches Ergebnis mit etwas geringeren Dehnwerten wird bei einer Lagerungstemperatur von 60 °C erzielt.

Bei einer detaillierteren Betrachtung zeigen sich tendenziell für die höher konzentrierten NaCl-Lösungen geringfügig erhöhte Werte gegenüber der weniger konzentrierten Lagerungslösung.

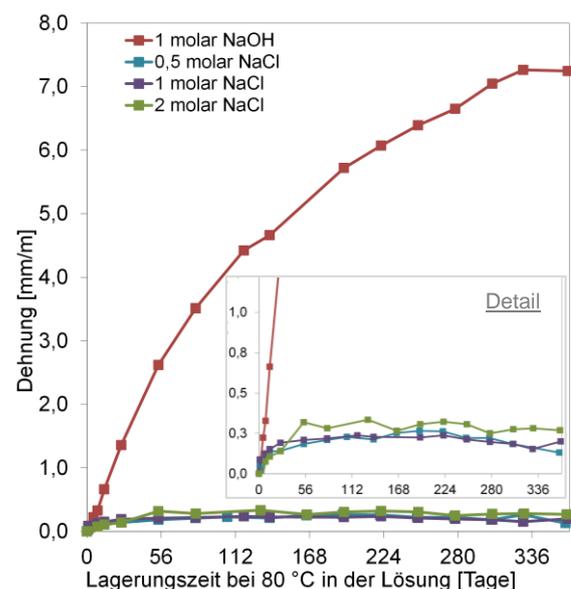


Bild 1: Expansion der Prismen bei 80 °C

Die Porenlösungsanalytik zeigt, dass die Si-Konzentration der in NaOH gelagerten Proben erwartungsgemäß mit steigender OH-Konzentration der Porenlösung ansteigt (Bild 2). Bei höherer Temperatur und Lagerungsalter liegt auch eine höhere OH-Konzentration in den Porenlösungen dieser Mörtel vor.

Dies spiegelt sich auch an den hohen Dehnungen, die bei den Mörtelprismen in NaOH-Lösung auftreten, wider.

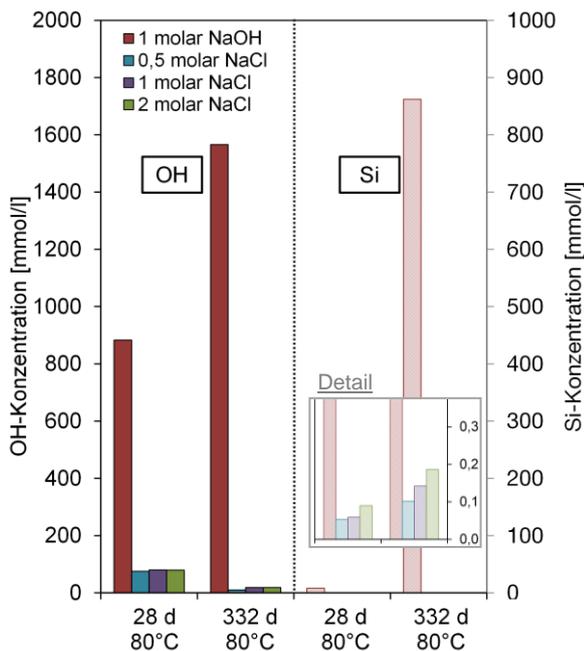


Bild 2: Zusammensetzung der Porenlösung:
OH- und Si-Konzentration

Die OH-Konzentration der Proben, die in NaCl-Lösungen gelagert wurden, nimmt dagegen aufgrund von Auslauffeffekten über die Zeit hinweg ab. Diese zeitlich abhängige Abnahme der OH-Konzentration zeigt sich auch an der K-Konzentration (ohne Bild). Demgegenüber steigt aber die Si-Konzentration in der Porenlösung mit steigender Konzentration an NaCl in der Lagerungslösung an. Es liegt die Vermutung nahe, dass die NaCl-Konzentration das Löseverhalten von SiO₂ beeinflusst [2]. Da es sich allerdings noch um sehr geringe Si-Mengen handelt, äußert sich dies nicht durch Dehnungen am Probekörper.

Das Lösen des SiO₂ in die Porenlösung wird indirekt auch anhand von mikroskopischen Untersuchungen sichtbar. Mit zunehmendem Angriffsgrad und Lagerungsdauer treten vermehrt Lösungserscheinungen innerhalb des Granitgefüges auf (Bild 3). Auch Risse und AKR-Gelungen in Poren und Rissen häufen sich.

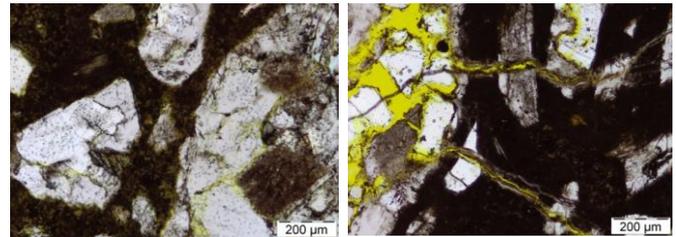


Bild 3: Lichtmikroskopische Aufnahmen an Proben in 1 molarer NaOH bei 80 °C: Lagerungsalter 28 d (links) und 332 d (rechts)

In den Proben, die in NaCl-Lösungen gelagert waren, sind bisher keine Lösungserscheinungen erkennbar. Allerdings weisen bei einigen Gesteinskörnern der Proben, die in 2 molarer NaCl-Lösung lagen, erste feine „Linien“ innerhalb des Gesteinsgefüges darauf hin, dass eine beginnende Gesteinsauflösung stattfindet (ohne Bild).

4 Zusammenfassung

Die Untersuchungen zeigen, dass durch Temperatur und Konzentrationserhöhung in beschleunigten Prüfverfahren das AKR-Schädigungspotential deutlich gesteigert werden kann.

Auch kann herausgestellt werden, dass die hier geprüften Granite ausreichende Mengen an SiO₂ freisetzen können, um AKR-Schäden auszulösen. Der Beitrag von NaCl aus z.B. Tausalz scheint dabei die Reaktion noch zu begünstigen.

Ein Übertrag auf die Praxis ist mit dem vorliegenden Prüfprogramm jedoch nicht möglich. Dennoch finden sich in den lichtmikroskopischen Aufnahmen ähnliche Auflösungserscheinungen an den Granitkörnern, wie sie in etwas geringerem Ausmaß aus Betonbauteilen bzw. Straßendecken bekannt sind.

5 Förderhinweis

Die Untersuchungen wurden vom Verein Deutscher Zementwerke e. V. (VDZ) gefördert.

6 Literatur

- [1] Müller, C., Borchers, I. und Eickschen, E.: AKR-Prüfverfahren: Auf dem Weg zur Performance-Prüfung. Beton- und Stahlbetonbau, 102, 2007, S. 528 - 538
- [2] Dressler, A.: Einfluss von Tausalz und puzolanischen, aluminiumhaltigen Zusatzstoffen auf die Mechanismen einer schädigenden Alkali-Kieselsäure-Reaktion in Beton, Dissertation TU München, 2013