

Lagerung von Mörtel mit Granit in KOH-Lösung unter NaCl-Zugabe bei 80 °C – Einflüsse auf eine AKR

Wissenschaftlicher Kurzbericht Nr. 37 (2016)

Kai Fischer, M.Sc., 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. Einige 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 [2].

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 (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 verwendet.

Gemäß Alkali-Richtlinie des DAfStb wurden Mörtelproben ($40 \times 40 \times 160 \text{ mm}^3$) mit Granit ($w/z = 0,47$, Gesteinskörnung/Zement-Verhältnis = 2,25:1) hergestellt und bei 80 °C über einen Zeitraum von 120 Tagen in verschiedenen zusammengesetzten Prüflösungen gelagert. Als Basislö-

sung wurde eine KOH-Lösung (pH-Wert rd. 13,8) verwendet. Weitere Proben wurden in identischen KOH-Lösungen gelagert, die jedoch zusätzlich mit 0,5, 1 bzw. 2 mol NaCl aufdotiert wurden. Als Referenz wurden Proben bei 80 °C über Wasser und in Folie eingeschlagen gelagert. Neben der Längen-, Massen- und E-Modul-Änderungen wurden ebenfalls die Porenlösungen nach 28 d und 120 d mittels ICP-OES analysiert sowie lichtmikroskopische Untersuchungen durchgeführt.

3 Ergebnisse

Der Einfluss des zugegebenen NaCl in den KOH-Lösungen bei 80 °C ist in Bild 1 dargestellt. Darin zeigt sich, dass mit zunehmendem NaCl-Gehalt in der Lösung die Expansionen der Mörtelprismen ansteigen.

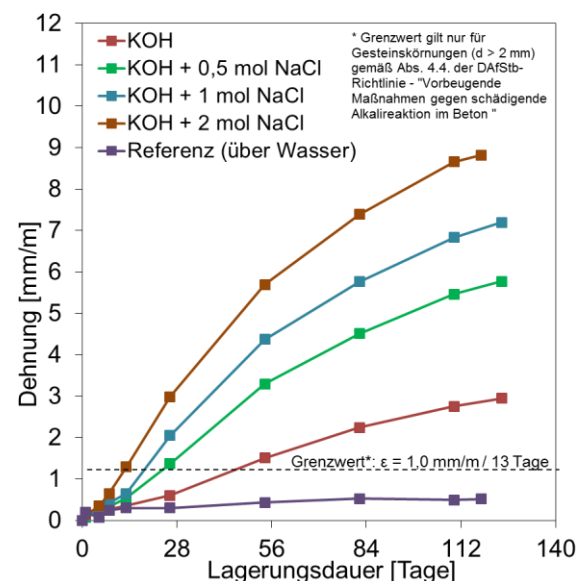


Bild 1: Expansion der Prismen bei 80 °C

Anhand der lichtmikroskopischen Betrachtung sind nach 28 d Lagerung bei 80 °C in reiner KOH-Lösung einige Schädigungsmerkmale festzustellen. Die Schäden beschränken sich auf Risse, die sich bevorzugt entlang der Kristallgrenzen von Quarz in den Granitkörnern gebildet haben. Eine Rissfortpflanzung in die umliegende Mörtelmatrix – wie es häufig bei AKR-Schäden beobachtet werden kann – ist nicht vorhanden. Eine Bildung von Alkali-Kieselsäure-Gel ist eben-

falls nicht festzustellen. Der Gefügestand der Proben nach 120 Tagen Lagerung zeigt gleichwohl, dass diese Mikrorisse in den Körnern nach 28 Tagen – trotz fehlender Schadenscharakteristika - erste Anzeichen einer ablaufenden AKR darstellen. Nach diesem Lagerungszeitraum sind die Quarzkristalle der Granitkörner durch ausgeprägte Lösungserscheinungen gekennzeichnet. Von den Gesteinskörnern ausgehende Risse pflanzen sich in die umliegende Mörtelmatrix fort. AK-Gel findet sich in Luftporen und Rissen. Die Dotierung der KOH-Lösung mit NaCl verursacht in den Mörtelproben eine intensivere Schädigung (Rissbildung, Lösungserscheinungen, AK-Gel-Bildung). Gleichermäßen nehmen die Schäden mit höherer NaCl-Beaufschlagung zu.

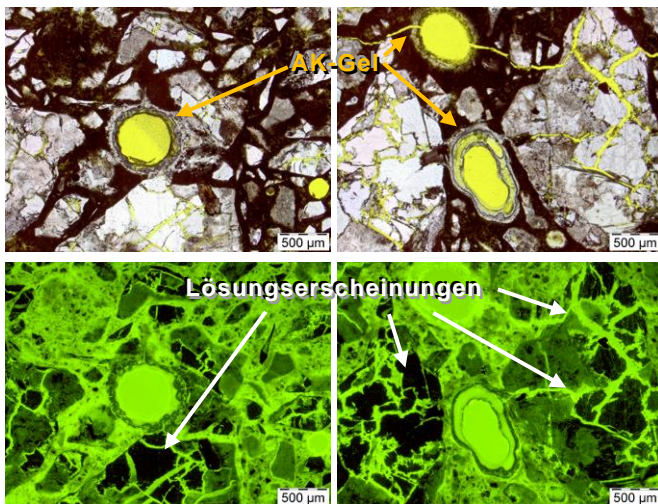


Bild 2: Lichtmikroskopische Aufnahmen mit Normallicht (oben) und UV-Licht (unten) an Proben KOH+0,5 mol NaCl (links) und KOH+2 mol NaCl (rechts) nach 120 Tagen Lagerung

Entsprechend sind die schärfsten Schäden (u.a. Lösung von Quarz) in jenen Proben festzustellen, die in der KOH-Lösung mit 2 mol NaCl lagerten (s. Bild 2, rechts). Die ausgeprägte Lösung von Quarz in diesen Proben nach 120 d, spiegelt sich gleichermaßen im Si-Gehalt (823 mmol/l) der Mörtelporenlösungen wieder (Bild 3). Deutlich geringere Si-Konzentrationen wurden hingegen in den Proben mit geringerer bzw. keiner NaCl-Exposition gemessen.

Eine gleichzeitige Zunahme der Hydroxidkonzentration (pH-Wert = 14,0) in den Porenlösungen bei Beanspruchung mit 2 mol NaCl resultiert vermutlich aus der Bildung von Calciumoxychlorid-Hydraten [3].

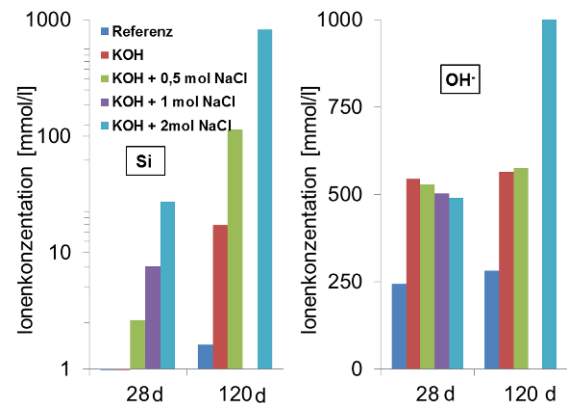


Bild 3: Zusammensetzung der Porenlösung: Si- und OH⁻-Konzentration

4 Zusammenfassung

Durch das Untersuchungsprogramm konnte die Verschärfung einer AKR in Granit mit zunehmender NaCl-Exposition unter Temperaturbedingungen von 80 °C nachgewiesen werden. Für einen Übertrag dieser Zusammenhänge auf mögliche Effekte in WS-Performance-Prüfungen und auf die Baupraxis sind jedoch weitere Untersuchungen bei geringeren Temperaturen (20 und 60 °C) und praxisnahen Tausalzbeanspruchungen erforderlich.

5 Förderhinweis

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

6 Literatur

- [1] MÜLLER, C., et al. (2007): AKR-Prüfverfahren: Auf dem Weg zur Performance-Prüfung. Beton- und Stahlbetonbau, 102, S. 528 – 538
- [2] FISCHER, K. et al. (2016): Alkali Silica Reaction in Concrete with Granite - Laboratory Tests and real Service Conditions. 15th International Conference on Alkali-Aggregate Reaction, Sao Paulo, Brazil.
- [3] BROWN, P. et al. (2004): The system CaO-Al₂O₃-CaCl₂-H₂O at 23±2 °C and the mechanisms of chloride binding in concrete. CCR 34, p. 1549-1553