

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Klimaschutz

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages



Forschungsvereinigung:	VDZ Technology gGmbH (Zementwerke)
Forschungseinrichtung:	VDZ Technology gGmbH Forschungsinstitut der Zementindustrie
IGF-Vorhaben-Nr.:	21386 N
Bewilligungszeitraum	01.10.2020 – 31.03.2025
Veröffentlicht VDZ-Webseite	(https://vdz.info/213868n)

Forschungsthema:

Einfluss freisetzbarer Alkalien aus Gesteinskörnungen auf eine schädigende Alkali-Kieselsäure-Reaktion in Beton

Im IGF-Vorhaben 21386 N untersuchte der VDZ den Einfluss freisetzbarer Alkalien aus Gesteinskörnungen auf eine schädigende Alkali-Kieselsäure-Reaktion (AKR) in Beton. Motivation für das Vorhaben waren Hinweise, dass bestimmte Minerale in Gesteinskörnungen Alkalien freisetzen können, die den wirksamen Alkaligehalt der Porenlösung des Betons erhöhen und damit eine schädigende AKR begünstigen. Das Vorhaben sollte zeigen, in welchem Maße der freisetzbare Alkaligehalt von in Deutschland verwendeten Gesteinskörnungen technisch relevant ist und ob der freisetzbare Alkaligehalt ausreichend durch die AKR-vorbeugenden Maßnahmen der Alkali-Richtlinie berücksichtigt ist.

Freisetzbarer Alkaligehalt und Alkali-Reaktivität von Gesteinskörnungen

Mit dem Schnellprüfverfahren und dem 60 °C-Betonversuch wurde die Alkali-Reaktivität von 53 bzw. 21 Gesteinskörnungen bestimmt. Von 49 Gesteinskörnungen wurde der freisetzbare Alkaligehalt nach RILEM AAR-8 ermittelt (Bild 1). Bei den meisten (42 von 49) Gesteinskörnungen war die Alkalifreisetzung gering ($\leq 0,10$ %, low releaser). Insbesondere alle natürlichen Sande waren unauffällig. Dies ist von Bedeutung, da die Alkalifreisetzung mit zunehmender Feinheit zunimmt. Lediglich ein Basalt (Splitt und Brechsande aus dem gleichen Werk) wies hohe Freisetzungsmengen von über 0,25 % (high releaser) auf. Zwei weitere Basalte und ein Rhyolith setzten im mäßigen Umfang Alkalien frei ($> 0,10$ %, moderate releaser). Aufgrund der Beobachtungen ergibt sich für Deutschland gegenwärtig kein Handlungsbedarf, solange keine Brechsande oder Füller aus Basalt und ggf. Rhyolith eingesetzt werden. Der freisetzbare Alkaligehalt war unabhängig von der Alkali-Reaktivität der jeweiligen Gesteinskörnung.

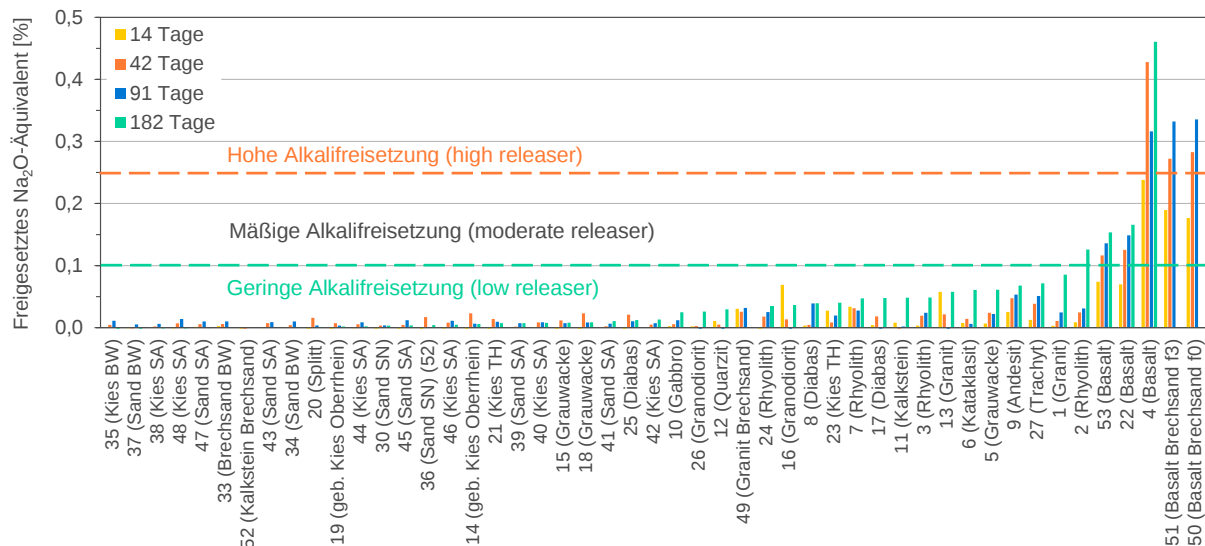


Bild 1 Freigesetzte Alkalien (Na₂O-Äquivalent) zu verschiedenen Zeitpunkten für verschiedene Gesteinskörnungen gemäß RILEM AAR-8, Lagerung bei 38 °C

Porenlösungen von Betonen

Der Einfluss des freisetzbaren Alkaligehalts von Gesteinskörnungen auf den AKR-Widerstand von Betonen wurde mit Betonversuchen (RILEM AAR-10 und -11 sowie Freilagerung) und an ausgepressten Porenlösungen untersucht. Die Betone wurden mit verschiedenen Alkaligehalten, mit einem reaktiven Grauwacke-Splitt und mit Brechsanden mit unterschiedlichen freisetzbaren Alkaligehalten hergestellt. Die Analyse der Porenlösungen zeigte, dass der Basaltbrechsand zunächst (Alter 29 Tage) die Konzentration der Hydroxid-, Kalium- und Natriumionen reduzierte und mittelfristig (Alter 183 Tage) diese Konzentrationen jedoch wieder erhöhte. Diese freigesetzten Alkalien können eine schädigende AKR der groben Gesteinskörnung fördern, wie die 60 °C-Betonversuche bestätigen. Der Basalt als grobe Gesteinskörnung setzte bis zum Alter von 183 Tagen bei 38 °C keine Alkalien in relevantem Umfang in die Porenlösung des Betons frei. Die Ergebnisse bis zu einem Alter von 183 Tagen bei 38 °C deuten an, dass die Alkalifreisetzung von groben Gesteinskörnungen möglicherweise vernachlässigt werden kann. Dies sollte aber langfristig weiter untersucht werden.

AKR-Widerstand von Betonen

Die Ergebnisse der 60 °C-Betonversuche in diesem Vorhaben bestätigten, dass der nicht reaktive, alkalifreisetzende Basalt-Brechsand eine schädigende AKR des alkali-reaktiven Grauwacke-Splitts deutlich verstärken kann (Bild 2). Der Basalt-Brechsand reduzierte den zulässigen Alkaligehalt aus dem Zement (Schwellwert) um rund 1,2 kg Na₂O-Äquivalent pro m³ Beton. Ein hoher Fülleranteil von 3 % im Basalt-Brechsand erhöhte die Dehnung nochmals (nicht dargestellt). Ob diese Verstärkung im gleichen Umfang auch bei 38 °C (Lagerungstemperatur RILEM AAR-8) stattfindet, müssen die 38 °C-Betonversuche und die Auslagerungsversuche in den nächsten Jahren zeigen. Zukünftig sollte überprüft werden, ob Gesteinskörnungen wie der Basalt bei 60 °C mehr Alkalien in die Porenlösung freisetzt als bei 38 °C.

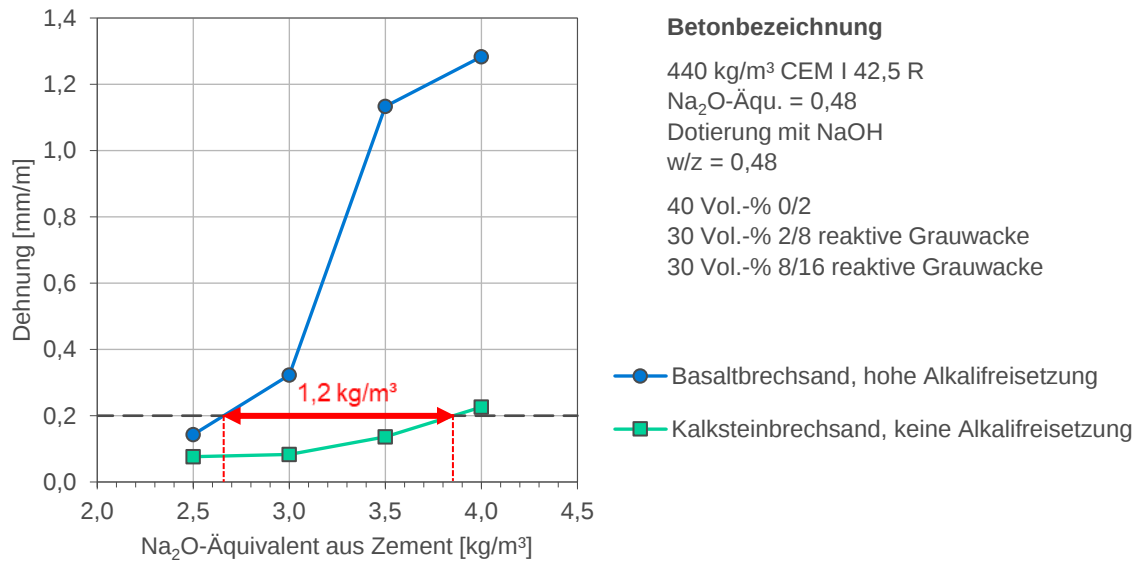


Bild 2 Einfluss des freisetzbaren Alkaligehalts des Sandes, bestimmt nach RILEM AAR-8, auf die Dehnungen nach 140 Tagen im 60 °C-Betonversuch von Betonen mit einer reaktiven groben Grauwacke für verschiedene Alkaligehalte im Beton (Na₂O-Äquivalente aus Zement inklusive Dotierung mit NaOH)