

## Alkali-Kieselsäure-Reaktion

# Einstufung nach AKR-Richtlinie – ein Hemmnis?\*)

Ingmar Borchers, Christoph Müller und Maik Seidel, Düsseldorf

\*) Das Verbundforschungsprojekt „R-Beton – Ressourcenschonender Beton – Werkstoff der nächsten Generation“ wird mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung gefördert.

### 1 Einleitung

In Deutschland ist bei Gesteinskörnungen nach DIN EN 12620 [1] die Alkaliempfindlichkeitsklasse anzugeben, damit durch den Betonhersteller ggf. vorbeugende Maßnahmen angewendet werden können, um Schäden infolge einer Alkali-Kieselsäure-Reaktion (AKR) zu vermeiden. Bis zur Alkali-Richtlinie, Ausgabe 2007 [2] waren bei rezyklierten Gesteinskörnungen, die nicht einer unbedenklichen Alkaliempfindlichkeitsklasse zugeordnet werden konnten, Maßnahmen nach Alkali-Richtlinie für E III-O-Gesteinskörnungen anzuwenden (Tafel 1) [3]. Seit 2007 sind diese Gesteinskörnungen in die Alkaliempfindlichkeitsklasse E III-S einzustufen [2, 4, 5]. Dadurch änderten sich auch die Anforderungen an die vorbeugenden Maßnahmen. Im R-Beton-Projekt (Teilvorhaben 5) wird diese Änderung durch AKR-Performance-Prüfungen an Betonen überprüft.

### 2 AKR-Performance-Prüfungen

Zur Überprüfung der in Tafel 1 eingefärbten Maßnahmen bei E III-S-Gesteinskörnungen wurden mit rezyklierten Gesteinskörnungen drei ungünstig zusammengesetzte Betone gemäß Tafel 2 hergestellt. Ungünstig bedeutet, dass die Voraussetzung für eine schädigende AKR durch alkaliempfindliche Gesteinskörnungen und einen hohen Alkaligehalt des Zements gegeben sind. Der AKR-Widerstand der Betone wurde mit AKR-Performance-Prüfungen untersucht. Als AKR-Performance-Prüfverfahren wurde der 60 °C-Betonversuch mit und ohne Alkalizufuhr verwendet.

Der Beton 1 der Feuchtigkeitsklasse WF (feuchte Umgebung) wurde mit dem „60 °C-Betonversuch ohne Alkalizufuhr“ geprüft [6]. Der Prüfablauf entspricht dem 60 °C-Betonversuch nach Alkali-Richtlinie, Anhang C [5]. Das Verfahren ist bereits seit 2004 in Frankreich in AFNOR P 18-454 [7] genormt und wird dort, wie auch in der Schweiz, zur Bewertung der Alkalireaktivität von Betonen angewendet [8].

Die Betone 2 und 3 der Feuchtigkeitsklasse WA (feuchte Umgebung + Alkalizufuhr von außen) wurden mit dem „60 °C-Betonversuch mit Alkalizufuhr“ von außen geprüft [6]. Das Prüfverfahren war an den Festlegungen zu Maßnahmen der Alkali-Richtlinie kalibriert worden. Die Festlegungen der Alkali-Richtlinie spiegeln die Erfahrungen mit Betonen in Deutschland wider, die entweder keine AKR-Schä-

den aufweisen oder mit denen nachweislich AKR-Schäden aufgetreten sind. Um die Alkalien von außen dem Beton zuzuführen, lagerten die Betonprismen zeitweise in einer 3%igen Natriumchlorid-Lösung (NaCl).

Die rezyklierte Gesteinskörnung des Betons 1 wurde aus Betonwürfeln gewonnen, die für AKR-Untersuchungen viele Jahre im Außenlager des VDZ lagerten. Die Betone wurden seinerzeit mit einem Gemisch

Tafel 1: Vorbeugende Maßnahmen gegen schädigende Alkalireaktion im Beton nach Alkali-Richtlinie [1]

Alkaliempfindlichkeitsklasse	Zementgehalt [kg/m³]	Maßnahmen für die Feuchtigkeitsklasse		
		WO (trocken)	WF (feucht)	WA (feucht + Alkalizufuhr)
E I, E I-O, E I-OF, E I-S	ohne Festlegung	keine		
E II-O	≤ 330	keine		NA-Zement
E III-O		keine	NA-Zement	Austausch der Gesteinskörnung
E II-OF	> 330	keine	NA-Zement	
E III-OF			NA-Zement	Austausch der Gesteinskörnung
E III-S	≤ 300	keine		keine
	≤ 350	keine		NA-Zement oder gutachtliche Stellungnahme <sup>1)</sup>
	> 350	keine	NA-Zement oder gutachtliche Stellungnahme <sup>1)</sup>	Austausch der Gesteinskörnung oder gutachtliche Stellungnahme <sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> Für die Erstellung einer gutachtlichen Stellungnahme sind besonders fachkundige Personen einzuschalten.

Tafel 2: Betonzusammensetzungen

	Beton 1	Beton 2	Beton 3
Feuchtigkeitsklasse	WF	WA	
Zement	350 kg/m³	300 kg/m³	350 kg/m³
Na <sub>2</sub> O-Äquivalent	1,13 M.-%	1,13 M.-%	0,58 M.-%
Wasserzementwert	0,48	0,50	0,50
0/2	30 Vol.-% Natursand E I (Rheinsand)		
2/8	40 Vol.-% Betonbruch aus Würfeln aus Auslager des VDZ	40 Vol.-% Betonbruch aus Recyclingwerk	
8/16	30 Vol.-% Betonbruch aus Würfeln aus Auslager des VDZ	30 Vol.-% Betonbruch aus Recyclingwerk	

aus 15 % sehr alkaliempfindlichem Kies mit Opalsandstein und Flint 2/8 der Alkaliempfindlichkeitsklasse E III-O – E III-OF und 85 % Rheinkiesand der Alkaliempfindlichkeitsklasse E I hergestellt. Dies ist eine Referenz-Gesteinskörnung, die in der Vergangenheit auch zum Nachweis der NA-Eigenschaften von Zementen verwendet wurde.

### 3 Erste Ergebnisse

Erste Ergebnisse zeigen, dass bei rezyklierten Gesteinskörnungen die aktuellen (E III-S)-Maßnahmen nicht in allen Fällen ausreichend sein können. Es erscheint angebracht, rezyklierte Gesteinskörnungen wie vor 2007 in die Alkaliempfindlichkeitsklasse E III-O

einzuordnen, wenn die Zuordnung der in der rezyklierten Gesteinskörnung enthaltenen natürlichen Gesteinskörnung in eine unbedenkliche Alkaliempfindlichkeitsklasse nicht möglich ist.

### Literatur

- [1] DIN EN 12620 2013-07. Gesteinskörnungen für Beton: Deutsche und Englische Fassung prEN 12620:2013
- [2] DAfStb-Richtlinie Vorbeugende Maßnahmen gegen schädigende Alkalireaktion im Beton (Alkali-Richtlinie). Ausgabe 2007
- [3] DAfStb-Richtlinie Beton nach DIN EN 206-1 und DIN 1045-2 mit rezyklierten Gesteinskörnungen nach DIN 4226-100: Teil 1: Anforderungen an den Beton für die Bemessung nach DIN 1045-1. Ausgabe Dezember 2004
- [4] DAfStb-Richtlinie Beton nach DIN EN 206-1 und DIN 1045-2 mit rezyklierten Gesteinskörnungen nach DIN EN 12620: Teil 1: Anforderungen an den Beton für die Bemessung nach DIN EN 1992-1-1. Ausgabe September 2010
- [5] DAfStb-Richtlinie Vorbeugende Maßnahmen gegen schädigende Alkalireaktion im Beton (Alkali-Richtlinie). Ausgabe 2013
- [6] Borchers, I.; Müller, Ch.: Praxisgerechte Prüfung der Alkaliempfindlichkeit von Betonen für die Feuchtigkeitsklassen WF und WA in AKR-Performance-Prüfungen. beton 64 (2014) H. 10, S. 403–409
- [7] AFNOR P 18-454 Béton – Réactivité d'une formule de béton vis-à-vis de l'alkali réaction – Essai de performance, Association Française de Normalisation, Paris 2004
- [8] Merkblatt SIA 2042 Vorbeugung von Schäden durch die Alkali-Aggregat-Reaktion (AAR) bei Betonbauten, 2012