

Ingmar Borchers, Christoph Müller, Maik Seidel, Düsseldorf

# Alkali-Kieselsäure-Reaktion: Einstufung nach AKR-Richtlinie – ein Hemmnis?\*)

## Alkali-silica reaction: Classification according to alkali guidelines – a hindrance?\*)

### 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 (Tabelle 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 Tabelle 1 eingefärbten Maßnahmen bei E III-S-Gesteinskörnungen wurden mit rezyklierten Gesteinskörnungen drei ungünstig zusammengesetzte Betone gemäß Tabelle 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-Prü-

### 1 Introduction

In Germany, for aggregates in accordance with DIN EN 12620 [1] the alkali reactivity class has to be declared to enable the concrete producer to take any action necessary to prevent damage arising from alkali-silica reaction (ASR). Prior to the 2007 issue of the alkali guidelines [2], action based on the alkali guidelines for E III-O aggregates (highly alkali-reactive) had to be taken for recycled aggregates which could not be assigned to a safe alkali reactivity class (non-reactive) (Table 1) [3]. Since 2007 these aggregates have been assigned to alkali reactivity class E III-S (alkali-reactive) [2, 4, 5]. This also resulted in a change of the preventive measures. In the R concrete project (sub-project 5), this change is checked by way of ASR performance tests on concrete mixes.

### 2 ASR performance tests

To check the preventive measures marked in colour in Table 1 for E III-S aggregates, three concrete mixes of unfavourable composition were produced with recycled aggregates in accordance with Table 2. Unfavourable means that the prerequisites for deleterious ASR have been created in the form of alkali-reactive aggregates and a high alkali content of the cement. The ASR resistance of the concrete mixes was examined with ASR performance tests. The ASR performance test method used was the 60 °C concrete test with and without alkali supply.

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

\*) “R concrete – Resource-saving concrete – The next-generation material” is a collaborative research project funded by the German Federal Ministry of Education and Research.

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

Table 1: Measures to prevent deleterious alkali-silica reaction in concrete in accordance with the alkali guidelines [1]

Alkali reactivity class	Cement content in kg/m <sup>3</sup>	Preventive measures for moisture class		
		WO (dry)	WF (moist)	WA (moist + alkali supply)
E I, E I-O, E I-OF, E I-S	No stipulation	None		
E II-O	≤ 330	None		Low-alkali cement
E III-O		None	Low-alkali cement	Replacement of the aggregate
E II-OF	> 330	Low-alkali cement		
E III-OF		None	Low-alkali cement	Replacement of the aggregate
E III-S	≤ 300	None		None
	≤ 350	None	None	Low-alkali cement or expert opinion <sup>1)</sup>
	> 350	None	Low-alkali cement or expert opinion <sup>1)</sup>	Replacement of aggregate or expert opinion <sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> Particularly well qualified specialists are to be commissioned with the production of an expert opinion.

**Tabelle 2: Betonzusammensetzungen**  
**Table 2: Concrete compositions**

	Concrete mix 1	Concrete mix 2	Concrete mix 3
Moisture class	WF	WA	
Cement	350 kg/m <sup>3</sup>	300 kg/m <sup>3</sup>	350 kg/m <sup>3</sup>
Na <sub>2</sub> O equivalent	1.13 mass %	1.13 mass %	0.58 mass %
Water-cement ratio	0.48	0.50	0.50
0/2	30 vol. % natural sand E I (Rhine sand)		
2/8	40 vol. % crushed concrete from cubes from VDZ outdoor exposure site	40 vol. % crushed concrete from recycling plant	
8/16	30 vol. % crushed concrete from cubes from VDZ outdoor exposure site	30 vol. % crushed concrete from recycling plant	

fungen 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 Prüfverlauf 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-Schäden 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 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 einzustufen, wenn die Zuordnung der in der rezyklierten Gesteinskörnung enthaltenen natürlichen Gesteinskörnung in eine unbedenkliche Alkaliempfindlichkeitsklasse nicht möglich ist.

Concrete mix 1 of moisture class WF (moist environment) was examined by performing the 60 °C concrete test without alkali supply [6]. The test procedure corresponds to the 60 °C concrete test in accordance with the alkali guidelines, annex C [5]. The method has been standardised in France since 2004 in AFNOR P 18-454 [7] and is employed both in France and in Switzerland to assess the alkali reactivity of concretes [8].

Concrete mixes 2 and 3 of moisture class WA (moist environment + external alkali supply) were tested with the „60 °C concrete test with external alkali supply“ [6]. The test procedure was calibrated on the basis of the preventive measures given in the alkali guidelines. The stipulations of the alkali guidelines reflect the experience gained with concrete compositions in Germany which either do not exhibit any ASR damage or with which ASR damage has verifiably occurred. To provide an external supply of alkali to the concrete, the concrete prisms were stored for a period of time in a 3 % sodium chloride solution (NaCl).

The recycled aggregate of concrete mix 1 was obtained from concrete cubes which had been stored on the VDZ outdoor exposure site for many years for ASR test purposes. At the time, the concrete mixes were produced with a mixture of 15 % highly alkali-reactive gravel with opaline sandstone and flint 2/8 of alkali reactivity class E III-O – E III-OF and 85 % Rhine gravel and sand of alkali reactivity class E I (non-reactive). This is a reference aggregate which has also been used in the past to verify the low-alkali properties of cements.

### 3 Initial results

Initial results indicate that the current (E III-S) measures may not always be adequate for recycled aggregates. It would appear to be appropriate to classify recycled aggregates in alkali reactivity class E III-O (highly alkali-reactive), as was the case prior to 2007, if it is not possible to assign the natural aggregate contained in the recycled aggregate to a safe alkali reactivity class (non-reactive).

### Literatur / Literature

- [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