

MPVA-Spektrum I/08

Alkali-Kieselsäure-Reaktion

Rahmenbedingungen

Die bauaufsichtliche Einführung der neuen Alkali-Richtlinie, Ausgabe Februar 2007 und der A2-Änderung der DIN 1045-2/A2: 2007-06 wird aller Voraussicht nach mit der Bauregelliste 2008/1 erfolgen. Aus diesen neuen bauaufsichtlichen Regelungen ergeben sich bundesweit weitreichende Konsequenzen für die Hersteller von Gesteinskörnungen für Beton und Mörtel sowie für die Produzenten von Transportbeton und Fertigteilen aus Beton nach DIN 1045.

Einleitung

Einige Gesteinskörnungen für Beton können alkalireaktive Kieselsäure enthalten. Diese kann mit dem im Porenwasser des Betons gelösten Alkalihydroxid unter Aufquellen zu einem Alkali-Kieselsäure-Gel reagieren. Diese Reaktion wird „Alkali-Kieselsäure-Reaktion“ (AKR) genannt und kann unter bestimmten Bedingungen zur Schädigung des Betons führen.

Da bekanntermaßen u. a. tragende und somit hoch sicherheitsrelevante Bauteile aus Beton gefertigt werden, ist dessen Herstellung und Verwendung bauaufsichtlich geregelt. So ist unter anderem auch die Vorgehensweise zur sicheren Vermeidung einer betonschädigenden AKR durch die Nennung der DAfStb-Richtlinie „Vorbeugende Maßnahmen gegen schädigende Alkali-reaktion im Beton“ (Alkali-Richtlinie) in der Bauregelliste bauaufsichtlich festgelegt.

Mit der eingangs erwähnten Einführung der neuen Alkali-Richtlinie und der A2-Änderung der DIN 1045-2/A2 müssen Hersteller von natürlichen und recycelten Gesteinskörnungen für Beton nun bundesweit die Alkaliempfindlichkeitsklasse der Lieferkörnungen angeben. Die Hersteller von Transportbeton und Fertigteilen aus Beton nach DIN 1045 sind zukünftig ebenfalls bundesweit verpflichtet, die Feuchtigkeitsklasse nach der DAfStB-Richtlinie anzugeben, in welcher das gelieferte Betonprodukt eingesetzt werden darf.

DAfStb Alkali-Richtlinie

Allgemein

Die neueste Ausgabe der Alkali-Richtlinie gliedert sich in drei Teile und zwei informative Anhänge.

Im Teil 1 wird dargestellt, welche Gesteinskörnungen hinsichtlich einer AKR kritisch sind und wie mit diesen Gesteinskörnungen zu verfahren ist. Außerdem werden die Feuchteklassen WO, WF, WA, WS beschrieben. Die Feuchteklassen entsprechen bestimmten Umweltbedingungen, welchen die Betonbauteile im Einbauzustand dauerhaft ausgesetzt werden können.

Im Teil 2 werden Gesteinskörnungen aus einem definierten Bereich im Nordosten der Bundesrepublik Deutschland behandelt. Körnungen, welche im Teil 2 der Alkali-Richtlinie geregelt sind, werden hinsichtlich der Alkaliempfindlichkeit mit E I-O, E II-O, E III-O und E I-OF, E II-OF, E III-OF klassifiziert.

Teil 3 regelt gebrochene alkaliempfindliche Gesteinskörnungen. Nach Teil 3 werden die Gesteinskörnungen hinsichtlich der Alkaliempfindlichkeit in die Klassen E I-S und E III-S eingeteilt.

Neu

Die grundsätzliche Anwendung der Alkali-Richtlinie auf jede Gesteinskörnung im gesamten Bundesgebiet, anstatt wie bisher auf begrenzte Bereiche im Nord und Osten Deutschlands, stellt die einschneidendste Änderung der aktuellen gegenüber der bisher angewandten Alkali-Richtlinie dar. So muss zukünftig für jede Gesteinskörnung durch eine petrographische Grundprüfung festgestellt werden, ob die in der Alkali-Richtlinie Teil 2 und Teil 3 genannten alkaliempfindlichen Bestandteile vorhanden sind.

Wenn keine alkaliempfindlichen Bestandteile festgestellt werden **und** unter baupraktischen Bedingungen keine schädigende Alkali-Kieselsäure-Reaktion bekannt ist, wird die Gesteinskörnung durch eine bauaufsichtlich anerkannte Überwachungs- und Zertifizierungsstelle in die Klasse E I eingestuft. Nur für die Klassifizierung E I schränkt die Alkali-Richtlinie die Anwendung einer Gesteinskörnung nicht ein.

Kann die Klassifizierung E I aus einem der zuvor genannten Gründe nicht erfolgen, ist aufgrund des Befundes der petrographischen Untersuchung zu entscheiden, ob die Gesteinskörnung nach Teil 2 oder Teil 3 der Richtlinie zu handhaben ist. Sowohl nach Teil 2 als auch nach Teil 3 ist eine regelmäßige Fremdüberwachung mit Produktprüfungen sowie die spezielle Zertifizierung der Gesteinskörnung erforderlich. Zudem ist nach der aktuellen Richtlinie die Anzahl von Gesteinen, welche als potentiell alkaliempfindlich zu beurteilen sind, deutlich vergrößert.

Schließlich wird zur Beurteilung der Alkaliempfindlichkeit bestimmter Gesteinskörnungen erstmalig ein bauaufsichtlich anerkanntes Schnellprüfverfahren zur Verfügung gestellt.

Alkaliempfindliche Gesteinskörnungen

Die Alkali-Richtlinie von 2007 deklariert, ebenso wie auch die Vorgängerausgabe, Flinte, Opalsandsteine und Kieselkreide, als alkaliempfindliche Bestandteile. Treten in einem Vorkommen die genannten alkaliempfindlichen Bestandteile auf, ist dieses Vorkommen nach dem Teil 2 der Alkali-Richtlinie zu behandeln. Dies gilt ausdrücklich auch, wenn dieses Vorkommen außerhalb des im Teil 2 der Alkali-Richtlinie definierten Gewinnungsgebiets bzw. des daran angrenzenden Bereichs liegt.

In der Vorgängerausgabe der Alkali-Richtlinie war nur die präkambrische Grauwacke aus einem begrenzten Gebiet im Osten der Bundesrepublik Deutschland als potentiell alkaliempfindlich zu beurteilen und nach dem Teil 3 der Richtlinie zu behandeln. Nach der aktuellen Ausgabe der Richtlinie gilt diese Vorgabe bundesweit für alle gebrochenen Gesteinskörnungen aus Grauwacke, aus Quarzporphyr (Rhyolith), aus Kiesen des Oberrheins, aus recycelten Gesteinskörnungen sowie für Kiese, welche mehr als 10% der genannten Bestandteile enthalten.

Nach der Alkali-Richtlinie sind außerdem alle Gesteinskörnungen als alkaliempfindlich zu beurteilen, bei deren Verwendung es zu einer Schädigung des Betons aufgrund einer AKR gekommen ist. Darüber hinaus sind alle Gesteinskörnungen aus einem Neuaufschluss mit einem Verdacht auf Alkaliempfindlichkeit und alle Gesteinskörnungen für die keine baupraktischen Erfahrungen im Geltungsbereich der Alkali-Richtlinie vorliegen, als potentiell alkaliempfindlich im Sinne der Alkali-

Richtlinie zu beurteilen und nach Teil 3 der Richtlinie zu behandeln.

Verfahren

Petrographische Untersuchung

Auf Basis einer petrographischen Untersuchung nach DIN EN 932-3 legt die bauaufsichtlich anerkannte Zertifizierungsstelle fest, ob die Gesteinskörnung entweder als unbedenklich hinsichtlich einer Alkalireaktion und damit als E I zu zertifizieren ist oder nicht.

Erfolgt eine Zertifizierung in E I, ist diese Einstufung alle 3 Jahre durch die Zertifizierungsstelle auf Basis einer erneuten petrographischen Prüfung zu bestätigen. In Abhängigkeit von den Informationen zu der Gewinnungsstätte, kann sich diese petrographische Prüfung auf eine augenscheinliche Untersuchung beschränken. Häufig, insbesondere bei gebrochenem Festgestein wird zumindest eine mikroskopische Untersuchung an speziellen Präparaten notwendig sein. Durch diese Untersuchungsmethode können Gesteinsbestandteile und deren räumliche Anordnung zueinander erkannt werden. Bei bestimmten Gesteinen sind dazu noch weiterführende Untersuchungen wie z. B. die Röntgenfluoreszenz- oder Röntgenbeugungsanalyse oder in Einzelfällen auch die Rasterelektronenmikroskopie notwendig.

Prüfungen mit heißer Natronlauge nach dem Teil 2 der Alkali-Richtlinie

Gesteinskörnungen, welche nach Teil 2 der Alkali-Richtlinie zu untersuchen sind, werden nach einer speziellen Aufbereitung und ggf. einer petrographischen Voruntersuchung mit heißer Natronlauge beaufschlagt. Durch diese extreme Alkali-Beanspruchung werden die alkaliempfindlichen Bestandteile der Gesteinskörnung entweder ganz aufgelöst oder soweit erweicht, dass sie als alkaliempfindlich erkannt und entsprechend beurteilt werden können. Je nach dem wie hoch der Anteil dieser alkaliempfindlichen Bestandteile ist, erfolgt die Einstufung der untersuchten Gesteinskörnung in die Klassen E I-O bis E III-O bzw. E I-OF bis E III-OF. In diese Beurteilung geht noch der Anteil an Flint und dessen Dichte mit ein. Um das beschriebene Verfahren als bauaufsichtlich anerkannte Stelle durchführen zu dürfen, nimmt die MPVA Neuwied seit einigen Jahren regelmäßig an den vorgeschriebenen Ringversuchen teil.

Schnellprüfverfahren nach dem Teil 3 der Alkali-Richtlinie

Nach Teil 3 der aktuellen Alkali-Richtlinie wird erstmalig ein Verfahren zur schnellen Beurteilung der Alkaliempfindlichkeit von bestimmten Gesteinskörnungen bauaufsichtlich eingeführt.

Dieser Einführung ging die Durchführung eines Ringversuchs voraus, an welchem viele für die Zertifizierung von alkaliempfindlichen Gesteinskörnungen bauaufsichtlich zugelassenen Stellen, so auch die MPVA Neuwied GmbH, teilnahmen. Bei diesem Schnellverfahren wird aus einer Lieferkörnung eine Prüfkörnung mit einer genau definierten Sieblinie hergestellt. Diese Prüfkörnung wird mit einem speziellen Portlandzement nach DIN EN 197 mit einem Na_2O -Äquivalent von $(1,3 \pm 0,1)$ M.-% und Wasser gemäß der Rezeptvorgabe der Richtlinie zu einem Mörtel verarbeitet. Unter Verwendung dieses Mörtels werden Standardmörtelprismen hergestellt. An diesen Mörtelprismen wird nach einer Lagerung in 80 °C heißer Natronlauge über den Zeitraum von 13 Tagen die Dehnung ermittelt. Wenn die Dehnung unter 1,0 mm/m bleibt kann die Gesteinskörnung mit E I-S klassifiziert werden. Ansonsten ist der nachfolgend beschriebene Nebelkammerversuch zur endgültigen Beurteilung der Gesteinskörnung durchzuführen.

Das beschriebene Mörtelprismenverfahren entspricht weitestgehend dem amerikanischen Verfahren nach ASTM C 1260, wobei dort eine Lagerung über 14 Tage erfolgt und die Beurteilung hinsichtlich einer Unbedenklichkeit der Gesteinskörnung bei Unterschreitung der Dehnung von 1,0 mm/m mit verschiedenen Einschränkungen verbunden ist. Die MPVA Neuwied GmbH wendet dieses Verfahren seit längerem zur Beurteilung von Gesteinskörnungen für den internationalen Markt an und besitzt dementsprechende Erfahrungen mit dieser Prüfanordnung.

Nebelkammerlagerung nach dem Teil 3 der Alkali-Richtlinie

Alkaliempfindliche Gesteinskörnungen nach Teil 3 der Alkali-Richtlinie sind nach dem Ergebnis des so genannten Nebelkammer-Verfahrens in eine Alkaliempfindlichkeitsklasse einzuteilen.

Bei diesem Verfahren wird ein definiertes Gesteinskörnungsgemisch aus den Lieferkörnungen und einem alkaliunempfindlichen Sand hergestellt. Aus diesem Gesteinskörnungsgemisch werden drei Betonbalken und ein Betonwürfel nach genauer Mischungsvorgabe mit dem zuvor schon beim Mörtelprismenverfahren beschriebenen speziellen Zement hergestellt. Im Rahmen einer Erstprüfung wird eine zweite Serie nach denselben Vorgaben, jedoch mit einem NA Zement, hergestellt. Diese Serie dient der Überprüfung, ob bei der Verwendung von NA Zement tatsächlich keine Schäden auftreten.

24 Stunden nach der Herstellung werden die Proben bei 40 °C und mindestens 99% relativer Luftfeuchte in einer Nebelkammer eingelagert. Über einen Zeitraum von 9 Monaten werden die Balken auf ihre Dehnung und alle Proben auf Rissbildung und sonstige Veränderungen augenscheinlich untersucht. Liegen die Dehnungen nach 9 Monaten unter 0,6 mm/m und zeigen die Würfel keine Risse mit Rissweiten $\geq 0,2$ mm, so ist das Material in E I-S einzustufen.

Zu dem Nebelkammerverfahren wird in der aktuellen Alkali-Richtlinie ein Alternativverfahren beschrieben, welches bereits nach knapp 5 Monaten die Beurteilung der Alkaliempfindlichkeit einer Gesteinskörnung ermöglicht. Dieses Verfahren stellt die Grundlage eines RILEM-Prüfverfahrens dar und wird in Frankreich normativ seit langem angewendet. In Deutschland fehlen bisher Erfahrungen mit diesem Verfahren, um eine allgemein gültige Klassifizierung der Alkaliempfindlichkeit auf der Basis der Versuchsergebnisse vornehmen zu können. Da das Alternativverfahren wesentlich schneller als das Nebelkammerverfahren ist, sollen Prüferfahrungen möglichst schnell gesammelt werden, damit eine allgemeine Anwendung in Deutschland erfolgen kann.

Kennzeichnung von Beton

Zur Vermeidung schädigender Alkalireaktionen im Beton beschreibt die Alkali-Richtlinie Bedingungen und vorbeugende Maßnahmen, unter denen Gesteinskörnungen verwendet werden können.

Bis zur A2-Änderung der DIN 1045-2 beschränkte sich der Einsatz der Richtlinie auf einige Regionen in Deutschland, in denen Gesteinskörnungen mit alkalireaktiven Kieselsäure vorkommen. In der bundesweit anzuwendenden A2-Änderung wurden jetzt die Feuchtigkeitsklassen der Alkali-Richtlinie als weitere Expositionsklassen im Bereich „Betonkorrosion infolge Alkali-Kieselsäure-Reaktion“ aufgenommen. Somit muss jeder Hersteller von Betonen nach DIN 1045 nun grundsätzlich die Feuchtigkeitsklasse und die Alkaliempfindlichkeitseinstufung der verwendeten Gesteinskörnung bei der Festlegung der Betonrezeptur berücksichtigen. Jeder Betonhersteller benötigt in naher Zukunft also zwingend die Angabe der Alkaliempfindlichkeitsklasse der verwendeten Gesteinskörnung.

Mit Einführung der A2-Änderung muss bundesweit jeder Beton durch den Verfasser der Festlegung in eine der folgenden Feuchtigkeitsklassen eingeteilt werden.

- WO: Beton, der nach normaler Nachbehandlung nicht längere Zeit feucht und nach dem Austrocknen während der Nutzung weitgehend trocken bleibt.
- WF: Beton, der während der Nutzung häufig oder längere Zeit feucht ist.
- WA: Beton, der zusätzlich zu der Beanspruchung nach Klasse WF häufiger oder langzeitiger Alkalizufuhr von außen ausgesetzt ist.
- WS: Beton, der hoher dynamischer Beanspruchung und direktem Alkalieintrag ausgesetzt ist.

Bei jedem Beton nach Eigenschaften muss nun die Feuchtigkeitsklasse ergänzend zu den bisher existierenden Expositionsklassen als grundlegende Anforderung durch den Verfasser der Festlegung angegeben werden. Für jedes Betonprodukt nach DIN 1045 ist die Feuchtigkeitsklasse nach der Alkali-Richtlinie somit auch auf dem Lieferschein zu dokumentieren.

Schadensfälle

An stark durchfeuchteten Bauteilen aus Beton, insbesondere wenn weitere Belastungen wie der Eintrag von Alkalien von außen oder starke dynamische Beanspruchungen vorliegen, kann es zu einer schädigenden Alkali-Kieselsäure-Reaktion (AKR) im Beton kommen. Dabei ist eine völlige Zerstörung des Bauteils möglich. National wie international sind viele AKR Schäden, insbesondere an Fahrbahndecken und Flugplatzbelägen sowie an Küstenbauwerken, Brücken und allgemein an Betonbauteilen für den Wasserhaushalt dokumentiert.

Zur Festlegung möglicher Sanierungsvorgaben ist die genaue Kenntnis des Schadensmechanismus zwingend notwendig. Durch umfangreiche Erhebungen zum Bauwerk und den verwendeten Ausgangsstoffen, einer genauen Aufnahme des Schadensbildes vor Ort und der Durchführung verschiedener Untersuchungen an Ausbauproben lässt sich die Schadensursache häufig ermitteln. Besondere Bedeutung im Rahmen der Ursachenermittlung zu einem vorliegenden Betonschaden kommt den zuvor beschriebenen petrographischen Untersuchungsmethoden zu. So lassen sich charakteristische Merkmale für bestimmte Betonschäden, so auch für die AKR, durch licht- und rasterelektronenmikroskopische Untersuchungen erkennen. Weitere Hinweise auf die AKR als mögliche Schadensursache können durch Alkaligehaltsbestimmungen, Untersuchungen mit Uranylacetat oder die Durchführung des Nebelkammerversuchs bzw. des Schnellversuchs an Ausbauproben in Anlehnung an die Alkali-Richtlinie gewonnen werden.

Leistungsspektrum der MPVA Neuwied GmbH

Die MPVA Neuwied ist seit langem mit verschiedenen Tätigkeiten zur Beurteilung und Zertifizierung der Alkaliempfindlichkeit von Gesteinskörnung sowie der Untersuchung von Betonbauteilen im allgemeinen und im speziellen durch eine AKR Schädigung befasst. Im einzelnen werden folgende Leistungen angeboten:

- Untersuchung, Fremdüberwachung und Zertifizierung von Gesteinskörnungen nach der Alkali-Richtlinie;
- Allgemeine Eignungsuntersuchungen an Gesteinskörnungen für den Beton- und Straßenbau sowohl nach nationalen wie auch internationalen Vorschriften;
- Durchführung aller in der Alkali-Richtlinie genannten und zuvor beschriebenen maßgeblichen Verfahren, insbesondere der licht- und rasterelektronenmikroskopischen Untersuchungen sowie von Nebelkammer- und Schnellprüfverfahren;
- Untersuchung von Schäden an Bauteilen aus Beton vor Ort und im Labor, inklusive der Beurteilung und Erarbeitung eines Sanierungskonzepts.

Materialprüfungs- und Versuchsanstalt Neuwied GmbH

Sandkauler Weg 1, 56564 Neuwied
Tel.: 0 26 31 / 39 93-0 • Fax: 0 26 31 / 39 93-40
www.mpva.de