

NA-Zemente: Kein Allheilmittel zur Vermeidung von AKR-Schäden an Betonfahrbahndecken

Hinweise zum Einfluss von Gesteinskörnungen und Zementen auf das AKR-Schädigungspotenzial bei einer Alkalizufuhr von außen

Durch eine schädigende Alkali-Kieselsäure-Reaktion (AKR) sind in den letzten Jahren immer wieder Betonschäden auf Autobahnen aufgetreten. Die betroffenen Autobahnen wurden in den 1990er Jahren vor allem in Mitteldeutschland gebaut. Zur Vermeidung künftiger AKR-Schäden wurden 2005 und 2013 neue Anforderungen an Gesteinskörnungen und Betone für Fahrbahndecken festgelegt. Zusätzlich zu diesen Anforderungen wird aktuell in einigen Ausschreibungen zu Betonfahrbahndecken für CEM I-Zemente ein Alkaligehalt (Na_2O -Äquivalent) von $\leq 0,60$ M.-% gefordert. Aus diesem Anlass stellt der folgende Beitrag die Anforderungen an Fahrbahndeckenzemente, die wesentlichen Einflüsse auf den Widerstand eines Fahrbahndeckenbetons gegen eine AKR sowie nationale und internationale Erfahrungen zur Vermeidung von AKR-Schäden dar.

Festlegungen zu Fahrbahndeckenzementen

Anforderungen an Zemente für Betonfahrbahndecken, die über die DIN EN 197-1 oder DIN 1164-10 hinausgehen, legt die TL Beton-StB 07 [1] fest. Gemäß TL Beton-StB 07 müssen Fahrbahndeckenzemente u. a. die charakteristischen Werte des Alkaligehaltes (Na_2O -Äquivalent) nach Tabelle 1 erfüllen. Bei CEM I-Zementen ist das Na_2O -Äquivalent auf $\leq 0,80$ M.-% begrenzt, welches regelmäßig durch die Werke selbst und durch eine Überwachungsstelle überwacht wird. Auch das Allgemeine Rundschreiben Straßenbau (ARS) Nr. 04/2013 [2] verweist auf die Anforderungen der TL Beton-StB 07.

haltes (Na_2O -Äquivalent) nach Tabelle 1 erfüllen. Bei CEM I-Zementen ist das Na_2O -Äquivalent auf $\leq 0,80$ M.-% begrenzt, welches regelmäßig durch die Werke selbst und durch eine Überwachungsstelle überwacht wird. Auch das Allgemeine Rundschreiben Straßenbau (ARS) Nr. 04/2013 [2] verweist auf die Anforderungen der TL Beton-StB 07.

Einfluss von Gesteinskörnungen und Zementen auf das AKR-Schädigungspotenzial bei einer Alkalizufuhr von außen

Der Widerstand eines Fahrbahndeckenbetons gegen eine AKR hängt u. a. von der Gesteinskörnung, dem verwendeten Zement und der Alkalizufuhr von außen ab. Der Verlauf einer schädigenden AKR in Betonfahrbahndecken wird im Wesentlichen durch die Alkalireaktivität der Gesteinskörnung, die Alkalizufuhr von außen und den wirksamen Alkaligehalt des Zements beeinflusst. Um deren Einfluss zu verdeutlichen, prüfte der VDZ verschiedene Fahrbahndeckenbetone mit dem „60 °C-Betonversuch mit Alkalizufuhr von außen“ [9].

Bei dem Verfahren werden Betonprismen zunächst für 28 Tage vorgelagert. Anschließend werden sie durch mindestens zehn Zyklen einer 14-tägigen

Tabelle 1 Charakteristischer Wert des Alkaligehaltes (Na_2O -Äquivalent) von Zementen für den Bau von Fahrbahndecken aus Beton gemäß TL Beton-StB 07, Tabelle 2

Zement	Hüttensand- gehalt [M.-%]	Alkaligehalt des Zements Na_2O -Äquivalent [M.-%]	Alkaligehalt des Zements ohne Hüttensand bzw. gebrannten Schiefer Na_2O -Äquivalent [M.-%]
CEM I und CEM II/A-S, -T, -LL	-	$\leq 0,80$	-
CEM II/B-T	-	-	$\leq 0,90$
CEM II/B-S	21 bis 29	-	$\leq 0,90$
CEM II/B-S	30 bis 35	-	$\leq 1,00$
CEM III/A	36 bis 50	-	$\leq 1,05$

Wechsellagerung beansprucht. Während eines Zyklus werden die Probekörper 5 Tage bei 60 °C getrocknet. Danach werden jeweils drei Probekörper 2 Tage parallel in eine 3%ige und eine 10%ige Natriumchlorid-Lösung (NaCl) eingelagert. Anschließend werden sie 6 Tage in einer Prüfruhe bei 60 °C und mindestens 98 % relativer Luftfeuchte und zum Schluss eines jeden Zyklus für 1 Tag bei 20 °C und 98 % relativer Luftfeuchte gelagert. Am Ende jeder Wechsellagerung wird die Länge der Betonprismen bestimmt.

Ein Beton hat einen ausreichenden Widerstand gegen AKR in der Feuchtigkeitsklasse WS, wenn die Dehnungen der Betonprismen nach zehn Zyklen der Wechsellagerung (168 Tage inkl. der Vorlagerung) $\leq 0,5$ mm/m (10%ige NaCl-Lö-

sung) und $\leq 0,3$ mm/m (3%ige NaCl-Lösung) betragen [8, 9]. Mit der 3%igen NaCl-Lösung scheint die Prüfung nach gegenwärtigem Kenntnisstand praxisgerechter zu sein [8].

Bild 1 zeigt den Einfluss der Alkalireaktivität der groben Gesteinskörnung und der Alkalizufuhr von außen. Der Beton mit der ausreichend alkaliunempfindlichen (nichtreaktiven) Gesteinskörnung (links) zeigt im 60 °C-Betonversuch unabhängig von der Art der Prüflösung keine signifikanten Dehnungen. Der zweite Beton mit einer reaktiven Gesteinskörnung (rechts) dehnt sich bei einer Alkalizufuhr von außen deutlich: Die Dehnungen nehmen mit steigender Natriumchlorid-Konzentration der Prüflösung zu. In der Praxis wäre bei einer Fahrbahndecke aus die-

sem Beton mit einer Schädigung durch AKR zu rechnen. Wird der Beton nur mit Wasser beaufschlagt, dehnt sich der Beton vernachlässigbar gering.

Auch der Zement beeinflusst den Verlauf einer AKR. In Bild 2 links sind die Dehnungen von drei Betonen dargestellt, die mit einer reaktiven Grauwacke und verschiedenen Portlandzementen hergestellt wurden. Im 60 °C-Betonversuch mit Alkalizufuhr von außen nahmen die Dehnungen mit abnehmendem Alkaligehalt des Zements ab. In Bild 2 rechts wurde die gleiche Grauwacke in einer anderen Betonrezeptur verwendet. Das Ergebnis zeigt, dass auch mit einem Zement, dessen Na_2O -Äquivalent mit 0,62 M.-% knapp oberhalb der NA-Grenze von 0,60 M.-% lag, die Dehnung erheblich über

2

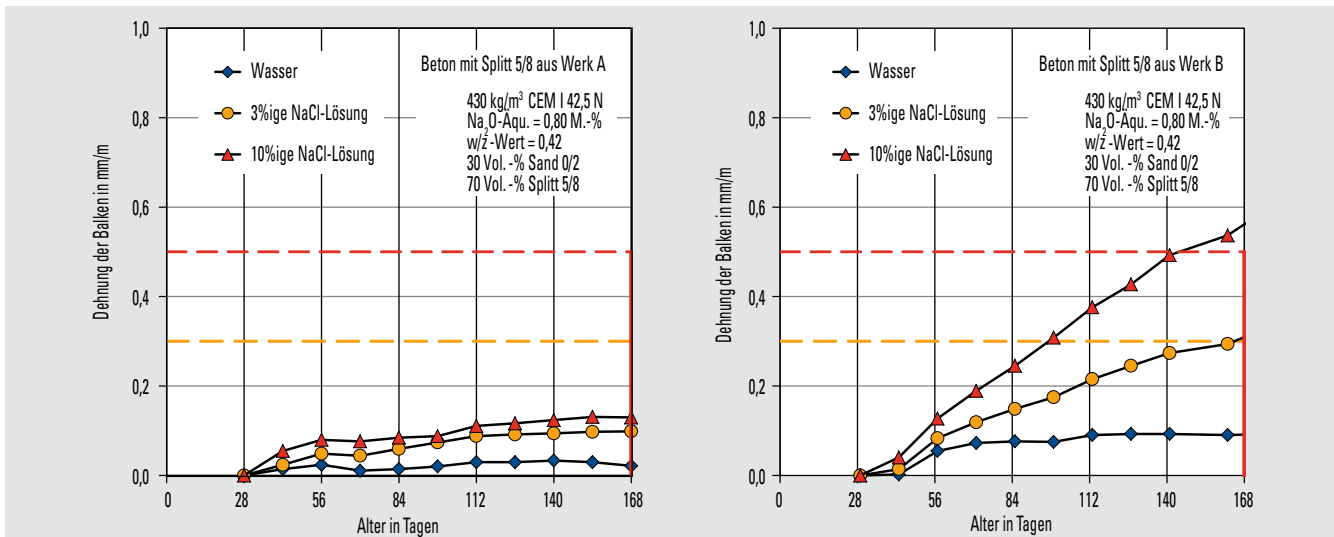


Bild 1 Dehnung von Fahrbahndeckenbeton mit zwei unterschiedlichen groben Gesteinskörnungen der Korngruppen 5/8 mm im 60 °C-Betonversuch mit Beaufschlagung von Wasser sowie mit einer Alkalizufuhr von außen durch eine 3%ige und eine 10%ige Natriumchlorid-Lösung; nichtreaktive grobe Gesteinskörnung (links), alkalireaktive grobe Gesteinskörnung (rechts)

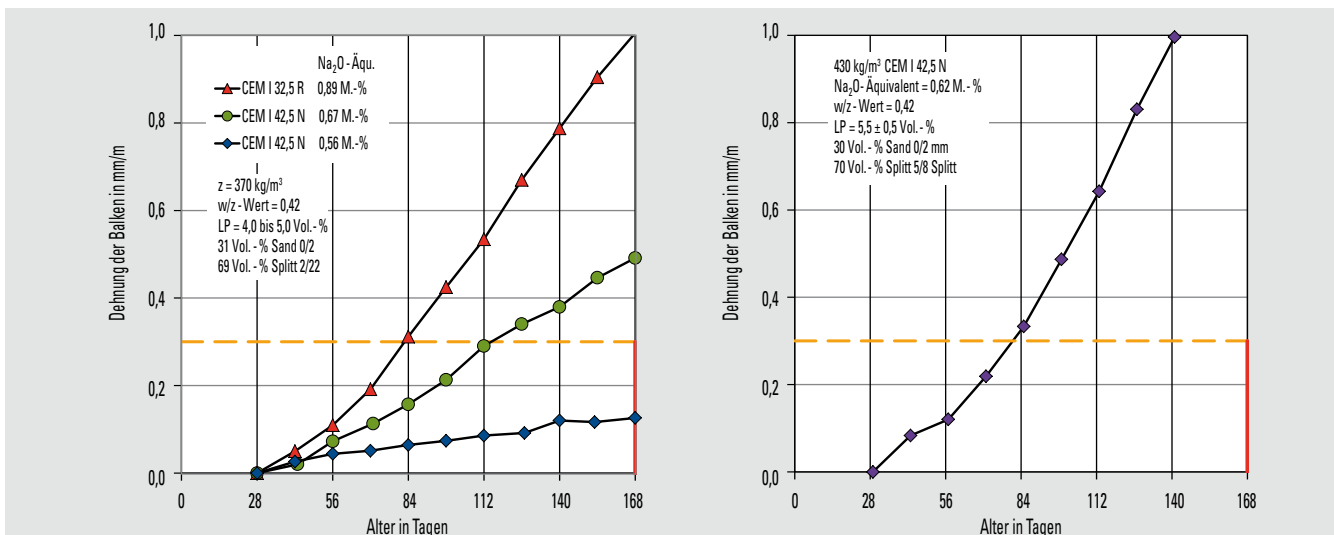


Bild 2 Dehnung von Fahrbahndeckenbeton mit Grauwacke-Splitt (hohe Alkali-Kieselsäure-Reaktivität) im 60 °C-Betonversuch mit einer Alkalizufuhr von außen durch eine 3%ige Natriumchlorid-Lösung, entnommen [3]

dem Beurteilungswert von 0,3 mm/m lag. In der Praxis hätten wir dann mit einer schädigenden AKR zu rechnen. Dies verdeutlicht, dass nur durch Verwendung nichtreaktiver Gesteinskörnungen AKR-Schäden in Betonfahrbahndecken zuverlässig vermieden werden können und nur in Einzelfällen NA-Zemente eine schädigende AKR verhindern können. Als generelle Maßnahmen zur Verhinderung einer schädigenden AKR bei Betonfahrbahndecken sind sie nicht geeignet.

Stand der Wissenschaft zur Verwendung von NA-Zementen in Fahrbahndeckenbetonen

Untersuchungen anderer Forschungsinstitute bestätigen, dass NA-Zement nicht immer geeignet ist, um AKR-Schäden zu vermeiden. So fasst das F.A. Finger-Institut für Baustoffkunde (FIB) seine Erfahrung zur Vermeidung von AKR-Schäden an Betonfahrbahndecken wie folgt zusammen [4]:

- „Entscheidend für das Vermeiden einer betonschädigenden AKR ist die konsequente Auswahl ausreichend alkaliunempfindlicher Gesteinskörnungen. Das gilt insbesondere für Betone, die während der Nutzung einer Alkalizufuhr von außen durch Taumittel ausgesetzt sind.“
- „Der Einfluss einer Alkalizufuhr von außen durch Taumittel überdeckt den Einfluss des Alkaligehalts des Zements früher oder später. Niedrige Alkaligehalte im Zement wirken zwar zunächst schadensverzögernd, können jedoch bei Einsatz von alkalireaktiven Gesteinskörnungen und einer Alkalizufuhr durch Taumittel eine betonschädigende AKR nicht dauerhaft verhindern.“
- Die Einhaltung des in der TL Beton-StB 07 [1] „vorgeschriebenen Grenzwerts von 0,80 M.-% für das Na_2O -Äquivalent (CEM I und CEM II/A) ist ausreichend hinsichtlich Vermeidung einer betonschädigenden AKR, wenn die eingesetzten Gesteinskörnungen ausreichend alkaliunempfindlich sind.“

Colin Giebson [5] fasst seine Erfahrungen folgendermaßen zusammen:

„In Betonen mit alkalireaktiven Gesteinskörnungen können NA-Zemente (CEM I) den Ablauf einer AKR unter äußerer Alkalizufuhr zeitlich verzögern, aber

nicht dauerhaft verhindern. Die Dauer der Verzögerung hängt vom Alkaligehalt des Zements, maßgeblich aber von der Alkalireaktivität der Gesteinskörnungen und der Art des Enteisungsmittels ab.“

Auch Mielich [10] bestätigt auf der Grundlage eigener Arbeiten die o. g. These, dass bei einer Alkalizufuhr von außen „eine schädigende AKR auch dann nicht dauerhaft verhindert werden kann, wenn Zemente mit einem niedrigen Alkaligehalt (NA-Zemente) eingesetzt werden“, da „eine alkaliempfindliche Gesteinskörnung weiterhin ein schädigendes Potenzial besitzt, wenn wieder Alkalien von außen zugeführt werden“.

Zudem ist international anerkannt, dass eine Begrenzung des Na_2O -Äquivalents im Zement keine bedingungslos sichere Maßnahme zur Vermeidung von AKR-Schäden ist [6]. So schädigte alkalireaktiver Sand Betonfahrbahndecken in Dänemark, obwohl Zement mit einem Na_2O -Äquivalent von rd. 0,6 M.-% eingesetzt wurde [7] (ein vergleichbarer Fall wie in Bild 2 rechts).

Damit belegen sowohl wissenschaftliche Ergebnisse als auch praktische Erfahrung, dass bei einer Alkalizufuhr von außen AKR-Schäden nicht in jedem Fall sicher durch die Verwendung von NA-Zementen zu vermeiden sind.

Fazit

Um AKR-Schäden an Betonfahrbahndecken sicher zu vermeiden, müssen ausreichend alkaliunempfindliche Gesteinskörnungen eingesetzt werden. Das ARS Nr. 04/2013 [2] trägt dieser Tatsache Rechnung, indem ein AKR-Gutachter grundsätzlich die Eignung jeder groben Gesteinskörnung oder jedes Betons vor der Verwendung für Fahrbahndecken bestätigen muss. Dazu untersucht der AKR-Gutachter entweder die Alkalireaktivität der groben Gesteinskörnung in einer WS-Grundprüfung oder den Widerstand des Betons gegen Alkali-Kieselsäure-Reaktion in der Regel in einer AKR-Performance-Prüfung.

Literatur

- [1] Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (Hrsg): Technische Lieferbedingungen für

Baustoffe und Baustoffgemische für Tragschichten mit hydraulischen Bindemitteln und Fahrbahndecken aus Beton - TL Beton-StB 07; Ausgabe 2007. Köln: FGSV-Verl., 2007

- [2] Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS): Allgemeines Rundschreiben Straßenbau Nr. 04/2013 und Anlage zum ARS: Vermeidung von Schäden an Fahrbahndecken aus Beton in Folge von Alkali-Kieselsäure-Reaktion (AKR), Bonn, 22.01.2013
- [3] Borchers, I.; Müller, Ch.: Praxisgerechte Prüfung der Alkaliempfindlichkeit von Betonen für die Feuchtigkeitsklassen WF und WA in AKR-Performance-Prüfungen. In: Beton 64 (2014) 10, S. 403 - 409
- [4] Stark, J.; Freyburg, E.; Seyfarth, K.; Giebson, C.: AKR-Prüfverfahren zur Beurteilung von Gesteinskörnungen und projektspezifischen Betonen : Kombination aus Mörtelschnelltest und petrographischer Untersuchung. In: Beton 56 (2006) 12, S. 574 - 581
- [5] Giebson, C.: Die Alkali-Kieselsäure-Reaktion in Beton für Fahrbahndecken und Flugbetriebsflächen unter Einwirkung alkalihaltiger Enteisungsmittel. Weimar: Bauhaus-Univ. Weimar; 2013
- [6] Idorn, G. M.: Concrete progress: From antiquity to third millennium. London: Thomas Telford Ltd., 1997
- [7] Chatterjee, S.; Fördös, Z.; Thaulow, N.: Alkali-silica reaction – Danish experience. In: Swamy, R.N. (Hrsg): The Alkali-Silica Reaction in Concrete. Glasgow; London: Blackie, 1990 (1992)
- [8] Müller, C.; Borchers, I.; Eickschen, E.: Erfahrungen mit AKR-Prüfverfahren: Hinweise zur Ableitung praxisgerechter Bewertungskriterien für Performance- und WS-Grundprüfungen. In: Beton 62 (2012) 10, S. 397 - 404
- [9] Müller, C.; Borchers, I.; Eickschen, E.: AKR-Prüfverfahren: Auf dem Weg zur Performance-Prüfung. In: Beton- und Stahlbetonbau 102 (2007) 8, S. 528 – 538
- [10] Mielich, O.: Beitrag zu den Schädigungsmechanismen in Betonen mit langsam reagierender alkaliempfindlicher Gesteinskörnung. Berlin: Beuth, 2010 (DAfStb: Schriftenreihe 583)