

Vorbeugung von Schäden durch Alkali-Aggregat-Reaktion (AAR)

Einleitung

Die Alkali-Aggregat-Reaktion ist ein Schadenmechanismus, der langfristig die Dauerhaftigkeit von Betonbauten massiv beeinträchtigt. Schäden entstehen über Jahrzehnte in Form von einem Rissnetz, das zu beträchtlichen Festigkeits-einbussen in der Grössenordnung von 30–50 Prozent führt. Ausgelöst werden die Schäden durch sogenannte alkali-reaktive Gesteinskörner, die von der alkalischen Porenlösung des Betons angegriffen werden. Bei dieser chemischen Reaktion kommt es zur Bildung von Gelen. Diese nehmen unter feuchten Betonbedingungen Wasser auf, was zu einer Volumenzunahme führt, welche Rissbildungen und die Zerstörung des Betongefüges zur Folge hat.

Damit die AAR stattfindet braucht es drei Faktoren: Reaktive Gesteinskörnung, Alkalien und Feuchtigkeit im Beton. Fehlt einer dieser Faktoren, kann sich die AAR nicht entwickeln (Abb. 1).

Mit konventionellen Instandsetzungs- und Schutzmassnahmen können AAR-Schäden nur beschränkt behoben, resp. vermieden werden. Deshalb ist die Prävention von AAR sehr wichtig, insbesondere da die meisten der Schweizer Gesteinskörnungen potenziell alkalireaktiv sind. Zu diesem Zweck wurde 2012 vom SIA das Merkblatt SIA MB 2042 „Vorbeugung von Schäden durch Alkali-Aggregat-Reaktion (AAR) bei Betonbauten“ eingeführt, das zusammen mit der SIA 262 und der SN EN 206-1 anzuwenden ist. Es gilt ebenfalls für Reparaturmörtel nach SN EN 1504-3, sowie Spritzbeton nach SN EN 14487-1.

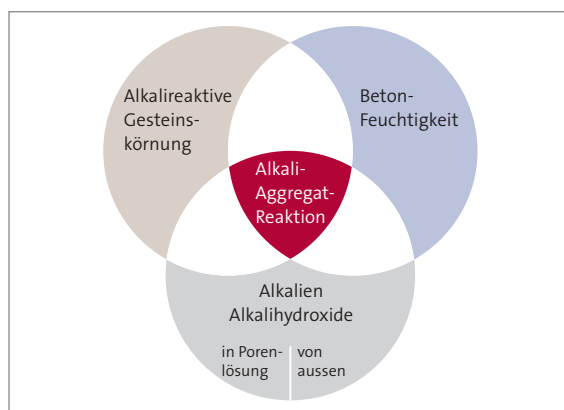


Abb. 1: Schadenfaktoren



Abb. 2: AAR-Schaden bei einer Stützmauer

Bauprojekt

Bei der Planung von Betonbauteilen ist zunächst die Präventionsklasse zu ermitteln, die sich aus der Kombination von Risikoklassen R1 bis R3 und Umgebungsklassen U1 bis U3 ergibt (siehe Tab. 1). Hinweise zur praktischen Ermittlung der Präventionsklassen sind im Merkblatt SIA MB 2042 angegeben.

Die Risikoklassen berücksichtigen die Sicherheit von Personen, die Kosten und Bedeutung sowie die Funktionstüchtigkeit und Nutzungsdauer des Bauwerkes, das Tragwerksverhalten, die Möglichkeiten für Überwachung und Instandsetzung und die Dicke des Tragwerkelementes.

Die Umgebungsklassen fassen eine Gruppe von Expositionsklassen gemäss Norm SN EN 206-1 zusammen. Sie berücksichtigen die Wassersättigung des Betons, die Beanspruchung des Bauteils durch Temperaturwechsel sowie die Alkalizufuhr von aussen in Form von Streusalz, Berg- oder Grundwasser.

	Umgebungsklasse		
	U1	U2	U3
	Beispiele für Betonsorten		
Risikoklasse	NPK C	NPK D, E	NPK C, F, G, H, I, K, L
R1	P1	P1	P1
R2	P1	P2	P2
R3	P2	P2	P3

Tabelle 1: Bestimmung der Präventionsklassen anhand der Risiko- und Umgebungsklassen

Anforderungen der Präventionsklassen:

Präventionsklasse P1:

Keine besonderen Massnahmen erforderlich, die über die Anforderungen der anderen geltenden Normen hinausgehen.

Präventionsklasse P2:

Verwendung einer AAR-beständigen Betonrezeptur.

Präventionsklasse P3:

Verwendung einer AAR-beständigen Betonrezeptur sowie zusätzliche Massnahmen bzgl. Tragwerkskonzept, Schutzmassnahmen, Überwachung sowie Massnahmen bei der Nutzungsvereinbarung, Projektbasis, Ausschreibung und Realisierung.

AAR-beständige Betonrezepturen:

Eine AAR-beständige Betonrezeptur wird entweder durch die Verwendung einer nicht alkalireaktiven Gesteinskörnung erreicht oder indem eine Betonzusammensetzung mit einem geeigneten Zement gewählt wird, so dass es nicht zu einer schädigenden Reaktion der Gesteinskörnung kommt.

Die Unbedenklichkeit einer Gesteinskörnung wird anhand der petrographischen Zusammensetzung zusammen mit der Mikrobar-Prüfung nachgewiesen. Bei der Verwendung einer potenziell alkalireaktiven Gesteinskörnung hingegen wird die Beständigkeit der Betonrezeptur mit der Beton-Performance-Prüfung nachgewiesen. Es ist ebenfalls möglich auf die Abklärung der Alkalireaktivität mittels Mikrobar-Prüfung zu verzichten und direkt die AAR-Beständigkeit einer Betonrezeptur zu prüfen.

Ausschreibung

Für die Präventionsklassen P2 und P3 muss die AAR-Beständigkeit des Betons als zusätzliche Eigenschaft ausgeschrieben werden. Beispiel rechts.

AAR-beständiger Beton gemäss SIA MB 2042 darf nur von Betonherstellern, die nach SN EN 206-1 zertifiziert sind, geliefert werden.

Beton gemäss SN EN 206-1

- C 30/37 Festigkeitsklasse
- XC4(CH), XD3(CH), XF4(CH) Expositionsklasse
- Dmax 32 Grösstkorn
- Cl 0,10 Chloridgehaltsklasse
- C3 Konsistenzklasse

Zusätzliche Eigenschaft

- AAR-P2 AAR-Beständigkeit Klasse P2 nach SIA MB 2042

Nachweisverfahren

Prüfung	Verfahren	Ziel	Beurteilung
Gesteinskörnung	Petrographische Analyse gemäss SN 670 115	Petrographische Bestimmung und Überprüfung der Anwendbarkeit der Mikrobar-Prüfung	Einteilung in Gesteinskörnungsgruppen A, B und C gemäss SIA MB 2042
	Mikrobar-Prüfung gemäss SIA MB 2042	Nachweis der Nichtreaktivität einer Gesteinskörnung	Grenzwert: $\leq 0,110\%$ Ausdehnung für alle drei Mischverhältnisse Zement / Gesteinskörnung
Betonrezeptur	Beton-Performance-Prüfung gemäss SIA MB 2042	Nachweis der AAR-Beständigkeit einer Betonrezeptur	Grenzwert: $0,200\%$ nach 5 Monaten, resp. $0,300\%$ nach 12 Monaten

Die Prüfungen können vom dafür akkreditierten Labor der Holcim (Schweiz) AG in Eclépens durchgeführt werden und haben eine Gültigkeit von 5 Jahren.

Übertragbarkeit der Beton-Performance-Ergebnisse auf andere Betonrezepturen

Die Nachweise für die AAR-Beständigkeit mit der Betonperformance-Prüfung sind auf andere Betonrezepturen übertragbar, wenn folgende Anforderungen erfüllt sind:

Ausgangsstoffe	Randbedingungen, Anforderungen
Gesteinskörnung	<p>a) Die Gesteinskörnungen kommen aus dem gleichen Abbaugbiet und weisen eine vergleichbare petrographische Zusammensetzung auf. Für den Nachweis gelten grundsätzlich die Normen SN 670 115 und SN 670 116 und ggf. die Mikrobar-Prüfung.</p> <p>b) Werden Gesteinskörnungen von mehreren Abbaugebieten verwendet, muss der Nachweis gemäss a) für alle Gesteinskörnungen erbracht werden.</p> <p>c) Der Einfluss einer signifikanten Änderung des Brechkornanteiles (z.B. grösser 50 Prozent) muss von einer Fachperson beurteilt werden.</p> <p>Hinweis: Die Lieferung der Gesteinskörnungen durch den gleichen Lieferanten ist evtl. kein ausreichender Nachweis, da das gelieferte Material nicht zwingend vom gleichen Abbaugbiet stammt oder von einem Dritten eingekauft wurde.</p>
Zement	Der Zement wird vom gleichen Zementwerk hergestellt
Zementart	Der Beton enthält die gleiche Zementart mit der gleichen Festigkeitsklasse
Zementgehalt	Die Ergebnisse können nur auf Beton übertragen werden, dessen Zementgehalt gleich oder max. $50\text{kg}/\text{m}^3$ niedriger ist
w/z-Wert	Der w/z-Wert darf höchstens um $\pm 0,05$ variieren
Zusatzstoffe	Die Zusatzstoffe gehören in dieselbe Klasse und stammen vom gleichen Lieferanten und gleichen Produzenten. Der Gehalt an Zusatzstoffen unterscheidet sich um weniger als ± 10 Masseprozent bezüglich der ursprünglichen Dosierung.
Zusatzmittel	Änderungen bei der Zusammensetzung und dem Gehalt von demselben Zusatzmitteltyp sind ohne Einschränkung zugelassen, sofern sich deren Beitrag zum Alkaligehalt des Betons um weniger als 50 Masseprozent bezüglich ihres ursprünglichen Gehaltes erhöht. Dementsprechend ist es möglich einen Zusatzmitteltyp wegzulassen, aber es ist nicht möglich einen zusätzlichen Zusatzmitteltyp in die Betonrezeptur aufzunehmen.

Praktisches Vorgehen bei der Ausschreibung und Ausführung von AAR-beständigen Betonen:

Planung / Festlegung der Präventionsklasse	Die Expositions- und Risikoklasse des Bauwerks und dessen Bauteile gemäss Anhang A und B: Beispiel einer Flügelmauer eines Tunnelportals: Die Risikoklasse wird mit R2 eingestuft und die Umgebungsklasse mit U3, sodass sich die Präventionsklasse P2 ergibt.
Ausschreibung	Für die Präventionsklasse P2 (und P3) wird ein AAR-beständiger Beton verlangt und entsprechend als zusätzliche Eigenschaft vom Projektverfasser ausgeschrieben. Beispiel: zusätzliche Eigenschaft AAR-P2
Angebot und Herstellung von AAR-beständigen Betonen	AAR-beständige Betone werden in den zertifizierten Betonwerken der Holcim (Schweiz) AG und ihrer Zement-Kunden hergestellt. Dazu werden in der Regel Portlandkompositzemente wie Optimo oder Robusto eingesetzt, je nachdem welche weiteren Betoneigenschaften verlangt werden. AAR-beständige Betone erfüllen je nach Betonsorte auch andere Eigenschaften wie Frosttausalz widerstand, Chloridwiderstand usw. und können als Kran-, Pump- oder selbstverdichtender Beton ausgelegt werden.
Nachweise	Die Betonwerke der Holcim (Schweiz) AG, welche AAR-beständige Betone herstellen, verfügen über den entsprechenden Nachweis (Beton-Performance-Prüfung nach SIA MB 2042 oder früher nach AFNOR P 18-454), der auf Anfrage vorgelegt wird. Verarbeitet das Betonwerk nicht reaktive Gesteinskörnungen nach SIA MB 2042, gilt der Beton gemäss SIA MB 2042 als AAR-beständig ohne weitere Nachweise.
Lieferung	Beim Einsatz von AAR-beständigen Betonen darf deren Rezeptur grundsätzlich nicht verändert werden ohne eine Überprüfung durch eine Fachperson. Ist dies z.B. aus Verarbeitungsgründen notwendig, kann das Betonwerk im Rahmen der Anforderungen des SIA MB 2042 allfällige Alternativen vorschlagen. Die Holcim (Schweiz) AG verfügt über AAR-Fachpersonen, welche Betonwerke, Unternehmer und Planer bei der Ausarbeitung von Lösungen unterstützen.
Ausführung, Kontrolle, Abnahme, Überwachung	Die Ausführung, Kontrolle, Abnahme, und Überwachung der Betonbauten erfolgt gemäss den Vorgaben der SIA 262, SIA 118/262 sowie SN EN 206-1.
Präventionsklasse P3	Das Vorgehen bleibt dasselbe wie bei der Präventionsklasse P2. Jedoch müssen zusätzliche Massnahmen bzgl. Tragwerkskonzept, Schutzmassnahmen, Überwachung sowie Massnahmen bei der Nutzungsvereinbarung, Projektbasis, Ausschreibung und Realisierung erarbeitet werden (genaue Vorgaben im Anhang C des SIA MB 2042).

Die Aufgaben und Verantwortungen der am Bauprozess beteiligten Parteien sind in der folgenden Tabelle dargestellt:

	Bauherr	Projektverfasser	Unternehmer	Betonwerk
Planung Festlegungen	Risikoklasse			
		Umgebungs-klasse		
		Präventions-klasse		
Massnahmen- konzept	Nutzungsvereinbarung			
		Projektbasis Ausschreibung Realisierung Überwachung		
Ausschreibung Bestellung Lieferung		Ausschreibung	Bestellung	Lieferung
		Beton nach Eigenschaften nach SN EN 206-1 mit zusätzlicher Eigenschaft „AAR-Beständigkeit“		
Nachweise		Kontrolle	Kontrolle	Petrographische Analyse, evtl. Mikrobar-Prüfung der Gesteinskörnung oder Beton-Performance-Prüfung
Ausführung Kontrollen		Kontrollplan	Prüfplan	