

Alkali-Aggregat-Reaktion (AAR) im Beton

Die Alkali-Aggregat-Reaktion – kurz AAR – ist ein langsam ablaufender chemisch-physikalischer Prozess im Beton. Die alkalische Porenlösung reagiert mit gewissen Bestandteilen der Gesteinskörnung, wobei es zu einer Volumenzunahme kommt – der Beton dehnt sich aus und es entstehen Risse. Bis ein klar sichtbares Schadensbild entsteht, können zwei bis drei Jahrzehnte vergehen. AAR wurde erstmals 1940 (Stanton) in den USA beschrieben, aber erst Ende der 1990er Jahre in der Schweiz erstmals nachgewiesen. Seit 2012 gibt es in der Schweiz mit dem Merkblatt SIA 2042 normative Regelungen zur AAR.

1 Prozess

Bei der AAR reagiert die alkalische Porenlösung im Beton mit Anteilen der Gesteinskörnung. Dabei handelt es sich um feinkörnigen Quarz oder amorphes (nicht-kristallines, glasartiges) SiO_2 , welches im stark alkalischen Porenwasser zunächst gelöst und wieder als Silikagel ausgeschieden wird (Abb. 1). Dieses Silikagel ist hygroskopisch und quillt unter Aufnahme von Wasser, welches zu Rissbildungen in den reagierenden Gesteinskörnern führt (Abb. 2). In fortgeschrittenem Stadium verlaufen die AAR-Risse von den Gesteinskörnern ausgehend durch den Zementstein und es kann das oberflächlich sichtbare, für AAR typische Rissnetz entstehen (Abb. 3). Eine AAR kann sehr lokal oder auch grossflächig auftreten. Sie kann ein oberflächliches Phänomen sein oder den gesamten Bauteilquerschnitt betreffen. Mit der Bildung von Rissen werden zusätzliche Wege für den Feuchtigkeits-, Chlorid- und Alkalien-Eintrag geöffnet, was die Reaktion vorantreibt und u.U. auch beschleunigen kann. Drei Komponenten sind für die AAR nötig: reaktive Gesteinskörnung, alkalische Porenlösung und Feuchtigkeit. Die meisten Gesteine in der Schweiz enthalten

mehr oder weniger feinkörnigen Quarz und müssen somit als potenziell reaktiv eingestuft werden. Die Alkalien im Beton stammen zur Hauptsache aus dem Zement. Wasser kann bei exponierten Bauwerken oft ungehindert Zutreten. Durch eine fortschreitende AAR mit der Bildung vieler Risse werden Zugfestigkeit und E-Modul, später auch die Druckfestigkeit des Betons erniedrigt. Eine AAR kann insbesondere dann kritisch werden, wenn bewegliche oder eingespannte Bauteile oder Bauwerke wie Staumauern, Schleusentore oder Brückenlager betroffen sind.

2 AAR in der Schweiz

Schweizer Gesteinskörnungen enthalten fast ausnahmslos potenziell reaktive Gesteine wie z.B. Kieselkalke, Sandsteine und Gneise. Dennoch gibt es in der Schweiz regionale Unterschiede, was die Häufigkeit und Intensität von AAR-Schäden an Betonbauten betrifft. Die meisten und stärksten Schäden treten im Alpenraum auf, bedingt durch eine höhere Anzahl exponierter Bauwerke, wie z.B. Stützmauern, die von hinten befeuchtet werden und von vorne einen Eintrag von Taumitteln erfahren und evtl. sogar besonnt sind.



Abbildung 1: Gelbildung sichtbar gemacht im Dünnschliff.

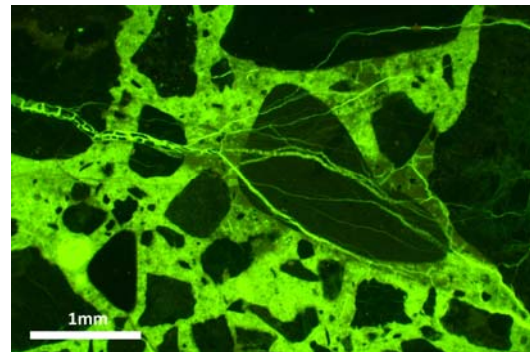


Abbildung 2: Rissbildung durch Silikagel im Gesteinskorn. Sichtbar im Dünnschliff.



Abbildung 3: Charakteristisches AAR-Rissbild bei einer Stützmauer.

3 Diagnose, Instandsetzung und Monitoring

Zur sicheren Diagnose von AAR ist eine mikroskopische Dünnschliffuntersuchung unerlässlich (Abb. 1+2). Das charakteristische Rissbild (Abb. 3) kann zwar auf eine AAR hinweisen, eine Einschätzung über den Zustand des gesamten Bauwerks, insbesondere über die nicht sichtbaren Bereiche (z.B. Kernbeton oder Rückseiten von Mauern, Fundamente), ist nur durch eine umfassende Beprobung mit Bohrkernen möglich. Durch eine mikroskopische Untersuchung an Dünnschliffen kann einerseits eine AAR nachgewiesen werden, andererseits aber auch der Reaktionsfortschritt abgeschätzt werden. Für die Instandsetzung eines AAR-geschädigten Bauwerks kann in einem ersten Schritt der Wasserzufluss mittels Hydrophobieren oder Abdichten minimiert werden. Eine weitere Massnahme ist der oberflächliche Betonerersatz. Stark geschädigte Bauteile müssen evtl. sogar vollständig ersetzt werden. Mit und ohne

Massnahmen ist ein langfristiges Monitoring [3] zu empfehlen. Dies umfasst wiederholte Begehungen durch Experten über Jahre hinweg und ggf. kontinuierliche Messungen der Ausdehnung, damit das Verhalten des Bauwerks und die Wirksamkeit der Instandsetzungsmassnahmen beurteilt werden kann. Das im Labor ermittelte Restquellmass kann evtl. für eine Prognose der Dehnung am Bauwerk genutzt werden.

4 Vermeidung im Neubau (SIA M 2042)

Die Beständigkeit eines Betons gegen AAR kann erhöht werden, indem der Gehalt an Alkalien des Zements, reduziert wird. Dies wird erreicht, indem entweder der gesamte Zementgehalt reduziert wird, oder aber ein Zement mit Zusatzstoffen bzw. mit anderen Hauptbestandteilen (Hüttensand, Flugasche, Silikastaub) eingesetzt wird. Ein Einsatz von nicht-reaktiver Gesteinskörnung ist meist aus Kostengründen nicht möglich. Auch konstruktiv lässt sich ein Bauwerk so gestalten, dass es weniger anfällig ist für AAR. Wichtig ist hier, dass durch Drainagen und Abdichtungen langfristig möglichst kein Wasser in den Beton gelangt. Seit 2012 gilt in der Schweiz das Merkblatt SIA 2042 „Vorbeugung von Schäden durch die Alkali-Aggregat-Reaktion (AAR) bei Betonbauten“ und hat alle bestehenden Vorschriften der Kantone, der SBB und des ASTRA ersetzt. Es enthält Vorgaben zur Projektierung von Neubauten sowie zur Prüfung und zur Beurteilung von Gesteinskörnungen und Betonen bezüglich ihrer AAR-Reaktivität. Folgende Prüfungen sind vorgegeben:

1) Die Reaktivität von Gesteinskörnungen wird mittels der Mikrobar-Prüfung ermittelt. Hierfür werden Mörtelprismen (1x1x4 cm) mit der gemahlene Gesteinskörnung hergestellt und für 6 Stunden im Autoklaven in NaOH bei 150°C behandelt. Die dabei entstandene Längenänderung der Prismen wird mit Grenzwerten verglichen.

2) Betone werden auf ihre AAR-Beständigkeit hin überprüft, indem sie der Beton-Performance-Prüfung unterzogen werden. Dabei werden aus der genauen Mischung mit der zu verwendenden Gesteinskörnung Prüfkörper hergestellt, die über mindestens 5 Monate hinweg unter 60°C und 100% relativer Luftfeuchtigkeit gelagert und monatlich vermessen werden. Die Prüfergebnisse sind stark von der Betonrezeptur abhängig. Die Übertragbarkeit auf andere Betone ist deshalb eingeschränkt. Ohne bzgl. AAR relevante Änderungen bei den Betonausgangsstoffen (SIA M 2042, Tabelle 2) sind die Ergebnisse der Prüfungen 5 Jahre gültig.

Bei der Planung von Neubauten mit Anforderungen an die AAR-Beständigkeit des Betons sind gemäss SIA M 2042 die Risiko-, Umgebungs- und Präventionsklassen zu definieren. Entsprechend sind AAR-beständige Betone einzusetzen und allenfalls konstruktive Massnahmen zu ergreifen.

Die Prüfungen gemäss SIA M 2042 dürfen nur von dafür akkreditierten Labors durchgeführt werden. Für die Beurteilung der Ergebnisse sind Fachpersonen nötig.

Referenzen

- [1] [Schäden durch Alkali-Aggregat-Reaktion an Betonbauten in der Schweiz \(2006\)](#); Forschungsauftrag AGB2001/471, Dr. Ch. Merz, Dr. F. Hunkeler, Dr. A. Griesser, TFB AG.
- [2] [Validierung der AAR- Prüfungen für Neubau und Instandsetzung \(2011\)](#). Forschungsauftrag AGB2005/023, Dr. Ch. Merz, TFB AG; Dr. A. Leemann, EMPA.
- [3] [Instandsetzung und Monitoring von AAR-geschädigten Stützmauern und Brücken \(2013\)](#), Forschungsauftrag AGB2006/006, Dr. F. Hunkeler, Dr. P. Kronenberg, TFB AG; Dr. U. Püschner, TBA Kt. Basel-Landschaft (bis 30.4.2012 TFB AG)
- [4] SIA M 2042 „Vorbeugung von Schäden durch die Alkali-Aggregat-Reaktion (AAR) bei Betonbauten“, SIA, 2012.

Dr. Leonhard Klemm

Dr. Jan Bisschop

WEITERBILDUNG BEI UNS IM HAUS



November 2014

- 19.11. Burgdorfer Wasserbautag 2014
 20.11. Die revidierte Norm SIA 267 - Geotechnik
 25.11. Als Bauleiter/in für allg. Hochbau agieren statt reagieren

Dezember 2014

- 02.12. Norme révisée SIA 267 Géotechnique

Januar 2015

- 09.01. Betontechnologie Lehrgang
 14.01. Baustellenknigge
 15.01./10.02./03.03. Zustandsuntersuchung und Instandsetzung von Betonbauwerken (3 Tage)
 19./20.01. Betontechnologie für Neueinsteiger
 19./20./21.1. Betontechnologie für Maschinisten (zusammen mit Neueinsteiger)
 21./22.01. Auf der Baustelle überzeugen Modul 1
 22.01. Aktuelle Themen im Betonbau
 29./30.01. Führen aber wie - Grundmodul

Februar 2015

- 19.02. Siedlungsentwässerung
 25.02. Kompetenzzirkel – „Bauprojektmanagement“
 26.02. Gesteinskörnung für Beton, die SN EN 12620

März 2015

- 04.03. Nutzen und Umsetzung von Klein- und Trinkwasserkraftwerken

- 11.03. Bauen bei Naturgefahren
 12.03. Die SIA 118 in der Praxis
 12.03. Bauphysik im Neubau und in der Umnutzung
 26.03. Bodenstabilisierung
 31.03. Zerstörungsfreie Prüfungen am Betonbauwerk
- April 2015
- 14.04. Spritzbeton in der Anwendung
 16.04. Risikomanagement: „Klassisches“ Modell, GU/TU und EPC-Vertrag
 22.04. Leitungsnetzbau der Wasserversorgung
 30.04. Weisse Wannen
- Mai 2015
- 05.05. Werterhaltung von Liegenschaften
 06.05. Geotechnik – Bauen in schwierigen Böden
- Juni 2015
- 02.06. Haftungsrisiken für Organe + leitende Angestellte
 03.06. Das Baubewilligungsverfahren
 09.06. 1. Ingenieurbetonbautag 2015
 10.06. Burgdorfer Wasserbautag 2015
 11.06. Die neue TVA - eine Totalrevision
 25.06. Bauen mit Geokunststoffen

ANMELDUNG zu einem Teil der Veranstaltungen bereits unter:
 Weiterbildungszentrum TFB AG,
 062 887 72 77, schulung@tfb.ch, <http://www.bauundwissen.ch>

AUSBLICK AUF KÜNFTIGE THEMEN

- Betonieren bei hohen und tiefen Temperaturen
- Bauproduktgesetz

Impressum

TFB-Bulletin wird mehrmals jährlich elektronisch versandt. Herausgeber: TFB AG Technik und Forschung im Betonbau, Lindenstrasse 10, 5103 Wildegg, Tel. 062 887 72 72, E-Mail bulletin@tfb.ch; Redaktion: Dr. Veronika Klemm