

# Erfahrungen mit AKR-Schäden in Deutschland und aktuelle Regelungen zur Vermeidung von AKR-Schäden

## EINLEITUNG

Ende 2009 häuften sich Pressemeldungen über „Betonkrebs“, wie die schädigende Alkali-Kieselsäure-Reaktion (AKR) in den Medien bezeichnet wird. Im Februar 2009 hatte es eine Anfrage an die Bundesregierung zu diesem Thema gegeben. Es wird daher in verschiedenen Zusammenhängen die Frage gestellt, ob die in Deutschland bestehenden Regelungen ausreichen, um Schäden an Betonbauwerken durch eine AKR sicher zu vermeiden. Nachfolgend werden der Schadensmechanismus, die Prinzipien der Schadensvermeidung und der aktuelle Stand des Regelwerks erläutert.

## PRINZIP DER AKR

Bei der AKR reagieren alkaliempfindliche, kieselsäurehaltige Bestandteile der Gesteinskörnung mit den Alkalien der Porenlösung im Beton. Als Reaktionsprodukt bildet sich ein quellfähiges Alkali-Kieselgel, das bestrebt ist, Wasser aufzunehmen. Die damit verbundene Volumenvergrößerung wird als Treiben bezeichnet und kann zu Rissen im Beton führen.

Eine AKR läuft in vielen Betonen ohne eine Schädigung des Betons ab, ohne dass die Stand- bzw. Verkehrssicherheit gefährdet ist oder die Dauerhaftigkeit verringert wird. Die Auslösung und der Ablauf einer schädigenden AKR im Beton sind von Art, Reaktivität, Menge und Korngrößenverteilung der alkaliempfindlichen Gesteinskörnung, vom wirksamen Alkaligehalt in der Porenlösung sowie von einer ausreichenden Feuchtigkeit abhängig. Fehlt eine der drei genannten Voraussetzungen, tritt eine schädigende AKR nicht auf. Sind die Bedingungen für eine schädigende AKR gegeben, so können sichtbare Risse im Beton entstehen. Diese Risse lassen sich jedoch optisch nicht immer einwandfrei von Rissen unterscheiden, die aufgrund anderer Belastungen, z. B. aufgrund der Hydratationswärme oder fehlender Nachbehandlung, entstanden sind. Wird in Bauteilen eine schädigende AKR vermutet, muss daher eine eingehende Untersuchung durch einen Sachverständigen erfolgen, um zu klären, ob eine schädigende AKR vorliegt.

## SCHÄDEN IN DER PRAXIS

In Deutschland sind erste Schäden, an denen eine AKR maßgeblich beteiligt war, Ende der 1960er-Jahre in Schleswig-Holstein bekannt geworden. Als alkaliempfindliche Gesteinskörnungen wurden nachfolgend im gesamten norddeutschen Raum der Bundesrepublik Opalsandstein und poröser Flint nachgewiesen.

Ab Mitte der 1970er-Jahre wurde man vermehrt auf Schäden im Bereich der ehemaligen DDR aufmerksam. Während die Schäden nördlich einer gedachten Linie von Wittenberge über Berlin nach Frankfurt/Oder den alkaliempfindlichen Gesteinen Norddeutschlands zugeordnet werden konnten, mussten die Schäden im südlichen Bereich eingehender untersucht werden. Als alkaliempfindliche Gesteinskörnungen wurden dabei präkambrische Grauwacke, Kiesel-schiefer und vereinzelt Quarzporphyre identifiziert. Hohe Zement-gehalte in den Bauwerksbetonen trugen zusätzlich zu den Schäden bei. Diese Schäden, die – wenn überhaupt – wesentlich später als bei Opalsandstein und Flint auftreten, beeinträchtigen meistens nicht unmittelbar die Standsicherheit, können aber die Dauerhaftigkeit herabsetzen.

In den Jahren 1996 bis 1998 sind dann erstmals Schäden an Beton-fahrbahndecken in Südwestdeutschland aufgetreten, an denen eine AKR beteiligt war. Für die geschädigten Betone war Kies-Edelsplitt aus dem Bereich des Oberrheins südlich von Karlsruhe verwandt worden. Später traten weitere Schäden an einigen Autobahnab-schnitten auf. Als gebrochene Gesteinskörnungen waren Grauwacke, Quarzporphyr und Granodiorit verwendet worden. Ausschlaggebend für die Bewertung des Schadensverlaufes bei Betonfahrbahndecken ist dabei der Aspekt der Verkehrssicherheit.

### Betonfahrbahndecken der Bauklassen SV und I bis III nach ZTV Beton-StB

In einem Bericht der Bundesregierung vom 10.03.2009 als Antwort auf eine parlamentarische Anfrage wird ausgeführt, dass folgende Autobahnen von AKR-Schäden betroffen seien:

<b>Sachsen-Anhalt</b>	A 14: 32 km Richtungsfahrbahn (RF) A 9: 83 km RF
<b>Brandenburg</b>	A 10: 53 km RF A 24: 6 km RF
<b>Hessen</b>	A 5: 79 km RF A 6: 0,7 km RF A 67: 57 km RF
<b>Nordrhein-Westfalen</b>	A 40: 3 km RF A 61: 0,1 km RF
<b>Mecklenburg-Vorpommern</b>	A 19: 27 km RF
<b>Sachsen</b>	A 14: 9,5 km

Es wird jedoch einschränkend festgestellt, dass es sich dabei über-wiegend um Verdachtsfälle handelt, deren gutachterliche Bestätigung noch ausstehe. Aus in der Aufstellung nicht genannten Bundesländern seien keine Fälle berichtet worden. Es stellt sich die Frage, ob die aktuellen Regelungen ausreichen, um AKR-Schäden an Betonfahrbahndecken sicher zu vermeiden. Die Beantwortung der Frage gestaltet sich schwierig, da derzeit keine zugängliche Dokumentation der Schadensfälle vorliegt, aus der die notwendigen Informationen

bezogen werden könnten. Das Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) plant auf der Basis der vorliegenden Erkenntnisse die Herausgabe eines neuen Allgemeinen Rundschrei-bens Straßenbau (ARS) voraussichtlich noch im Jahr 2010.

### Beton nach EN 206-1/DIN 1045-2

Der Landesbetrieb Bau Sachsen-Anhalt berichtete über nachgewie-sene AKR-Schäden an Wasserbauwerken und Brücken in Sachsen-Anhalt und Sachsen. Die Bauwerke wurden in den 1970er-Jahren bis Anfang der 1990er-Jahre gebaut. Der Landesbetrieb Bau Sachsen-Anhalt hat vorläufig weitere Anforderungen für Bauleistungen gemäß ZTV-ING zur Vermeidung von AKR-Schäden erlassen. Der Deutsche Ausschuss für Stahlbeton (DAfStb) wird eine vorläufige Empfehlung herausgeben, die diesen neuen Erfahrungen Rechnung trägt.

## AKTUELLE REGELWERKE

Die Erfahrungen über alkaliempfindliche Gesteinskörnungen, die in der Praxis zu AKR-Schäden führten, finden stets zeitnah Eingang in die Regelwerke: Allgemeine Rundschreiben Straßenbau (ARS) 12/2006, Alkali-Richtlinie des DAfStb Ausgabe 2007, TL Beton-StB 07, Verfügung für ZTV-ING-Bauwerke in Sachsen-Anhalt Ausgabe 2009. Eine AKR läuft in der Regel sehr langsam ab, so dass Betone erst viele Jahre nach ihrem Einbau geschädigt werden. Aufgrund dieses Zeitversatzes können weitere Schäden insbesondere auf Autobahnen nicht ausgeschlossen werden, wenn sie vor 2005 und damit noch nicht nach den aktuellen Regelwerken gebaut wurden.

Die in den zurückliegenden Jahren gewonnenen praktischen Erfahrungen und wissenschaftlichen Erkenntnissen führten, in Abhängigkeit von den Feuchtigkeitsklassen, zu folgenden grund-sätzlichen Regelungen:

- **Betone nach EN 206-1/DIN 1045-2 – Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton – Regelung durch die Alkali-Richtlinie des DAfStb (Feuchtigkeitsklassen WO, WF und WA)**
- **Fahrbahndecken aus Beton nach ZTV Beton-StB 07 – Regelung durch TL Beton-StB 07 und ARS (Feuchtigkeitsklasse WA und WS)**

### Beton nach EN 206-1/DIN 1045-2 – Vermeidung einer schädigenden AKR

Bei allen Baumaßnahmen unter Anwendung von Stahl- bzw. Spann-beton – insbesondere bei Ingenieurbauwerken – und mit Ausnahme von Betonfahrbahndecken und Flugbetriebsflächen bietet das beste-hende Regelwerk, und hier insbesondere die Alkali-Richtlinie des Deutschen Ausschusses für Stahlbeton (DAfStb), nach derzeitigem Kenntnisstand generell eine ausreichende Grundlage, AKR-Schäden zu vermeiden. Allerdings können regionale Lösungen eine sinnvolle Ergänzung darstellen. In Sachsen-Anhalt wurde im August 2009 eine entsprechende Verfügung für Bauwerke nach ZTV-ING erlassen. Diese gilt bei Verwendung ungebrochener Gesteinskörnungen > 2 mm, unabhängig vom Anteil an gebrochenen Körnern (Kiessplitt), aus Gewinnungsstätten in Sachsen-Anhalt und den daran angrenzenden Bundesländern.

Um Maßnahmen zur sicheren Vermeidung einer schädigenden AKR festlegen zu können, müssen die Umgebungsbedingungen des Betons in Form der **Feuchtigkeitsklasse** und die Alkaliempfindlichkeit der Gesteinskörnung in Form der **Alkaliempfindlichkeitsklasse** beschrieben werden. Hierzu ist jede Gesteinskörnung nach DIN EN 12620, die in Deutschland für Beton nach EN 206-1/DIN 1045-2 verwendet werden soll, in eine Alkaliempfindlichkeitsklasse einzustufen. Diese muss im Sortenverzeichnis und auf dem Lieferschein der Gesteinskörnung für alle Korngruppen angegeben sein. Bei bestimmten Kombinationen aus Feuchtigkeitsklasse, Alkaliempfindlichkeitsklasse und ggf. Zementgehalt des Betons sind vorbeugende Maßnahmen anzuwenden. Die Alkali-Richtlinie gibt sowohl die Prüfmethode und Kriterien zur Einstufung von Gesteinskörnungen in eine der Alkaliempfindlichkeitsklassen als auch die vorbeugenden betontechnologischen Maßnahmen an.

**Der Planer muss dem Beton anhand der zu erwartenden Umgebungsbedingungen eine der vier nachfolgenden Feuchtigkeitsklassen nach DIN 1045-2 bzw. Alkali-Richtlinie zuordnen:**

Feuchtigkeitsklasse	Umgebung	Beispiele
WO	Beton, der nach normaler Nachbehandlung nicht längere Zeit feucht und nach dem Austrocknen während der Nutzung weitgehend trocken bleibt.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Innenbauteile des Hochbaus;</li> <li>- Bauteile, die auf die Außenluft, nicht jedoch z.B. auf Niederschläge, Oberflächenwasser, Bodenfeuchte einwirken können und/oder die nicht ständig einer relativen Luftfeuchte von mehr als 80% ausgesetzt werden.</li> </ul>
WF	Beton, der während der Nutzung häufig oder längere Zeit feucht ist.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ungeschützte Außenbauteile, die z. B. Niederschlägen, Oberflächenwasser oder Bodenfeuchte ausgesetzt sind;</li> <li>- Innenbauteile des Hochbaus für Feuchträume, wie z. B. Hallenbäder, Wäschereien und andere gewerbliche Feuchträume, in denen die relative Luftfeuchte überwiegend höher als 80% ist;</li> <li>- Bauteile mit häufiger Taupunktunterschreitung, wie z. B. Schornsteine, Wärmeübertragerstationen, Filterkammern und Viehställe;</li> <li>- Massige Bauteile gemäß DAfStb-Richtlinie „Massige Bauteile aus Beton“, deren kleinste Abmessung 0,80 m überschreitet (unabhängig vom Feuchtezutritt).</li> </ul>
WA	Beton, der zusätzlich zu der Beanspruchung nach Klasse WF häufiger oder langzeitiger Alkalizufuhr von außen ausgesetzt ist.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Bauteile mit Meerwassereinwirkung;</li> <li>- Bauteile unter Tausalzeinwirkung ohne zusätzliche hohe dynamische Beanspruchung (z. B. Spritzwasserbereiche, Fahr- und Stellflächen in Parkhäusern, Brückenkappen);</li> <li>- Bauteile von Industriebauten und landwirtschaftlichen Bauwerken (z. B. Güllebehälter) mit Alkalisalzeinwirkung.</li> <li>- Betonfahrbahnen der Bauklassen IV bis VI<sup>1)</sup></li> </ul>
WS	Beton, der hoher dynamischer Beanspruchung und direktem Alkalieintrag ausgesetzt ist.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Bauteile unter Tausalzeinwirkung mit zusätzlicher hoher dynamischer Beanspruchung (Betonfahrbahnen der Bauklassen SV und I bis III<sup>1)</sup>)</li> </ul>

<sup>1)</sup> Bauklassen nach RStO; laut TL Beton-StB 07

Im Rahmen der Festlegung des Betons wird die Feuchtigkeitsklasse dann zusammen mit den Expositionsklassen an den Betonhersteller weitergegeben. Der Lieferschein für den Beton oder das Betonbauteil enthält damit immer auch die Angabe der Feuchtigkeitsklasse.

## **Betonfahrbahndecken der Bauklassen SV und I bis III nach ZTV Beton-StB**

Ausschließlich Betonfahrbahndecken der Bauklassen SV und I bis III gemäß RStO sind nach der TL Beton-StB 07 der Feuchtigkeitsklasse WS zuzuordnen. Deshalb werden die Anforderungen durch die TL Beton-StB 07 und durch Allgemeine Rundschreiben Straßenbau (ARS) des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) festgelegt. Neben den deskriptiven Anforderungen an die Ausgangsstoffe sehen diese Regelungen, im Fall der Verwendung von bestimmten Gesteinskörnungen, auch eine gutachterliche Stellungnahme zur Gesteinskörnung sowie zum vorgesehenen Beton vor. In der Feuchtigkeitsklasse WS müssen im Verantwortungsbereich des Thüringer Landesamts für Bau und Verkehr (Schreiben vom 13.04.05) in Ergänzung zu den TL Beton-StB 07 in Kombination mit der Alkali-Richtlinie, dem ARS 12/2006, ergänzende Anforderungen erfüllt sein.

Grundlage gutachterlicher Stellungnahmen sind häufig die Ergebnisse von AKR-Performance-Prüfungen, mit denen das AKR-Schädigungspotential von Betonzusammensetzungen untersucht wird. Durch die Untersuchung von Betonzusammensetzungen vor deren Einbau können bei neuen Betonfahrbahndecken AKR-Schäden heute sehr viel zielsicherer vermieden werden. An der Bauhaus-Universität in Weimar und im Forschungsinstitut der Zementindustrie in Düsseldorf wurde jeweils ein AKR-Performance-Prüfverfahren entwickelt. Beide Verfahren führen zu einer vergleichbaren Bewertung identischer betontechnischer Lösungen und sind vom BMVBS anerkannt. Unter den besonderen Bedingungen des Betonstraßenbaus (Alkalizufuhr von außen, starke dynamische Beanspruchung, Vorschädigungen infolge lastunabhängiger Einwirkungen möglich), werden ausreichend unempfindliche Betonrezepturen identifiziert. Dabei zeigt sich, dass bei entsprechender Reaktivität der Gesteinskörnung und bei einer Alkalizufuhr von außen durch Streusalze auch dann schädliche Dehnungen infolge AKR induziert werden, wenn Zemente mit einem niedrigen wirksamen Alkali-Gehalt (NA-Zement) zum Einsatz kommen. Bei Fahrbahndeckenbetonen müssen deshalb immer ausreichend alkaliunempfindliche Gesteinskörnungen eingesetzt werden.

### **Flugbetriebsflächen**

Die Eignung von Gesteinskörnungen und Betonzusammensetzungen, die auf Flughäfen eingesetzt werden und mit Flugzeug- und Flächenenteisungsmitteln in Kontakt kommen, ist durch einen Gutachter zu beurteilen, der vorbeugende Maßnahmen festlegt.

## **ZUSAMMENFASSUNG**

Im Bereich von Beton nach EN 206-1/DIN 1045-2 legen die Alkali-Richtlinie des DAfStb und ggf. regionale Regelungen deskriptive Vorgaben zur Vermeidung von AKR-Schäden fest. Diese gelten für die Feuchtigkeitsklassen WO, WF und WA. Im Bereich der ZTV Beton-StB (Feuchtigkeitsklasse WA und WS) fehlen zurzeit vergleichbare deskriptive Regelungen. Deshalb obliegt es zurzeit noch Gutachtern, die Eignung von Gesteinskörnungen und Betonzusammensetzungen zu bewerten und vorbeugende Maßnahmen in diesem Bereich festzulegen. An deskriptiven Regelungen im Bereich der ZTV Beton-StB wird zurzeit intensiv gearbeitet.

Eine schädigende AKR läuft in der Regel sehr langsam ab, so dass Betone erst viele Jahre nach ihrem Einbau geschädigt werden. Aufgrund dieses Zeitversatzes können weitere Schäden insbesondere auf Autobahnen nicht ausgeschlossen werden, wenn sie vor 2005 und damit noch nicht nach den aktuellen Regelwerken gebaut wurden.

Bei neuen Betonfahrbahndecken können AKR-Schäden heute sehr viel zielsicherer vermieden werden, in dem das AKR-Schädigungspotential von Betonzusammensetzungen vor dem Einbau in sog. AKR-Performance-Prüfungen untersucht wird. An der Bauhaus-Universität in Weimar und im Forschungsinstitut in Düsseldorf wurde jeweils ein AKR-Performance-Prüfverfahren entwickelt. Beide Verfahren führen zu einer vergleichbaren Bewertung identischer betontechnischer Lösungen und sind vom BMVBS anerkannt.

## **REGELWERKE**

Deutscher Ausschuss für Stahlbeton, DAfStb (Hrsg): Vorbeugende Maßnahmen gegen schädigende Alkaliereaktion im Beton: Teil 1: Allgemeines; Teil 2: Gesteinskörnungen mit Opalsandstein und Flint; Teil 3: Gebrochene alkaliempfindliche Gesteinskörnungen. Berlin; (u. a.): Beuth, 2007-02 (DAfStb-Richtlinie)

Deutscher Ausschuss für Stahlbeton, DAfStb (Hrsg): Berichtigung zur DAfStb-Richtlinie Vorbeugende Maßnahmen gegen schädigende Alkaliereaktion im Beton Ausgabe 2007-02, 2010-04  
Download unter: [http://www.dafstb.de/akt\\_bericht\\_alkali-richtl.html](http://www.dafstb.de/akt_bericht_alkali-richtl.html)

Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, FGSV; Arbeitsgruppe Betonbauweisen (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 (FGSV R1)

Vermeidung von Schäden an Fahrbahndecken aus Beton in Folge von Alkali-Kieselsäure-Reaktion: Allgemeines Rundschreiben Straßenbau 12/2006. In: Beton 56 (2006) 11, S.534-535  
Download unter: <http://www.stadtentwicklung.berlin.de/service/suche/index.shtml?q=Rundschreiben%2012/2006>

Landesbetrieb Bau Sachsen-Anhalt. Verfügung V-07/2009-22: Vorläufige zusätzliche Anforderungen an Beton der Feuchtigkeitsklasse WA, Anwendungsbereich ZTV-ING, für den Bereich des Landesbetriebes Bau Sachsen-Anhalt zur Vermeidung einer schädigenden Alkali-Kieselsäure-Reaktion, 03.08.2009.

Download unter: <http://www.sachsen-anhalt.de/LPSA/index.php?id=39649>