

MPVA-Spektrum IV/08

Schäden an Bauteilen aus Beton (Teil 2)

Risse in Betonbauwerken

Die Betonbauweise ist eine gerissene Bauweise.

Über diese Tatsache werden viele Bauherren vor der Errichtung von Betonbauwerken nicht hinreichend aufgeklärt. Es kommt allerdings auch vor, dass diese Aussage im Nachhinein bemüht wird, um sämtliche, in einem Bauwerk aufgetretenen Risse als vom Bauherrn hinzunehmend darzustellen. Wie so oft liegt die Wahrheit dazwischen.

Tatsächlich ist die Betonbauweise eine gerissene Bauweise. Risse lassen sich weder in schlaff bewehrten Beton- noch in Spannbetonbauteilen sicher vermeiden. Risse treten immer dann auf, wenn Verformungen behindert werden. Die Ursachen für mögliche Verformungen können z. B. das Eigengewicht, äußere Lasten, Baugrundsetzungen, ungleichmäßige Temperatur- oder Feuchteverteilungen oder chemische Vorgänge beim Abbinden des Betons sein. Verformungsbehindernd können z. B. die monolithische Verbindung verschiedener Bauwerksteile untereinander, unterschiedliche Betonierzeitpunkte, die Reibung auf dem Untergrund oder einfach der Querschnitt selbst wirken.

In besonderen Ausnahmesituationen, wenn der Grenzzustand der Tragfähigkeit erreicht wird, sind Risse durchaus erwünscht. Damit kündigt der Querschnitt sein bevorstehendes Versagen an. Dieses gutmütige, duktile Bauteilverhalten ist in den sicherheitstheoretischen Ansätzen der technischen Regeln zur Bemessung berücksichtigt.

Es ist die Aufgabe der Planenden und Ausführenden, dafür Sorge zu tragen, dass die Risse in einem Maß beschränkt auftreten, dass weder die Dauerhaftigkeit oder die Gebrauchstauglichkeit beeinträchtigt sind, noch das ästhetische Empfinden nachhaltig gestört wird.

Hierzu ist eine enge Abstimmung der Beteiligten erforderlich. Diese beginnt damit, dass sehr frühzeitig mit dem Bauherrn die Nutzung des Bauwerks und die Anforderungen an die Oberflächen, ggf. unter Berücksichtigung von Dichtheitsanforderungen, zu klären sind.

Schon zu diesem Zeitpunkt sollte dem Bauherrn ein Konzept für die Rissbreitenbeschränkung und den Umgang mit auftretenden Rissen erläutert werden. Bei hohen Anforderungen hat es sich bewährt, auch einen Beton-technologen frühzeitig einzubinden. So können der Tragwerksplanung wirklichkeitsnahe Kennwerte für die Hydratationswärme- und Festigkeitsentwicklung des Betons oder den zu erwartenden Widerstand gegen Verformung zur Verfügung gestellt werden. Auch müssen die Belange der Bauausführung bei der Festlegung von Betonierabschnitten, Belastungszeitpunkten und der Wahl der Bewehrungsstabdurchmesser und -abstände berücksichtigt werden. Nicht zuletzt sollten auch Maßnahmen zur Rissverfüllung vorgesehen werden.

Risse sind also eine typische, die Bauart kennzeichnende Erscheinung und können selbst bei großer Sorgfalt in der Planung und Ausführung nicht zielsicher ausgeschlossen werden.

Dieses Thema werden wir auch im Rahmen des „Neuwieder Betontages“ am 03.03.2009 behandeln.

Risse durch Schwindverformungen

Zementgebundene Baustoffe reduzieren ihr Volumen infolge ihrer Austrocknung. Dieses Phänomen wird als „Schwinden“ bezeichnet. Hierbei ist zwischen

- dem Frühschwinden im plastischen Zustand und
- dem allgemeinen Schwinden

zu unterscheiden.

Probleme wie Rissbildungen im oberflächennahen Bereich von Betonen oder im Besonderen auch von Industrieböden sind häufig auf das Frühschwinden des eingebauten Betons oder bei Industrieböden auch gerade von Hartstoffeinstreuungen oder Hartstoffestrichen zurückzuführen.

Wie stark zementgebundene Baustoffe schwinden, ist

- einerseits von deren Zusammensetzung abhängig (nachweisbar im Rahmen der Bestimmung der stofflichen Zusammensetzung der Baustoffe);
- zum anderen spielen auch besonders die Bedingungen beim Einbau (z. B. Temperatur, Zugluft, Luftfeuchte etc.) eine wesentliche Rolle.

Rissbildungen aufgrund des Schwindens von Betonen sind darauf zurückzuführen, dass sich der Beton durch das sog. Trocknungsschwinden zusammen zieht. Neben der Schwindverformung führt auch das Abfließen der Hydrationswärme zu einer Volumenverringering des Betons. Besonders kritisch ist diese Volumenreduzierung, wenn

- z. B. Wände mit monolithischem Verbund zum Fundament bzw. zur Bodenplatte hergestellt werden;
- Einbauteile in die Betonplatten eingebaut werden.

In beiden Fällen wird die Verkürzung der Bauteile behindert, so dass Risse entstehen. In diesen Fällen sollte der Fugenausbildung eine besondere Bedeutung beigemessen werden.

Zur Reduzierung von schwindbedingten Schäden sollten Betone mit möglichst geringer Wärmeentwicklung und geringer Schwindneigung (nicht zu hoher Mehlkorn- und Wassergehalt) und möglichst nicht zu hoher Konsistenz eingesetzt werden.

Die bei Bodenplatten gerne eingesetzten F6-Betone sind hier nicht immer als geeignet einzustufen, da diese Betone häufig eine erhöhte Schwindneigung aufweisen. Auch wasserundurchlässige Bauwerke, die mit möglichst wenig Fugen hergestellt werden, stellen diesbezüglich ein Problem dar. In beiden Fällen spielt eine optimale Nachbehandlung des Betons eine wesentliche Rolle zur Reduzierung des Schadenspotentials.

Sind Schwindrisse aufgetreten, so sollten die Schwindverformungen vor der Sanierung der Bauteile abgeschlossen sein. Ob und wenn ja wie die entstandenen Risse zu sanieren sind, ist abhängig von den jeweiligen Anforderungen an die Bauteile.

Schwindmessung

Um vor der Beton- oder Estricheinbringung zu überprüfen, ob die Baustoffe ein erhöhtes Schwindpotential aufweisen, lässt sich das Schwinden im Labor mit unterschiedlichen Methoden messen.

Während mit einer Schwindmessung nach Graf-Kaufmann (DIN 52450) lediglich die Erfassung der Schwindprozesse des erhärteten Betons/Estrichs möglich ist (am erhärteten Normprisma), werden bei der Messung mit einer sogenannten „**Schwindrinne**“ Verformungen bereits im plastischen Zustand des noch frischen Betons oder Estrichs aufgezeichnet. Neben dem Vorteil, dass die Schwindrinnenmessung auch das plastische Schwinden erfasst, liegt ein weiterer Vorteil darin, dass die Austrocknung des Betons/Estrichs bei diesem Versuchsaufbau nur über die Probenoberfläche erfolgen kann, was dem tatsächlich auftretenden Austrocknungsverhalten entspricht.

Risse durch das Setzen des Betons

Setzrisse treten bei bewehrten Bauteilen über der oberen Bewehrung auf und verlaufen längs dieser Bewehrung. An Bohrkernen, die aus geschädigten Bauteilen entnommen worden sind, zeigen sich Hinweise auf dieses Setzen in Form von Fehlstellen im Bereich der Bewehrung.

Neben den Rissen ist hierbei zu beachten, dass der Verbund der Bewehrung zur Zementsteinmatrix in diesen Fällen nur begrenzt gegeben ist. Üblicherweise entstehen derartige Setzrisse, weil

- dem Bluten der Betone nicht ausreichend Bedeutung beigemessen wurde, obwohl bereits der DIN Fachbericht 100 darauf hinweist, dass Beton so entworfen werden sollte, dass das Entmischen und Bluten des Frischbetons möglichst gering gehalten wird;
- die Zusammensetzung des Betons auf der Baustelle (z. B. durch Wasserzugabe) verändert worden ist.

Diese Schäden nehmen bei Bodenplatten z. B. für Industrieböden heute tendenziell zu, da die weichen Verarbeitungskonsistenzen die Neigung des Betons zum Bluten erhöhen. Häufig entstehen hierbei Pfützen auf dem Beton, die auf die Wasserabsonderung des Betons zurückzuführen sind.

Besonders kritisch ist diese Wasserabsonderung im Bereich von Industrieböden, bei denen Folgeschichten (Hartstoffeinstreuungen oder Hartstoffestriche) in den Beton eingearbeitet bzw. auf den Beton aufgebracht werden.

Hierbei handelt es sich um spannungsreiche Bauweisen, da sehr hochwertige und auch hochfeste, dünne Schichten auf die Betonoberfläche aufgebracht werden. Weist die Betonoberfläche vor der Aufbringung dieser Folgeschichten ein Wasserabsondern auf, so wird

- die Verzahnung dieser Schichten aufgrund des teilweise als Trennlage fungierenden Wassers verschlechtert;
- die Qualität der oberflächennahen Betonschicht reduziert;
- die ohnehin schon ungünstig hohe Festigkeitsdifferenz zwischen dem Beton und der Hartstoffschicht noch vergrößert;

Aus den genannten Gründen kann sich ein schwaches Bluten des Beton schadensauslösend auswirken.

Betonabplatzungen aufgrund eines nicht ausreichenden Frost- und Frost-Taumittelwiderstandes des Betons

Immer wieder stellen Abplatzungen an Betonbauteilen, die dem Frost ausgesetzt sind, die Ursache von Beanstandungen dar. Die Sachverständigen haben im Schadensfall bei diesen Schäden üblicherweise u. a. die Frage zu beantworten, ob es sich bei dem eingebrachten Beton um einen Beton mit einem ausreichenden Widerstand gegen Frost- bzw. Frost-Taumittel-Angriffe handelt.

Betone mit einem ausreichenden Widerstand gegen Frost- bzw. Frost-Taumittel-Angriffe können nach DIN 1045-2 bis zur Expositions-klasse XF3 ohne Einsatz eines Luftporenbildners hergestellt werden. In diesem Falle muss der Beton im allgemeinen einen w/z-Wert von $\leq 0,50$ und eine Festigkeitsklasse von $\geq C35/45$ aufweisen (Ausnahme hierzu sind in der A*-Änderung der DIN 1045 sowie in der ZTV-Ing. enthalten).

Bei Betonen der Expositions-klasse XF4 muss nach den Normvorgaben im Gegensatz dazu ein Luftporenbildner eingesetzt werden. Hierbei sind die Luftporengehalte im Frischbeton nach DIN EN 12 350-7 nachzuweisen.

Da beim Pumpen des Betons die Gefahr der Reduzierung der für die Frost-Taumittelbeständigkeit relevanten Luftporen besteht, sollte die Prüfung des Luftgehaltes i. d. R. nach dem Pumpen erfolgen.

Sind keine Ergebnisse entsprechender Prüfungen am Frischbeton verfügbar, so kann eine nachträgliche Beurteilung des Frost-Taumittelwiderstandes des Betons nur anhand von aus dem Bauteil entnommener Proben erfolgen. Im Labor können dann die Luftporenkennwerte (Gesamtluftgehalt und Abstandsfaktor) im Rahmen einer mikroskopischen Untersuchung ermittelt und somit der Widerstand des Betons gegenüber Frost-Taumittel-Angriffen nachgewiesen werden.

Darüber hinaus werden Frostschäden auch häufig bei Innenbauteilen vorgefunden, die ungeplant dem Frost ausgesetzt wurden. Zur Vermeidung dieser Schäden ist zu beachten, dass Innenbauteilbetone bei kühler Witterung und offen stehenden Gebäuden durch Winterbaumaßnahmen geschützt werden müssen.

Betonabplatzungen wegen nicht ausreichender Gefrierbeständigkeit des Betons

Neben den oben erwähnten Schäden aufgrund eines nicht ausreichenden Widerstandes gegen Frost- bzw. Frost-Taumittel treten während der Bauphase in der kalten Jahreszeit Betonabplatzungen auf, welche auf die einmalige Einwirkung von Frost auf den noch nicht ausreichend erhärteten Beton zurückzuführen sind. Diese Schäden werden vielfach ebenfalls als Frostschäden bezeichnet, wobei dieser Schaden aufgrund der andersartigen Schadensentstehung vielmehr als **Gefrierschaden** bezeichnet werden sollte. Diese Schäden können auch bei Betonen mit erhöhtem Widerstand gegen Frost-Tausalz auftreten.

Gefrierschäden sind ursächlich darauf zurückzuführen, dass der Beton zum Zeitpunkt der ersten Frostbeanspruchung noch keine ausreichende Druckfestigkeit ($\geq 5 \text{ N/mm}^2$) besitzt. Ein Gefrierschaden zeichnet sich durch geringe Betondruckfestigkeiten und starke Gefügestörungen im oberflächennahen Beton aus. Häufig sind unter dem Mikroskop oder sogar augenscheinlich Eisnadelabdrücke im Betongefüge erkennbar.

In den tiefer liegenden Bereichen weist der Beton hierbei i. d. R. keine signifikanten Qualitätsbeeinträchtigungen auf, so dass die üblicherweise betroffenen Bauteile aus Beton (häufig handelt es sich bei den betroffenen Bauteilen um Boden- oder Deckenplatten aus Beton) in normalen Fällen nicht vollständig rückgebaut werden müssen. Vielmehr sind unter Umständen nur die geschädigten Betonrandzonen zu entfernen und im Rahmen einer sachgerechten Sanierung mit geeigneten Ersatzsystemen wieder neu aufzubauen.

Derartige Gefrierschäden können dadurch vermieden werden, dass Bauteile, die kurz vor einem Frosteinbruch betoniert werden, vor dem oberflächlichen Gefrieren geschützt werden. Alternativ können, nach Rücksprache mit dem Planer, höherwertige bzw. schneller abbindende Betone eingesetzt werden.

Schäden an Betonbauteilen durch eine Alkali-Kieselsäure-Reaktion (AKR)

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. Diese können letztendlich zu einer völligen Zerstörung des Betonbauteils führen. National wie international sind viele AKR-Schäden, insbesondere an Fahrbahndecken und Flugplatzbelägen sowie an Küstenbauwerken und Brücken dokumentiert. Diese Schäden zeichnen sich üblicherweise aus durch:

- die Entstehung eines maschenartigen Rissbildes;
- die Bildung von Sekundärmineralien und Gel in den Rissen.



In vielen Fällen sind die Sekundärmineralien oder das Gel in den Rissen zum Zeitpunkt der Probenahme z. B. aufgrund der Auswaschung durch Regenwasser nicht mehr nachweisbar.

Voraussetzung für eine betonschädigende Alkali-Kieselsäure-Reaktion sind:

- ein ausreichendes Alkalipotenzial im Beton;
- alkaliempfindliche Gesteinskörnungen;
- ausreichendes Feuchtepotential.

Eine Abgrenzung zu anderen rissbildenden Schadensmechanismen ist nicht immer einfach. Zur Festlegung eines sachgerechten Sanierungsvorschlags ist die genaue Kenntnis der Schadensursache jedoch zwingend notwendig. Durch sachgerechte Erhebungen zum Bauwerk und den verwendeten Ausgangsstoffen, einer genauen Aufnahme des Schadensbildes und der Durchführung verschiedener Untersuchungen an Ausbauproben lässt sich die Schadensursache häufig ermitteln.

Besondere Bedeutung kommt der mikroskopischen und der petrografischen Untersuchung im Rahmen der Ursachenermittlung zu. So lassen sich charakteristische Merkmale für bestimmte Betonschäden wie auch der AKR durch licht- und rasterelektronenmikroskopische Untersuchungen erkennen. Weitere Hinweise auf die AKR als mögliche Schadensursache können durch Alkaligehaltsbestimmungen, Untersuchungen mit Uranylacetat oder durch die Durchführung des Nebelkammerversuchs bzw. des Schnelltests an Ausbauproben in Anlehnung an die Alkali-Richtlinie gewonnen werden.

Dieses Thema werden wir auch im Rahmen des Seminars „Betontechnologie“ am 04.02.2009 behandeln.

**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