

MPVA-Spektrum V/08

Schäden an Bauteilen aus Beton (Teil 3)

Nachweis der Wassereindringtiefe an Bohrkernen aus bestehenden Bauwerken

Im Rahmen von Undichtigkeiten an „Weißen Wannen“ stellt sich immer wieder die Aufgabe, zu bewerten, ob es sich bei dem eingebrachten Beton um einen sog. WU-Beton handelt. Im diesem Zusammenhang ist zuerst darauf hinzuweisen, dass in den aktuellen Normen für Beton (DIN EN 206-1/DIN 1045-2) konkrete Anforderungen an die Wassereindringtiefe derartiger Betone nicht mehr enthalten sind. Vielmehr fordern diese Normen eine konkrete Vereinbarung zwischen dem Verfasser der Festlegung und dem Betonhersteller.

Existiert eine derartige Vereinbarung, so stellt sich weiterhin die Frage, wie die Wassereindringtiefe des Betons im Objekt nachzuweisen ist. Weder in der DIN EN 206-1/DIN 1045-2 noch in der DIN EN 13791 sind entsprechende Regelungen für die Bewertung der Wassereindringtiefe von Betonen aus Bauwerken enthalten.

Nach DIN EN 12390-8 hat die Prüfung der Wassereindringtiefe im Rahmen der Güteprüfung an gesondert hergestellten Probekörpern zu erfolgen. Die während des Betoniervorgangs herzustellenden Prüfkörper werden bis zur Prüfung im Alter von 28 Tagen unter Wasser gelagert. Die Prüfung der Wassereindringtiefe erfolgt dann durch eine 72-stündige Beaufschlagung mit Wasser bei einem Wasserdruck von fünf bar. Das bedeutet, dass im Rahmen der normativen Prüfung ein Beton mit einem wassergesättigten (also wassergefüllten) Kapillarsystem geprüft wird.

Proben, die aus einem bestehenden Bauwerk stammen, weisen i. d. R. kein derartig wassergefülltes Kapillarsystem auf. Aus diesem Grunde ist die Wassereindringtiefe bei Bohrkernen, die aus einem Bauwerk entnommen werden, oft größer als bei normgerechter Lagerung unter Wasser. Diese Tatsache ist zur Vermeidung von Fehlbeurteilungen bei der Bewertung der Wassereindringtiefe von Proben aus bestehenden Bauwerken zu berücksichtigen. Aus diesem Grunde wird das Kapillarporenggefüge von Bauwerksproben bei sachgerechter Bewertung vor der eigentlichen WU-Prüfung möglichst vollständig mit Wasser gefüllt und erst dann die eigentliche WU-Prüfung angeschlossen.

Erfahrungsgemäß liefern die Bauwerksproben auch bei diesem abgewandelten Verfahren noch tendenziell geringfügig erhöhte Wassereindringtiefen, was bei der Bewertung der Untersuchungsergebnisse berücksichtigt werden muss.

Nachweis der Dichtheit von Sekundärbarrieren aus Beton

Werden Risse oder Gefügestörungen im Beton von WHG-Flächen - wie z. B. in Tankflächen oder in Lagerflächen von Chemieanlagen - festgestellt, so besteht der Verdacht, dass diese Flächen nicht mehr die Anforderungen an die Dichtheit im Sinne des Wasserhaltungsgesetzes erfüllen. Die Beschichtung oder der Rückbau dieser Flächen stellen mögliche Sanierungsvarianten dar. Alternativ kann der Beton dieser Flächen bei geringeren Rissbreiten bzw. Gefügestörungen aber auch gemäß der DAfStB-Richtlinie „Betonbau beim Umgang mit wassergefährdenden Stoffen“ auf dessen Dichtheit untersucht werden.

Im Rahmen der Untersuchung des Betons gemäß der DAfStB-Richtlinie sind Bohrkern aus der Fläche zu entnehmen und zum konkreten Nachweis der Dichtheit gegenüber den vor Ort gelagerten Flüssigkeiten im Labor zu untersuchen.

Die Festlegung der Beaufschlagungszeit im Rahmen dieser Versuche ist abhängig von der Nutzung und den Inspektionsintervallen der Anlage. Die üblichen Beaufschlagungszeiten liegen bei 72 bzw. 144 Stunden, wobei die Richtlinie bei sehr großen Inspektionsintervallen eine maximale Beaufschlagungsdauer von 2.200 Stunden vorsieht.

Diverse Versuche in der MPVA Neuwied GmbH haben gezeigt, dass Betonflächen

- bei geringen Rissbreiten und
- bei Beaufschlagungsmedien wie z. B. Mineralölen

häufig trotz vorliegender Risse bzw. Gefügestörungen als dicht im Sinne der DAfStB-Richtlinie eingestuft werden können und eine Beschichtung oder ein Rückbau der Flächen somit nicht erforderlich ist.

Bei der Durchführung der Untersuchungen ist jedoch zu beachten, dass die DAfStB-Richtlinie eine Vorlagerung der Proben im Laborklima über einen Zeitraum von 56 Tagen verlangt, so dass für die Untersuchung der Proben eine Gesamtzeit von ca. 2,5 Monaten erforderlich ist.

Betonschäden aufgrund chemischer Angriffe auf den Beton

Beton ist ein vielseitig einsetzbarer, qualitativ hochwertiger und chemisch beständiger Baustoff. Bei bestimmten, durch chemische Beanspruchungen geprägten Umgebungsbedingungen können jedoch erhebliche Schäden auch an Bauteilen aus Stahlbeton auftreten. Hier sind unter anderem Stahlbetonbauteile in Kläranlagen, Lagerflächen z. B. für Maissilage, Güllebehälter oder auch Abwasserleitungen zu nennen. Bei diesen Einsatzgebieten müssen sowohl konstruktive als auch betontechnologische Vorkehrungen getroffen werden, damit der Stahlbeton ausreichend dauerhaft ist. Neben der Beachtung der Expositionsklassen XA nach DIN EN 206-1/DIN 1045-2 kann die Beständigkeit der Betone durch die gezielte Auswahl geeigneter Gesteinskörnungen und/oder Zemente verbessert werden. In Abhängigkeit von den vorliegenden Umgebungsbedingungen ist hierbei zwischen

- dem Angriff auf den Bewehrungsstahl (z. B. durch Eindringen von Chloriden oder in Folge der Carbonatisierung des Betons) und
- dem Angriff auf den Beton (z. B. lösender Angriff durch saure Medien, treibender Angriff durch sulfathaltiges Wasser oder speziell im Abwasserbereich durch die sog. „Biogene-Schwefelsäure-Korrosion“)

zu unterscheiden.

Je nach Angriffsart (lösender oder treibender Angriff) sind gesonderte betontechnologische Maßnahmen bis hin zur Auswahl spezieller Zemente oder zur Entwicklung von speziellen Rezepten des Betons bzw. der Sanierungsprodukte erforderlich.

Dieses Thema werden wir auch im Rahmen des Seminars „Brückenbauwerke und deren Sanierung“ am 04. und 05.03.2009 behandeln.

Betonschäden aufgrund des treibenden Sulfatangriffes auf den Beton

Eine besondere Bedeutung kommt in der Gutachterpraxis dem treibenden Angriff von Sulfaten auf den Beton zu.

Die sulfatbedingten Treiberscheinungen sind als sog. „Ettringittreiben“ bzw. „Thaumasittreiben“ bekannt. Die Ettringitkristalle werden umgangssprachlich wegen ihrer stäbchenartigen Form auch „Zementbazillus“ genannt. Dieser Name ist ein Hinweis darauf, welches Schadenspotential mit der Ettringitbildung und vergleichbar auch der Thaumasitbildung verbunden ist.

Beide Mineralphasen (Ettringit und Thaumasit) entstehen, wenn wasserlösliche Sulfate mit den Aluminhydraten des Zementes unter starker Volumenvergrößerung reagieren. Das Volumen der Aluminhydraten wird bei der Bildung von Sekundärettringit in etwa verachtfacht. Die bei dieser Reaktion entstehenden Kristalle wachsen zunächst in die vorliegenden Porenräume hinein. Sobald nicht mehr genug Platz für ein freies Kristallwachstum vorhanden ist, baut sich ein innerer Druck in den zementhaltigen Baustoffen auf, der zur Entstehung von Rissen und schollenförmigen Ablplatzungen, verbunden mit entsprechenden Festigkeitsverlusten des Betons bzw. Mörtels führen kann.

Derartige Schäden entstehen häufig im Bereich der Kanalisation (biogene Schwefelsäurekorrosion), aber auch da, wo eine äußere Einwirkung von Sulfaten z. B. aus dem Grundwasser oder durch die Nutzung (Lagerung sulfathaltiger Stoffe auf zementgebundenen Baustoffen) auftritt.

Der Nachweis, ob es sich bei Treiberscheinungen um Sulfatschäden handelt, ist oft schwierig. Zwar können die Treibprodukte (Ettringit oder Thaumasit) mittels unterschiedlicher Verfahren nachgewiesen werden, die reine Anwesenheit dieser Mineralphasen ist jedoch kein eindeutiger für die Schadensursache. Darüber hinaus ist dieser Nachweis mit einem hohen apparativen Aufwand und damit auch mit hohen Kosten verbunden.

Alternativ werden in der Praxis häufig die bindemittelbezogenen Sulfatgehalte der geschädigten Produkte bestimmt und mit den Anforderungswerten der Zementnorm (je nach eingesetztem Zement sind 3,5 M.-% bzw. 4,0 M.-% SO_3 bei den Zementen zulässig) verglichen. Eine derartige Bewertung ist jedoch nur begrenzt anwendbar.

Außerdem wird im Schadensfall häufig die Frage gestellt, ob die Umgebungsbedingungen (erhöhte Sulfatzufuhr von außen) bei der Betonrezeptierung angemessen berücksichtigt worden sind.

So müssen zur Herstellung geeigneter Betone in Abhängigkeit von der zugeführten Sulfatfracht sog. Zemente mit hohem Sulfatwiderstand verwendet werden. Der Nachweis, ob ein derartiger Zement zur Anwendung gekommen ist, kann im Rahmen des Nachweises der stofflichen Zusammensetzung des Betons (Mischungsverhältnis in Verbindung mit einer Bindemittelanalyse) erbracht werden. Im Rahmen dieser Untersuchungen werden aus der Bindemittelanalyse die C_3A - bzw. Al_2O_3 -Gehalte berechnet. Hierüber ist die Bewertung der Beständigkeit des Bindemittels gegenüber Sulfatangriffen abzuleiten.

Bei der Sanierung entsprechend geschädigter Stahlbetonbauteile sind gezielte Voruntersuchungen nötig, sowohl um das Ausmaß der Schäden zu bestimmen, als auch um geeignete Sanierungsmaßnahmen festzulegen.

Gipsputzablösungen auf hochwertigen Betonen

Das Haftvermögen von Gipsputzen auf Putzuntergründen wird in erster Linie durch die mechanische Verkrallung der Reaktionsprodukte des Bindemittels mit dem Putzuntergrund bestimmt. Hohe Betongüten wirken sich ebenso wie glatte Stahlschalungen negativ auf die mögliche Verkrallung von Gipsputzen auf dem Untergrund aus.

Auch hohe Oberflächenfeuchtigkeiten des Betons erschweren die mechanische Verkrallung der Gipsputze, da das in den Betonporen enthaltene Wasser die Poren des Betons verschließt. Dieser Effekt tritt z. B. bei hohen Restfeuchten im Beton oder bei Betonoberflächen auf, bei denen eine Taupunktunterschreitung erfolgt und die kondensierte Feuchtigkeit als Trennfilm fungiert.

Neben der Einschränkung der primären Verkrallung des Gipsputzes in der Betonoberfläche kann das Haftvermögen des Gipsputzes auch durch Sekundärreaktionen reduziert werden. Kommt der Gipsputz nach der Erhärtung intensiv mit Wasser in Kontakt, so wird der Gips gelöst, wobei ggf. enthaltene Alkalien die Löslichkeit des Gipses nochmals erhöhen. Kristallisiert der Gips beim Austrocknen wieder aus, so verändert sich die Kristallstruktur und die Ausrichtung der Gipskristalle, wodurch der Haftverbund zum Untergrund reduziert wird. Das für das Lösen des Gipses verantwortliche Wasser kann sowohl aus dem Beton stammen (sehr hohe Restfeuchten) als auch nachträglich, z. B. durch die intensive Verwendung von Tiefengrund, auf den Gipsputz aufgebracht worden sein.

Braunverfärbungen und Betonabplatzungen durch pyritartige und andere zersetzliche eisenhaltige Gesteinskörnungen

Immer wieder werden Braunverfärbungen (punktförmige oder flächige) auf zementgebundenen Baustoffen seitens der Bauherren beanstandet.

Aufgrund der starken Auffälligkeit der Braunverfärbungen ist die optische Beeinträchtigung von Betonbauteilen hierbei häufig groß. Erschwerend kommt hinzu, dass die Schäden meist erst längere Zeit nach der Ausführung auftreten und eine Teilsanierung schwierig ist. Ursächlich für derartige Verfärbungen sind i. d. R.

- die Korrosion des Bewehrungsstahls;
- die Verwendung verfärbungsempfindlicher bzw. zersetzlicher, eisenhaltiger Gesteinskörnungen (u. a. Pyrite).

Interessant ist in diesem Zusammenhang, dass nicht in allen Fällen bei der Oxidation zersetzlicher, eisenhaltiger Bestandteile sofort Braunverfärbungen entstehen. In einigen Fällen ist die Reaktion der eisenhaltigen Gesteinskörnungen noch nicht bis zum Endprodukt der Reaktion fortgeschritten. In diesen Fällen werden grünlich-bräunliche Gesteinskörner unterhalb von Betonabplatzungen vorgefunden, die sich deutlich von den als Endprodukt entstehenden Eisenoxiden unterscheiden.

Mikroskopische und röntgenographische Untersuchungen ermöglichen in beiden Fällen eine schnelle Ursachenfeststellung.

Ebenso wie bei der Korrosion des im Stahlbeton enthaltenen Bewehrungsstahls muss auch für die Korrosion zersetzlicher eisenhaltiger Gesteinskörnungen (u. a. Pyrite) eine ausreichende, aber auch nicht zu hohe Menge an Feuchtigkeit vorhanden sein. Diese Feuchtigkeit kann

- in Form von Baufeuchte vorliegen,
- durch Kondensation von Luftfeuchte oder auch durch Aufnahme von Flüssigwasser (Regen)

zur Verfügung gestellt werden.

Wie die Erfahrung zeigt, läuft die Korrosion der im Beton enthaltenen zersetzlichen eisenhaltigen Gesteinskörnungen nur bei geringen pH-Werten ab.

Pyrite und Arsenopyrite bilden bei höheren pH-Werten sehr feine Schichten mit oxidierten Bestandteilen, die einen guten Schutz gegen die weitere Oxidation darstellen (vergleichbar zu den Oxidationsschutzschichten, die sich bei hohen pH-Werten auf dem Bewehrungsstahl von Stahlbetonbauteilen bilden).

Hat die Korrosionsreaktion in der Gesteinskörnung einmal begonnen, so wird der pH-Wert im Innern der zersetzlichen Gesteinskörnung durch Bildung von Schwefelsäure abgesenkt, woraufhin sich die Reaktion deutlich beschleunigt. Aus diesem Grunde nimmt die Schädigung der betroffenen Erze konzentrisch vom Reaktionsherd aus nach außen verlaufend ab.

Neben anderen Fragen haben die Sachverständigen bei der Bearbeitung entsprechender Schäden i. d. R. auch die Frage zu beantworten, wer für den Schaden verantwortlich ist und somit den Schaden zu bezahlen hat. Die Produzenten der Gesteinskörnungen verweisen in diesem Falle üblicherweise darauf, dass es sich bei Gesteinskörnungen um natürliche Produkte handelt, bei denen es nicht sicher auszuschließen ist, dass diese auch eisenhaltige Anteile enthalten.

Aus diesem Grunde sollten Ingenieurbüros, die horizontale Betonplatten z. B. in Baumärkten, Lagerhallen oder bei Sichtbetonbauteilen planen, die Lieferanten im Rahmen der Bestellung speziell darauf hinweisen, dass bei diesen Flächen erhöhte Anforderungen an die Betonoberfläche bestehen und die Verwendung zersetzlicher Gesteinskörnungen ausgeschlossen werden muss. Ist dies nicht möglich, so muss der Bauherr darüber informiert werden, dass die Entstehung von Abplatzungen und Verfärbungen nicht sicher auszuschließen sind.

In Regionen, in denen bekannt ist, dass pyrit-haltige Bestandteile in den Gewinnungsstätten vorkommen, trägt der Produzent der Gesteinskörnung eine Mitverantwortung, wenn er - trotz der Kenntnis dieser Tatsache - seine Abnehmer nicht darüber informiert, dass die Gesteinskörnung zur Herstellung von Sichtbeton oder anderen Sichtflächen (Industrieböden) nicht geeignet ist.

**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