

Häufige Schäden

an Trinkwasserbehältern und deren Sanierung

Viele Trinkwasserbehälter kommen heute in ein Alter, in dem erste Schäden an den Behälterinnenflächen erkennbar werden. Welche Schäden häufig in Trinkwasserbehältern vorgefunden werden und mittels welcher Untersuchung die Erarbeitung eines Sanierungskonzeptes unterstützt werden kann, behandelt dieser Text.

Vereinzelt handelt es sich bei den Schäden um Betonabplatzungen aufgrund von Stahlkorrosion, deutlich häufiger finden sich aber bräunliche Verfärbungen auf den Behälterinnenwänden, die ursächlich auf andere Schadensmechanismen zurückzuführen sind. Unabhängig davon, welcher Schadenstyp bei dem betreffenden Objekt vorliegt, ist der Anlagenbetreiber nach DVGW-Arbeitsblatt W 300 [1] verpflichtet, den ordnungsgemäßen Zustand des Behälters wiederherzustellen und somit eine einwandfreie Trinkwasserqualität dauerhaft zu gewährleisten.

Im Rahmen der Sanierungsplanung entsprechender Behälter zeigt sich häufig, dass die Planer zwar über Erfahrung in den betontechnologischen Belangen und der Sanierungsvorbereitenden Bestandserfassung von Stahlbetonbauteilen unter Verwendung

der einschlägigen technischen Regelwerke (RILI-SIB [2] oder ZTV-Ing. [3]) verfügen, aber nicht mit den Zusatzanforderungen, die sich aus dem Trinkwasserschutz ergeben, vertraut sind. So müssen Trinkwasserbehälter gemäß DVGW-Arbeitsblatt W 300 [1] so geplant (auch im Falle der Sanierung), gebaut und betrieben werden, dass Verunreinigungen oder sonstige chemische, physikalische und biologische Einflüsse, welche die Wasserqualität beeinträchtigen, vermieden werden. Hieraus ergeben sich zum Teil erhebliche Konsequenzen, sowohl für die Festlegung der Untersuchungsprogramme als auch für die Sanierung der Behälter.

Schadensbilder

In den letzten Jahren wurde eine Vielzahl von Trinkwasserbehältern im Auftrag von

Planungsbüros oder Anlagenbetreibern durch die MPVA Neuwied GmbH untersucht. Auf Basis der ermittelten Untersuchungsergebnisse wurden hierauf basierend Instandsetzungskonzepte entwickelt und Sanierungen ausgeführt. Im Rahmen der Auswertung der Untersuchungsergebnisse zeigte sich, dass es sich bei den untersuchten, zu sanierenden Trinkwasserbehältern überwiegend um Behälter handelte, die seinerzeit mit einer Beschichtung des mineralischen Untergrundes (Beton, Putz oder Estrich) versehen worden waren. Als Hauptschadensbild wurde die Ablösung der Beschichtung vorgefunden. Nur in sehr untergeordnetem Maße zeigten sich Schäden, die auf eine Stahlkorrosion zurückzuführen waren.

Beschichtungsablösung

Bei den zur Sanierung anstehenden, beschichteten Behältern zeigten sich in der Regel Ablösungen der Beschichtung, die zum Teil in Verbindung mit einer beginnenden Zermürbung der zementgebundenen Baustoffe standen (**Abb. 1 und 2**). Darüber hinaus zeigte die Mehrheit der beschichteten Behälter braune Verfärbungen auf den Behälterinnenseiten, die fälschlicherweise häufig mit Rost aufgrund von Stahlkorrosion in Verbindung gebracht werden (**Abb. 3**). Tatsächlich sind diese Verfärbungen sowie die damit in Verbindung stehende Zermürbung der zementgebundenen Baustoffe aber darauf zurückzuführen, dass die hydratisierten Klinkerphasen des Zementes im Bereich von Fehlstellen in der Beschichtung teilweise gelöst und in Form von silicium-, eisen- und aluminiumreicheren Verbindungen an der Oberfläche der Behälterinnenwände wieder abgeschieden werden (vergl. [4] zum Mechanismus der „hydrolytischen Spaltung“).

Stahlkorrosion der Stahlbetonbauteile

Die Erfahrungen mit der Bestandsuntersuchung von Altbehältern zeigen, dass Schäden in Form von Stahlkorrosion in der Regel keine besondere Rolle spielen. Dies erklärt sich dadurch, dass der Beton in den Trinkwasserbehältern überwiegend unter Wasser liegt bzw. von einer nahezu wassergesättigten Raumluft umgeben ist, wodurch die Carbonatisierung der zement-



Quelle: Korodur International GmbH

Abb. 1: Ablösung der Beschichtung mit einer beginnenden Zermürbung der zementgebundenen Baustoffe (hier des Estrichs)

gebundenen Baustoffe nahezu vollständig unterbunden wird. So werden in diesen Bereichen auch nach Jahrzehnten der Nutzung üblicherweise Carbonatisierungstiefen von weniger als 5 mm vorgefunden. Da ein signifikanter Chlorideintrag bei Trinkwasser auszuschließen ist, ist das Korrosionsrisiko in den Behältern normalerweise zu vernachlässigen. Hinsichtlich der Stahlkorrosion sind normalerweise nur Bereiche kritisch, in denen der Bewehrungsstahl direkt unterhalb der Betonoberfläche liegt und die Carbonatisierungszone den Bewehrungsstahl trotz der geringen Carbonatisierungstiefen noch erreichen kann (Abb. 4).

Untersuchungsplan zur Festlegung des Instandsetzungskonzeptes

Unter Berücksichtigung der vor Ort vorgefundenen Schadensbilder ist seitens des Planers festzulegen, welche Untersuchungen erforderlich sind, um ein sachgerechtes Instandsetzungskonzept zu entwickeln. Hier sind üblicherweise die nachfolgend aufgeführten Untersuchungen durchzuführen:

- zerstörungsfreie Ermittlung der Betondeckung des im Stahlbeton enthaltenen Bewehrungsstahls;
- Durchführung von kleinstflächigen Bauteilöffnungen zur Ermittlung des Durchmessers der Bewehrungsstäbe sowie zur Bestimmung der Carbonatisierungstiefe und des Korrosionsgrades am Bewehrungsstahl. Auf Basis der Bauteilöffnungen und der Betondeckung kann eine Aussage zur Korrosionswahrscheinlichkeit des im Stahlbeton enthaltenen Bewehrungsstahls abgeleitet werden. Sofern im Rahmen der Bestandsaufnahme Bereiche mit deutlicher Stahlkorrosion vorgefunden werden, bietet sich die Anwendung der sogenannten Potenzialfeldmessung zur Eingrenzung geschädigter Bereiche an;
- Bestimmung der Betondruckfestigkeit zur Abschätzung der Betonqualität und der Tragfähigkeit;
- Bestimmung der Abreißfestigkeit auf Höhe der geplanten Abtragstiefe zur Beantwortung der Frage, ob der Beton als Untergrund zur Applikation einer Beschichtung geeignet ist;
- Bestimmung der Gesamtporosität zur Beurteilung der hinsichtlich der Porosität kritischen Baustoffe;
- Bei beschichteten Bestandsbehältern ist zu klären, ob es sich um eine PCB-haltige Beschichtung handelt. Im Rahmen der Planung sollte in Abhängigkeit vom geplanten Sanierungsverfahren darüber hinaus

gegebenenfalls die Frage geklärt werden, wie tief die PCB's gegebenenfalls in die angrenzenden Baustoffe eingedrungen sind, um so Aussagen zur Entsorgungsfähigkeit der abgetragenen Baustoffe zu ermöglichen.

In den nachfolgenden Abschnitten werden ausgewählte Punkte näher erläutert, die über die üblichen betontechnologischen Maßnahmen der Sanierungsplanung hinaus gehen.

Porosität der Baustoffoberflächen

Während die Stahlkorrosion, wie ausgeführt, im Bereich der Sanierung der Trinkwasserbehälter eine eher untergeordnete Rolle spielt, ist anderen Faktoren eine deutlich größere Bedeutung beizumessen. Hier ist im Besonderen der Baustoffporosität Beachtung zu schenken. So erfüllen die in den Bestandsgebäuden vorliegenden Materialien (Putze, Estrichmörtel oder Betone) häufig nicht die Anforderungen an die Porosität, die heutige zementgebundene Baustoffe erfüllen müssen. Häufig weisen diese Materialien Gesamtporositäten von bis zu 20 Vol.-Prozent auf, womit die Porositätsanforderungen (geringer oder gleich 10 Vol.-Prozent bei Materialien, die 90 Tage alt oder älter sind) in erheblichem Maße überschritten werden. Dies ist darauf zurückzuführen, dass die heute zu sanierenden Behälter in der Regel mehrere Jahrzehnte alt sind und der Porosität der Baustoffe zum damaligen Bauzeitpunkt noch kein so großes Gewicht beigemessen wurde. Bei derartig hohen Baustoffporositäten besteht ein deutlich erhöhtes Risiko dafür, dass die Klinkerphasen in diesen Bereichen bei Wasserzutritt (z. B. bei kleinen Fehlstellen in der Beschichtung) hydrolytisch gespalten werden. In der Konsequenz wird der pH-Wert der zementgebundenen Baustoffe in diesen Bereichen mit der Zeit abgesenkt und das Risiko des biogenen Bewuchses steigt. Gerade die deutliche Überschreitung der maximal zulässigen Baustoffporositäten ist, neben der Unterschreitung der erforderlichen Abreißfestigkeiten, häufig ausschlaggebend für die Notwendigkeit, die auf den Innenseiten der Behälter zum Teil in früheren Jahren eingesetzten Putze oder Estrichmörtel im Rahmen der Sanierung vollständig zu entfernen.

Nachweis der Entsorgungsfähigkeit

Bei beschichteten Trinkwasserbehältern ist auch der Entsorgungsfähigkeit der ab-

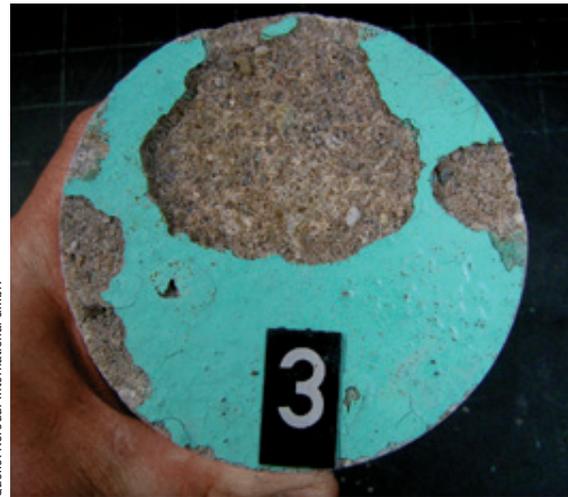


Abb. 2: Detailbild der Zermürbung des zementgebundenen Baustoffes unterhalb der Beschichtung



Abb. 3: Braune Verfärbungen auf der beschichteten Innenwand eines Trinkwasserbehälters

getragenen Materialien im Rahmen einer sachgerechten Instandsetzungsplanung Beachtung zu schenken. So wurden über viele Jahrzehnte PCB-haltige Beschichtungen auf Innenflächen von Trinkwasserbehältern eingesetzt. Bei der Entsorgung dieser Materialien sind besondere Vorkehrungen zu treffen. Da auch die Kontamination der an die Beschichtung angrenzenden Putze, Estrichmörtel oder Betone mit den PCB möglich ist, muss zudem klärt werden, bis in welche Tiefe eine PCB-Kontamination vorliegt. Die Beantwortung dieser Frage wird gegebenenfalls maßgeblich die Entsorgungskosten beeinflussen.

Sanierungskonzepte

Bei der Festlegung der Sanierungsziele sind, wie bereits erläutert, sowohl die betontechnologischen Anforderungen als auch die Forderungen aus dem Trinkwas-



Abb. 4: Direkt unterhalb der Betonoberfläche liegender, korrodierter Bewehrungsstahl

serschutz zu beachten. Hieraus resultiert die Forderung, im Rahmen der Sanierung eine ausreichend dicke und hochwertige (d. h. dichte) Betondeckung herzustellen, die sowohl den Korrosionsschutz sicherstellt als auch geeignet ist, den biogenen Bewuchs zu verhindern.

Anforderungen an zementgebundene Beschichtungen

Grundsätzlich kommt eine Vielzahl von Varianten in Frage, mit denen die Behälterinnenseiten zu sanieren sind, allerdings wird im Folgenden nur auf die Sanierung unter Verwendung zementgebundener Beschichtungen eingegangen. Gerade diese haben im Trinkwasserbereich eine hundertjährige Tradition und haben sich für diesen Anwendungsbereich sowohl aufgrund ihrer technischen Eigenschaften als auch aufgrund der trinkwasserhygienischen Unbedenklichkeit sowie der Sanierungskosten bewährt. So haben Spritzmörtel und Beschichtungen auf Zementbasis den Vorteil, dass diese auf feuchten Untergründen gut haften und in feuchter Umgebung vollständig aushärten. Weiterhin lassen sich bei Verwendung dickschichtiger Systeme gezielt glatte und porenfreie Oberflächen auch bei unebenen Untergründen herstellen. Die eingesetzten Sanierungsmaterialien müssen dabei die Anforderungen des DVGW-Arbeitsblattes W 300 in Verbindung mit dem DVGW-Arbeitsblatt W 347 [5] (hygienische Anforderungen) und dem DVGW-Arbeitsblatt W 270 [6] (Mikroorganismen) erfüllen. Neben anderen

Eigenschaften müssen die Sanierungsmaterialien einen möglichst großen Hydrolysewiderstand aufweisen, der in erster Linie über dessen Dichtigkeit und Porosität gesteuert wird.

Weitergehende Anforderungen an zementgebundene Beschichtungen

Neben den Anforderungen der technischen Regelwerke werden in einigen Ausschreibungen immer wieder weitergehende Anforderungen an die Sanierungsmaterialien genannt, die nicht aus den relevanten technischen Regelwerken stammen. Hier finden sich z. B. Anforderungen an

- den Calciumhydroxidgehalt (> 4 M.-Prozent) und den pH-Wert (> 11),
- den Calciumcarbonatgehalt (> 7 M.-Prozent) sowie
- an den E-Modul (≤ 25.000 N/mm²)

des Sanierungsmörtels. Im Hinblick auf die Qualität und Eignung zementgebundener Auskleidungsmörtel sind diese Eigenschaften ausdrücklich nicht im DVGW-Arbeitsblatt W 300 [1] enthalten. Somit handelt es sich hierbei nicht um technische Standardanforderungen an die Sanierungsmörtel, sondern um Sonderwünsche des Auftraggebers, die auch zu einer Kostensteigerung der Produkte beitragen, ohne dass hiermit, wie nachfolgend erläutert, eine signifikante Qualitätssteigerung erreicht wird.

Calciumhydroxidgehalt und pH-Wert: Calciumhydroxid entsteht in jedem zementgebundenen Baustoff durch die fortschreitende Reaktion der Calciumsilikate mit Wasser, wobei sich annähernd unabhängig von der Rezeptur des Betons bzw. Mörtels ein pH-Wert üblicherweise im deutlich alkalischen Bereich von 12,5 bis 13 (und damit größer als 11) einstellt. Dieser hohe pH-Wert trägt wesentlich sowohl zur Dauerhaftigkeit des Stahlbetons (Passivierung des Bewehrungsstahls) als auch zur Erhaltung der Wasserqualität in Trinkwasserbehältern (Vermeidung der Hydrolyse) bei. Der Nachweis des pH-Wertes kann auf sehr einfachem Wege mittels Indikatorpapier am Zementleim oder durch Ansprühen frischer Bruchflächen des ausgehärteten Materials mit Phenolphthalein erfolgen. Eine über den pH-Wert hinausgehende Anforderung an den Calciumhydroxidgehalt ist vor diesem Hintergrund weder erforderlich noch sinnvoll.

Calciumcarbonatgehalt: Zementgebundene Sanierungsmörtel weisen im Normalfall nur geringe Calciumcarbonatgehalte auf. Nur, wenn diese Mörtel unter Verwendung von Kalksteinmehl als Zusatzstoff bzw. kalksteinhaltigen Gesteinskörnungen hergestellt werden, resultieren daraus höhere Calciumcarbonatgehalte. Mindestgehalte an Calciumcarbonat im Sanierungsmörtel werden bei Trinkwasserbehältern in bestimmten Kreisen vor dem Hintergrund der Steigerung des chemischen Widerstandes gegenüber kalklösender Kohlensäure diskutiert. So ist es rich-



Abb. 5: Innenansicht eines sanierten Trinkwasserbehälters

tig, dass Kalksteinmehle durch Säuren (z. B. auch durch kalklösende Kohlensäure) gelöst werden und dadurch auch Säure in gewissen Grenzen verbraucht wird. In der Konsequenz resultiert auch ein reduzierter Angriff auf den Zementstein. Allerdings wird dabei nicht bedacht, dass auch das Herauslösen des Kalksteinmehls aus dem Mörtelgefüge zu einer signifikanten Aufrauung der Mörteloberflächen und damit zur Steigerung der Gefahr des biogenen Bewuchses führt.

Aus den genannten Gründen ist zusammenfassend festzustellen, dass weder hinsichtlich der Betontechnologie noch des Erhalts der Trinkwasserqualität (Erhalt einer glatten Oberfläche durch Steigerung des Widerstandes gegenüber Säureangriffen) ein Vorteil bei Verwendung kalksteinhaltiger Ausgangsstoffe besteht. Genau aus diesem Grunde finden sich auch weder in der RILI-SIB [2] noch im DVGW-Arbeitsblatt W 300 [1] Anforderungen daran, dass Kalksteinmehle zur Herstellung dieser Sanierungsmörtel eingesetzt werden sollten.

E-Modul: Geringe E-Moduli von Sanierungsmörteln wirken sich tendenziell günstig auf die Reduzierung der Rissbildung aus. Allerdings sind auch Sanierungsmörtel mit höheren E-Moduli ohne Weiteres schadensfrei einzusetzen, weshalb eine Begrenzung des E-Moduls der Sanierungsmörtel in der Sanierung von Stahlbetonbauteilen nach RILI-SIB [2] keinerlei Erwähnung findet. Wie

die Ausführungen zeigen, ist nicht nachvollziehbar, welcher Nutzen für einen Betreiber von Trinkwasserbehältern resultiert, wenn er in der Ausschreibung die aufgeführten Anforderungen bestellt.

Resümee

Gerade weil bei Trinkwasserbehältern sowohl betontechnologische Fragestellungen als auch Fragen des Trinkwasserschutzes zu beachten sind, ist bei der Sanierungsplanung ein ausreichendes Maß an Erfahrung mit dem technischen Regelwerk erforderlich. Die Wahl der Sanierungsvariante hängt dabei häufig stark von den Vorgaben des Betreibers ab. Insgesamt ist aber festzustellen, dass es sich bei der Sanierung mit zementgebundenen Beschichtungen um eine sehr gut bewährte und nachhaltige Sanierungsvariante handelt, deren Anwendung nicht nur zur Herstellung dauerhafter Behälter führt, sondern häufig eine Vielzahl von weiteren Vorteilen mit sich bringt (Abb. 5):

- physiologische und hygienische Unbedenklichkeit der Produkte
- Dauerhaftigkeit der Behälterflächen
- Schutz der Konstruktion durch Wiederherstellung der Betondeckung, Realkalisierung der sanierten Bereiche sowie statische Verstärkung der Konstruktion
- gegebenenfalls strukturierte Deckenuntersicht bei starker Kondenswasserbildung
- unproblematische Entsorgung am Ende der Verwendungsdauer

- langjährige Erfahrung
- kosteneffiziente Sanierung
- wirtschaftliche Unterhaltskosten ■

Literatur:

- [1] DVGW-Arbeitsblatt W 300 „Wasserspeicherung – Planung, Bau, Betrieb und Instandhaltung von Wasserbehältern in der Trinkwasserversorgung“ (Fassung Juni 2005).
- [2] DAfStb-Richtlinie „Schutz und Instandsetzung von Betonbauteilen“ (Fassung Oktober 2001).
- [3] ZTV-Ing. „Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Ingenieurbauten“ (Fassung April 2010).
- [4] Vortragsveranstaltung der TU Kaiserslautern „Trinkwasserspeicherung: Spezielle Anforderungen und Erfahrungsberichte“ vom 29. März 2012.
- [5] DVGW-Arbeitsblatt W 347 „Hygienische Anforderungen an zementgebundene Werkstoffe im Trinkwasserbereich – Prüfung und Bewertung“ (Fassung Mai 2006).
- [6] DVGW-Arbeitsblatt W 270 „Vermehrung von Mikroorganismen auf Werkstoffen für den Trinkwasserbereich – Prüfung und Bewertung“ (Fassung November 1999).

Der Autor

Dr. rer. nat. Karl-Uwe Voß ist Institutsleiter und Geschäftsführer bei der Materialprüfungs- und Versuchsanstalt Neuwied.

Dr. rer. nat. Karl-Uwe Voß
MPVA Neuwied GmbH
Sandkauler Weg 1
56564 Neuwied
Tel.: 02631 3993-0
Fax: 02631 3993-40
E-Mail: info@mpva.de
Internet: www.mpva.de

Sanierung und Beschichtung

Flint Seit 60 Jahren
Ihr zuverlässiger Partner für Trinkwasserbehälter
seit 1948

DAS BAUTENSCHUTZSYSTEM



Flint Bautenschutz GmbH, 32758 Detmold
Tel. (05231) 96 09-0, www.flint.de, info@flint.de



1/8 Quast

1/8 Wiedemann