

Stand der Bautechnik
des Trinkwasser-
behälterbaus 2010



Betonbauwerke in der Trinkwasserspeicherung

Instandhaltungs- und Auskleidungsprinzipien nach dem DVGW-Regelwerk

Quelle: Stadwerke Bochum GmbH

In Deutschland werden derzeit schätzungsweise 10.000 Wasserspeicher in der Trinkwasserversorgung betrieben, hinzu kommt eine Vielzahl von Behältern für industrielle oder landwirtschaftliche Anwendungen. Hierbei handelt es sich überwiegend um erdüberdeckte Konstruktionen aus Beton, die zur Sicherstellung der Trinkwasserhygiene und der Dauerhaftigkeit der Konstruktion mit einer Auskleidung versehen werden müssen. Aus diesem Grunde werden andere Konstruktionen, z. B. aus Stahl, im DVGW-Regelwerk nicht behandelt, das Regelwerk ist aber sinngemäß anzuwenden [1, 2].

Die Geschichte der Trinkwasserspeicherung ist über 120 Jahre alt, sodass ein sehr breites Spektrum an Bauweisen und Baustoffen vorliegt. Diese Vielfalt begründet eine umfassende Regelung von verschiedenen Auskleidungsvarianten und erfordert ein umfassendes Wissen über die Baustoffe, Baukonstruktionen sowie die chemisch-physikalischen Zusammenhänge und die Hygieneanforderungen.

Einhergehend mit der Verbreitung der Trinkwasserspeicherung zum Ende des vorletzten Jahrhunderts ging die Entwicklung der Betontechnologie und dem Betonbau. Bereits in der Antike war die Erstellung großer wasserdichter Bauwerke eine Herausforderung und hat die Ge-

schichtsschreiber beeindruckt, sodass es naheliegt, dass die hohen Anforderungen an die Trinkwasserspeicher die Bautechnik damals wie heute beeinflussen [3].

1868 beschreibt W. Michaelis in dem Standardwerk der Betontechnologie „Die hydraulischen Mörtel“ die Zusammensetzung von Rohstoffgemischen. 20 Jahre später berichtet er über Untersuchungen an einem Trinkwasserbehälter in Leipzig, in dem verschiedene Mörtelauskleidungen untersucht wurden. Dort wurde festgestellt, dass bindemittelreiche glatte Putze gegen kohlenstoffhaltige Wässer beständiger sind als „raue magere Putze“, und auf einen „Zementglattstrich“ als Oberflächenvergütung hingewiesen. Es wurde auch berichtet, dass sich der nicht vollständig gesinterte kalkreichere Romanzement beständiger erwies als der Portlandzement.

Auf Grund ihrer Bedeutung im Versorgungsnetz und ihrer häufig exponierten geodätischen Lage werden viele Trinkwasserbehälter von ihrer Erbauung an ohne Unterbrechung betrieben, sodass sich die in **Abbildung 1** aufgezeigte Altersstruktur solcher Bauwerke unter der stark vereinfachten Annahme einer stetigen Entwicklung der Netze abschätzen lässt. Danach entsprechen etwa 60 Prozent der Konstruktionen nicht den Anforderungen des heutigen Regelwerks, und bei den rest-

lichen 40 Prozent sind noch weitere Einschränkungen notwendig.

Für die richtige Wahl der Instandsetzungsprinzipien und der Auskleidungstechnologie bestand in den zurückliegenden Jahren und auch heute noch eine große Verunsicherung bei Betreibern, Planern, Fachunternehmen und Materialherstellern. Fehlschläge der vergangenen Jahrzehnte mit teils unausgereiften Materialentwicklungen und nicht erschöpfende Regelwerke machten die Materialwahl häufig zu einer Qual. Das neue DVGW-Arbeitsblatt W 312 soll insbesondere durch klar strukturierte Anwendungsgrundsätze dazu beitragen, diese Verunsicherungen zu beseitigen.

Anwendungsgrundsätze zur Instandsetzung von Trinkwasserbehältern aus Beton

Eine deutliche Verbesserung wird durch das neu überarbeitete DVGW-Arbeitsblatt W 312 „Wasserbehälter – Maßnahmen zur Instandhaltung“ geschaffen. Das Arbeitsblatt W 312 ist im Kontext der Regelwerke W 270, W 300, W 316, W 347 sowie DIN 1045, DIN EN 1504, DIN EN 1508 und der Instandsetzungsrichtlinie des Deutschen Ausschusses für Stahlbeton eingebettet [4 bis 9] und liefert wichtige Hinweise zu der richtigen Vorgehensweise bei der Planung und den technischen und hygienischen Rahmenbedingungen für die In-

standsetzungsmaßnahmen. Bei den Anwendungsprinzipien muss zwischen

- Instandsetzungsprinzipien zur Sicherstellung der statisch-konstruktiven Stand-sicherheit und
- Auskleidungsprinzipien zur Sicherstellung der Trinkwasserhygiene

differenziert werden.

Korrosionsschutz der Bewehrung (Instandsetzungsprinzip R)

Auf Grund bauaufsichtlicher Anforderungen muss beachtet werden, dass Trinkwasserbehälter bauliche Anlagen im Sinne der Landesbauordnungen sind und stand-sicher betrieben werden müssen. Daher müssen alle Anforderungen, die die Stand-sicherheit und Dauerhaftigkeit der Kon-struktion betreffen, konsequent beachtet und sichergestellt werden.

Die überwiegende Mehrzahl der Trink-wasserspeicher sind Betonbauwerke, deren Standsicherheit in der jeweils gültigen Fassung der „Betonnorm“ DIN 1045 [7] und den nachgeordneten Normen sowie der Richtlinie zur Betoninstandsetzung [10] geregelt ist. Ältere Behälter entsprechen den heutigen Anforderungen nicht und müssen entsprechend „aufgerüstet“ werden. Dies betrifft insbesondere die Beton-überdeckung an Decken, Gewölben, Stüt-zen oder Unterzügen. **Abbildung 2** gibt einen Überblick über die historische Ent-wicklung der Mindestbetondeckung für einen Trinkwasserbehälter nach den jewei-ligen früheren „Betonnormen“. Die zeitliche Zuordnung der Erbauungsgeschichte eines Behälters liefert bereits erste Rück-schlüsse auf die absehbaren Instandset-zungsmaßnahmen.

In W 300 wird für den Neubau eine Beton-deckung von mindestens 45 Millimeter ge-fordert. Diese Festlegung ergibt sich aus der Anforderung der Expositionsklassen XC 4 und XM 1 und den Anforderungen an die Dichtigkeit des Betons. Moderne zementgebundene Materialien sind deut-lich dichter als der Beton, sodass bei der Instandsetzung die Expositionsklasse XC 2 und XM 1 angewendet werden kann. Dann ergibt sich eine Mindestbetonde-ckung XC 2/XM 1 von 40 Millimetern. Diese Anforderungen müssen im Einzelfall durch einen sachkundigen Planer festgelegt werden. Es wird leicht ersichtlich, dass die Er-höhung der Betondeckung zum Korrosi-onsschutz der Bewehrung ein wichtiges In-standsetzungsprinzip darstellt. Hierzu wird in DVGW W 312 das Instandsetzungsprin-

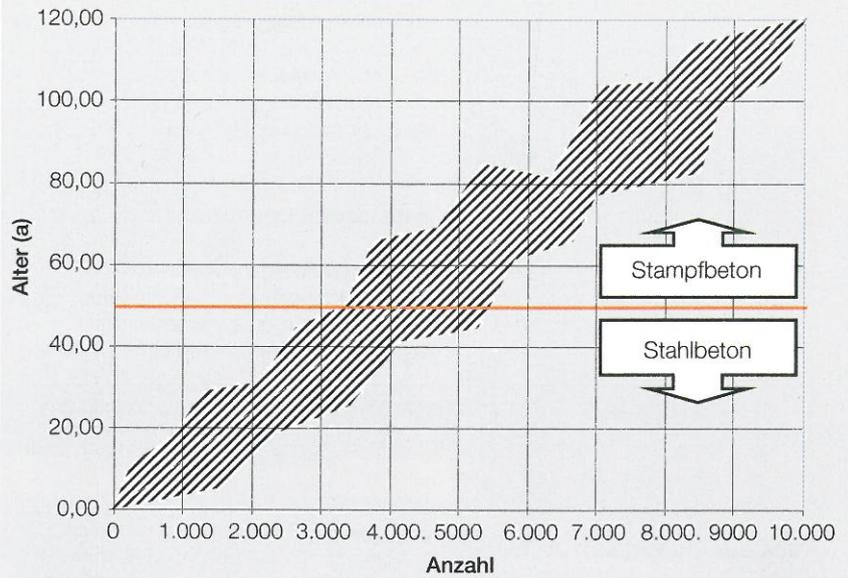


Abb. 1: Altersstruktur der Wasserkammern (Prinzipdarstellung)

Quelle: Breitbach

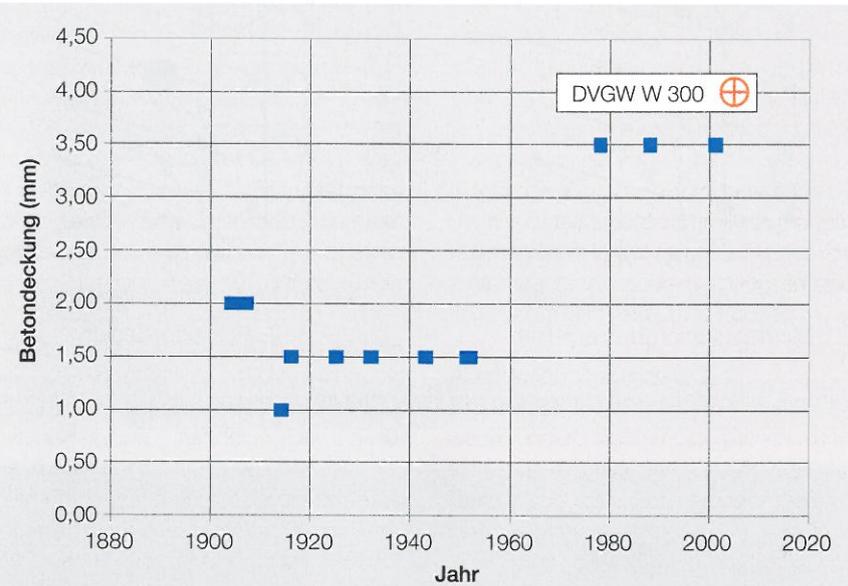
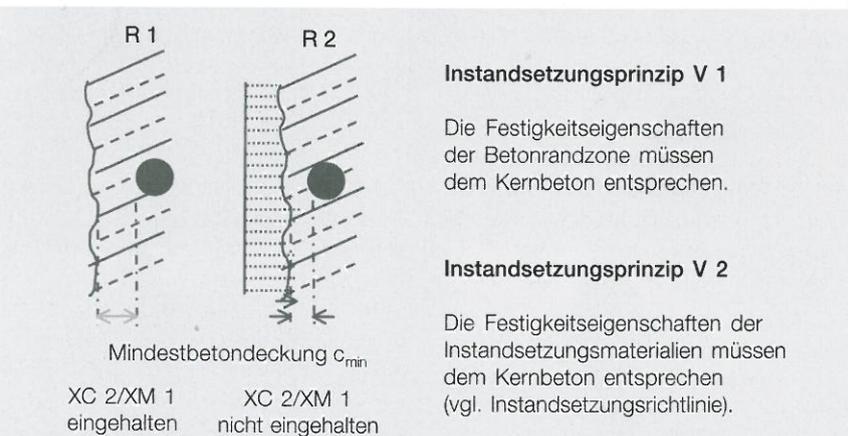


Abb. 2: Historische Festlegungen der Betondeckung in den „Betonnormen“

Quelle: Breitbach



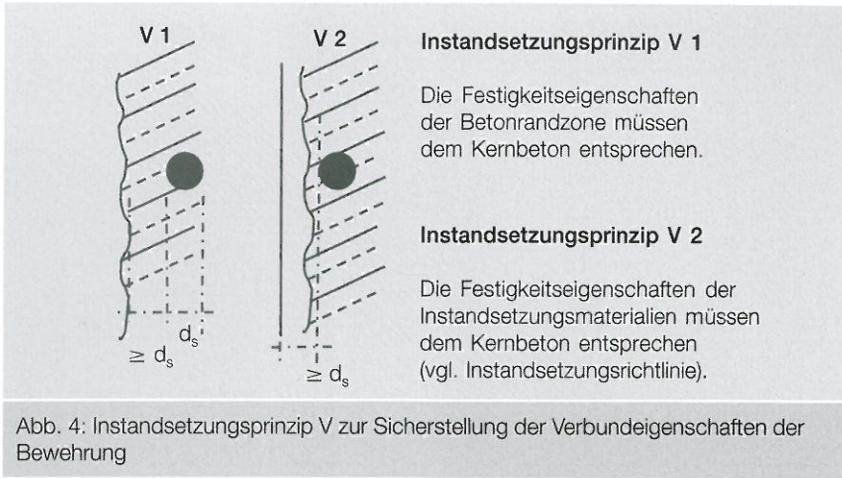


Abb. 4: Instandsetzungsprinzip V zur Sicherstellung der Verbundeigenschaften der Bewehrung

Quelle: Breitbach [11]

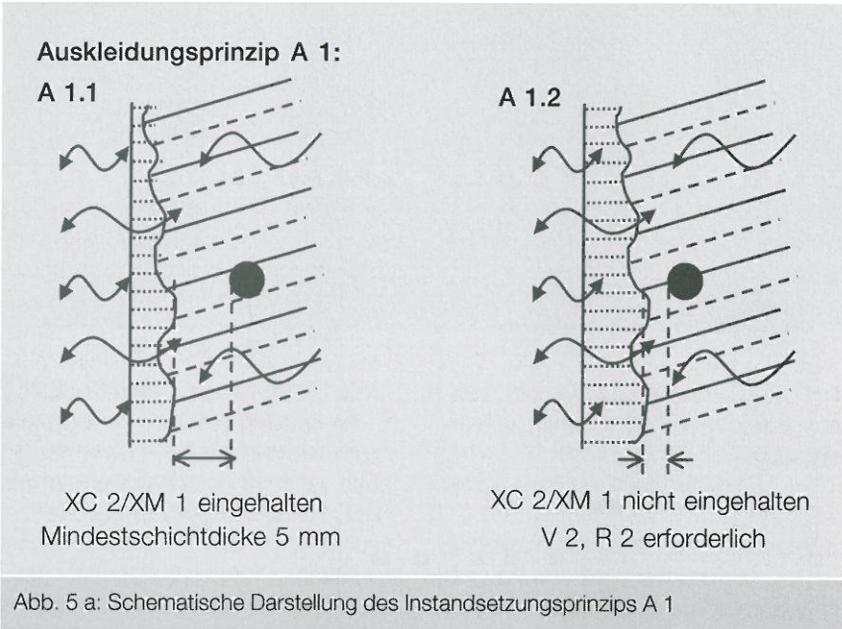


Abb. 5 a: Schematische Darstellung des Instandsetzungsprinzips A 1

Quelle: Breitbach [11]



Abb. 5 b: Anwendungsbeispiel des Instandsetzungsprinzips A 1.2 mit einer mineralischen Beschichtung

Quelle: markE AG Hagen

zip R (Korrosionsschutz der Bewehrung durch Wiederherstellung des alkalischen Milieus) festgelegt (Abb. 3), welches sich unmittelbar aus DIN 1045 und der Instandsetzungsrichtlinie ableitet.

In Trinkwasserbehältern bietet sich vielfach auf Grund des Erfordernisses einer Erhöhung der Betondeckung die Wiederherstellung eines alkalischen Milieus zum Korrosionsschutz der Bewehrung an. Durch den hohen pH-Wert zementgebundener Beschichtungen werden durch Diffusionsvorgänge Randbereiche des Altbetons realkalisiert und auf Grund der heute sehr dichten Mörtel kann der Korrosionsschutz über lange Zeiträume sichergestellt werden. Je nach Erfordernis sind auch lokale Reparaturmaßnahmen mit anderen Materialien möglich [10], es müssen aber immer die Anforderungen der geltenden Normen an die Qualität der Betonrandzone (Dicke, Festigkeit, Dichtigkeit) sowie die Hygieneanforderungen an die Instandsetzungsmaterialien (W 270, W 347, KTW bzw. UBA-Leitlinien) beachtet werden.

Die günstige Wirkung von zusätzlichen Oberflächenschutzmaßnahmen, z. B. eine weitere Beschichtung oder eine vorgehängte Auskleidung, darf nach der Instandsetzungsrichtlinie [10] nicht in Rechnung gestellt werden. Auskleidungssysteme ersetzen die zuvor genannten Anforderungen nicht automatisch, sodass die Instandsetzungsprinzipien zur Betoninstandsetzung immer unabhängig von der späteren Auskleidung zu planen und falls erforderlich zu realisieren sind.

Verbundwirkung der Bewehrung (Instandsetzungsprinzip V)

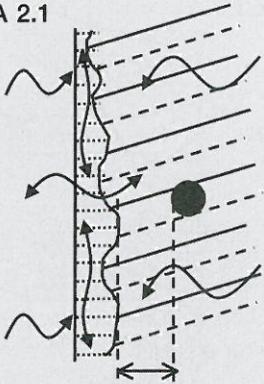
Der Verbund zwischen Bewehrung und Beton ist eine wesentliche Voraussetzung für die Stahlbetonbauweise. Auf Grund der Rip-pung der Betonstähle werden Zugkräfte über Druckstreben in den Beton abgeleitet. Damit die Betonrandzone nicht abgesprengt wird, müssen die statisch erforderliche Betondeckung mindestens dem Durchmesser der statisch wirksamen Bewehrung (d_s) und die Festigkeitseigenschaften der Betonrandzone denjenigen des Kernbetons entsprechen. Dieses Instandsetzungsprinzip ist für viele Decken und Stützen in Behältern zutreffend und daher aus DIN 1045 übernommen worden (Abb. 4). Hieraus leiten sich weiter wesentliche Anforderungen an die Instandsetzungsmaterialien ab.

Auskleidungsprinzipien

Unter der Auskleidung in einem Trinkwasserbehälter versteht man die Ober-

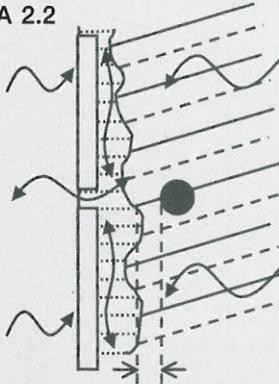
Auskleidungsprinzip A 2:

A 2.1



XC 2/XM 1 eingehalten

A 2.2



XC 2 nicht eingehalten
V 2, R 2 erforderlich

Abb. 6 a: Schematische Darstellung des Instandsetzungsprinzips A 2

Quelle: Breitbach [11]



Abb. 6 b: Anwendungsbeispiel des Instandsetzungsprinzips A 2.2 mit einer keramischen Auskleidung

Quelle: Breitbach

flächen, die unmittelbar oder mittelbar, z. B. über Kondenswasser oder Be- und Entlüftungskanäle, mit dem Trinkwasser in Kontakt treten. Hierbei ist zwischen Auskleidungen mit flächigem Verbund, Beschichtungen und Auskleidungen mit punktuell Verbund, Formteile zum Konstruktionsuntergrund zu differenzieren.

Mineralische oder organische Beschichtungen werden vollfugig auf den zuvor durch Strahlen (Sandstrahlen, Hochdruckwasserstrahlen) vorbereiteten Untergrund appliziert. Bei sachgerechter Ausführung wird eine flächige Adhäsion ohne Hohlstellen erzeugt.

Formteile aus Kunststoff (Folien, Platten) oder Metall (Edelstahl) werden über punktuelle Halterungen bzw. Abstandshalter am Untergrund angeordnet, sodass sich ein planmäßiger Spalt zwischen der Auskleidung und dem Beton ergibt.

Die Wahl der Auskleidung hat Einflüsse auf Instandsetzungsprinzipien und die bauphysikalisch-bauchemischen Wechselwirkungen zwischen Auskleidung und Betonuntergrund. Daher werden in DVGW W 312 die Auskleidungsklassen schematisch als Auskleidungsprinzipien A 1 bis A 4 aufbereitet [11]. Jedes Instandsetzungsprinzip wird in zwei Unterklassen unterteilt, wobei die erste Grundsatzlösung jeweils davon ausgeht, dass die Anforderungen an die Instandsetzungsprinzipien R und V (Abb. 3 und 4) eingehalten sind und dass es sich ausschließlich um eine technische Oberfläche zur Sicherstellung der Trinkwasserhygiene handelt. Die zweite Grundsatzlösung behandelt den Fall, dass die Betondeckung zur Sicherstellung des Korrosionsschutzes der Bewehrung oder der Verbundeigenschaften erhöht werden muss. Im Einzelfall sind die Expositionsklassen nach DIN 1045 für die ungünstigste Stelle im Behälter festzulegen.

Auskleidungsprinzip A 1

Das Prinzip beruht auf der Herstellung wasserundurchlässiger Oberflächen mit Instandsetzungsmaterialien, die vergleichbare oder ähnliche Diffusionseigenschaften aufweisen wie der Betonuntergrund. Hiermit sind zementgebundene Beschichtungen gemeint, die nicht empfindlich auf die Feuchtesituation des Untergrundes reagieren und in der Regel auch den Anforderungen der Instandsetzungsprinzipien R und V genügen (Abb. 5 a und b).

Auskleidungsprinzip A 2

Das Prinzip beruht auf der Herstellung wasserundurchlässiger Oberflächen mit Instandsetzungsmaterialien, die im Vergleich zum Betonuntergrund diffusionshemmende Eigenschaften aufweisen (Abb. 6 a und b). Diffusionshemmende Eigenschaften können z. B. bei zementgebundenen Werkstoffen mit hohen Kunststoffzusätzen (Abb. 6 a links) oder durch Fliesenauskleidungen ►

(Abb. 6 b rechts) hervorgerufen werden. Zu beachten sind hierbei der Dampfdruck aus dem Untergrund und lokal konzentrierte Transportvorgänge zwischen dem Trinkwasser und dem Untergrund. Bei keramischen Auskleidungen entfällt die Anforderung der Expositionsklasse XM 1, sodass die Mindestbetondeckung auf 35 Millimeter reduziert werden kann.

Auskleidungsprinzip A 3

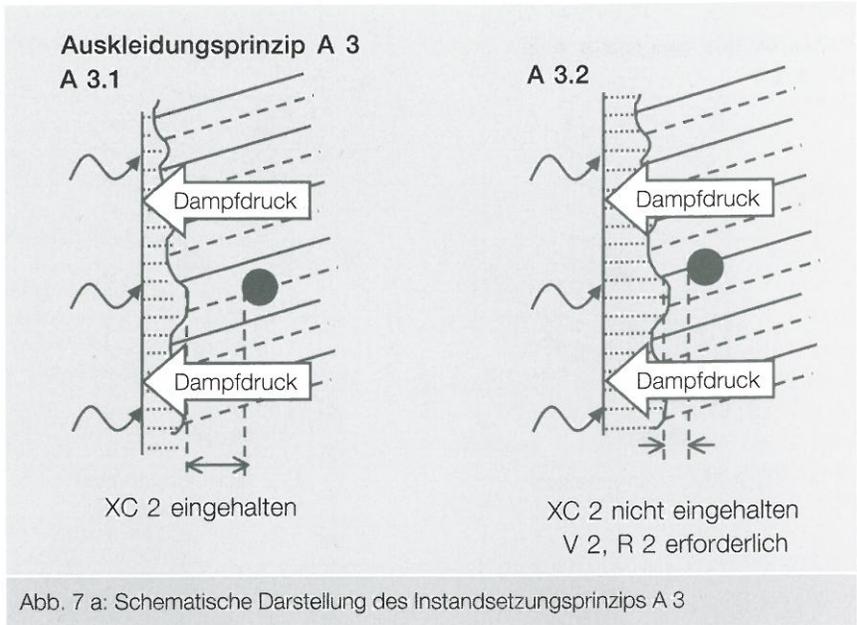
Das Prinzip beruht auf der Herstellung diffusionsdichter Auskleidung mit Instandsetzungsmaterialien, die im flächigen Verbund mit dem Konstruktionsbeton aufgebracht werden (Abb. 7a und b). Bei diesem Auskleidungsprinzip handelt es sich um lösemittelfreie Epoxidharzbeschichtungen, die mit hohen Temperaturen und Härtungsgeschwindigkeiten aufgebracht werden. Bei diesen Beschichtungen wird in der Regel zuvor eine Ausgleichsschicht aufgebracht, die den Dampfdruck abbaut und damit die Gefahr der Blasenbildung reduziert. Wie bei den keramischen Belägen entfällt die Expositionsklasse XM 1.

Auskleidungsprinzip A 4

Das Prinzip beruht auf der Herstellung diffusionsdichter Auskleidung mit Instandsetzungsmaterialien, die einen Hohlraum und keinen flächigen Verbund zum Konstruktionsbeton aufweisen (Abb. 8 a und b). Als Auskleidungsmaterialien kommen Edelstahl, Kunststofffolien bzw. -platten in Frage. Auch hier entfällt die Expositionsklasse XM 1. Auf Grund des entstehenden Hohlraums müssen die bauphysikalischen Verhältnisse sorgfältig untersucht und in bestimmten Situationen muss eine Umkehrdiffusion in Betracht gezogen werden; in dem Spalt kann z. B. bei undichten Konstruktionen oder dem Belassen polymerer Altbeschichtungen ein korrosives oder biologisches Milieu entstehen.

Ausblicke

Im Rahmen dieses kurzen Beitrages konnte lediglich über die Systematik der Instandsetzungs- und Auskleidungsprinzipien nach dem künftigen Regelwerk berichtet werden. Hierbei sollte auch verdeutlicht werden, dass die Überlegungen

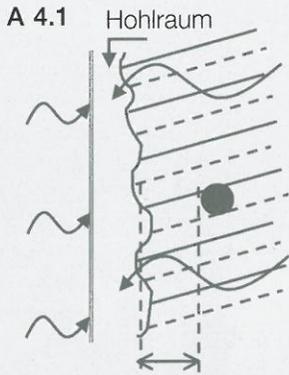


zu diesen Grundsätzen im DVGW-Regelwerk aus den Regelwerken der „Betonnormen“ abgeleitet werden. Ein weiterer Beitrag wird sich mit der Frage der Untergrundeigenschaften und der Methoden zur Anpassung von Festigkeitseigenschaften an ungeeignete Untergründe befassen.

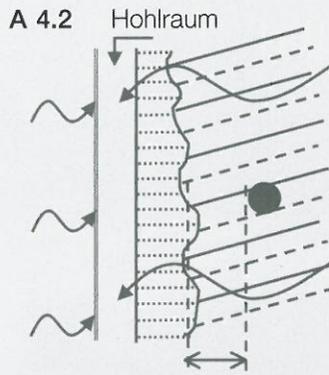
Alle Bau- und Bauhilfsstoffe, die unmittelbar mit dem Trinkwasser oder indirekt über

Fugen, Spalten, Klüftungen, Kiesnester oder Diffusion und insbesondere über Fehlstellen, Beschädigungen der Oberflächen oder langzeitige Werkstoffveränderungen in Kontakt treten können, müssen den trinkwasserhygienischen Anforderungen der Regelwerke W 270, W 347, KTW bzw. UBA-Leitlinien genügen. Daher müssen auch die Werkstoffe für die Instandsetzungsprinzipien (z. B. Korrosionsschutz oder Reprofillierungsmörtel) und die Ober-

Auskleidungsprinzip A 4



XC 2 eingehalten



XC 2 nicht eingehalten
V2, R 2 erforderlich

Abb. 8 a: Schematische Darstellung des Instandsetzungsprinzips A 4



Abb. 8 b: Anwendungsbeispiel des Instandsetzungsprinzips A 4.2 mit Kunststoffplatten

flächen hinter vorgehängten Auskleidungen (z. B. Folien, Platten ...) diese Anforderungen erfüllen. Die Praxis lehrt, dass stagnierende Wässer hinter Auskleidungen (Beschichtungen und Formteile) eine hygienisch kritische Situation darstellen, in Hohlstellen oder in den Luftspalten zwischen vorgehängten Auskleidungen können sich bedenkliche Biofilme ausbilden. Die Pumpwirkung infolge der Füllstandsschwankungen führt zu Transportvorgängen, bereits

kleinste Kontaktstellen mit dem Trinkwasser können das Trinkwasser belasten.

Im Rahmen eines Gemeinschaftsforschungsvorhabens des DVGW an der TU Kaiserslautern und der FH Koblenz werden hierzu Anforderungen und Prüfpläne erarbeitet. Diese Ergebnisse fließen nach eingehender Beratung in den Ausschüssen des DVGW unmittelbar in das DVGW-Regelwerk ein.

Literatur

- [01] DVGW W 300: Wasserspeicherung – Planung, Bau, Betrieb und Instandhaltung von Wasserbehältern in der Trinkwasserversorgung
- [02] DVGW W 312: Wasserbehälter – Maßnahmen zur Instandhaltung
- [03] Merk, G.: Trinkwasserbehälter – Planung, Bau, Betrieb, Schutz und Instandsetzung. Oldenbourg Industrieverlag (2005)
- [04] DVGW W 270: Vermehrung von Mikroorganismen auf Werkstoffen für den Trinkwasserbereich – Prüfung und Bewertung
- [05] DVGW W 316-1: Instandsetzung von Trinkwasserbehältern – Qualifikationskriterien für Fachunternehmen
DVGW W 316-2: Fachaufsicht und Fachpersonal für die Instandsetzung von Trinkwasserbehältern; Lehr- und Prüfungsplan
- [06] DVGW W 347: Hygienische Anforderungen an zementgebundene Werkstoffe im Trinkwasserbereich – Prüfung und Bewertung
- [07] DIN 1045 Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton
Teil 1: Bemessung und Konstruktion
Teil 2: Beton – Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität – Anwendungsregeln zu DIN EN 206-1
Teil 3: Bauausführung
- [08] DIN EN 1504-1: Produkte und Systeme für den Schutz und die Instandsetzung von Betontragwerken – Definitionen, Anforderungen, Güteüberwachung und Beurteilung der Konformität – Definitionen
- [09] DIN EN 1508: Wasserversorgung – Anforderungen an Systeme und Bestandteile der Wasserspeicherung
- [10] DAfStb-Richtlinie: Schutz und Instandsetzung von Betonbauteilen
Teil 1: Allgemeine Regelungen und Planungsgrundsätze
Teil 2: Bauprodukte und Anwendung
Teil 3: Anforderung an die Betriebe und Überwachung der Ausführung
Teil 4: Prüfverfahren
- [11] Breitbach, M.: Instandhaltung von Trinkwasserbehältern nach Entwurf DVGW Arbeitsblatt W 312 (2004) unter besonderer Berücksichtigung der Anforderungen an die Materialien und Ausführungsschritte. 28. Wassertechnisches Seminar; Berichte aus Wassergüte- und Abfallwirtschaft Technische Universität München, Heft Nr. 183 – Seite 39-77 (2004)

Quelle: Breitbach [11]

Quelle: Ecolining GmbH

Autor:

Prof. Dr.-Ing. Manfred Breitbach
 Fachhochschule Koblenz
 Konrad-Zuse-Str. 1
 56075 Koblenz
 Tel.: 0261 9528-644
 Fax: 0261 9528-559
 E-Mail: breitbach@fh-koblenz.de
 Internet: www.fh-koblenz.de