

# Fachgerechte Reinigung und Desinfektion von Trinkwasserbehältern – Aktuelle Aspekte und Lösungen

**Reinigungsmittel, Trinkwasserbehälter, Werkstoffverträglichkeit, Säure, Tenside, Schaumfilm, biologische Abbaubarkeit**

Wasserversorgung, Trinkwasserbehälter, Reinigung, Desinfektion, Lösungsansätze

Christian Schauer und Angela Kampe

*Die im letzten Jahr aktuell veröffentlichten Studien von TZW (DVGW-Technologiezentrum Wasser) und Forschungszentrum Karlsruhe zum Thema der Auswirkungen von Reinigungsmitteln auf die mikrobiologische Beschaffenheit des gespeicherten Wassers und das Werkstoffverhalten zementgebundener Werkstoffe weisen gezielt auf ein Umdenken in der Anwendung von Reinigungschemikalien in Trinkwasserbehältern und eine Anpassung bzw. Änderung der gültigen Prüfrichtlinien hin. Im Folgenden werden die bisherigen fachlichen Erkenntnisse einzeln aufgeführt und moderne Lösungsansätze im praktischen Einsatz und in der Wirkung bzw. Materialverträglichkeit von Reinigungsmitteln vorgestellt.*

## **Professional Cleaning and Disinfection of Drinking Water Reservoirs – Current Aspects and Solutions.**

*The current studies of the TZW (DVGW-Technology Center Water) and Research Center Karlsruhe with the topics of the effects of cleaning agents on the micro-biological condition of the stored water and the material behavior of cement-bound materials published in the last year refer purposefully at a reorientation in the use of cleaning chemicals in drinking water reservoirs and a adjustment and change of the valid test guidelines respectively. Below the past technical expertises are itemised and modern solutions in the general applications and in the effect of cleaning agents and/or compatibility of materials are presented.*

## **1. Einleitung**

Seit vielen Jahren sind einige etablierte chemische Reinigungsmittel bei der Reinigung und Desinfektion von Trinkwasserbehältern im Einsatz. Kürzlich abgeschlossene Studien [1, 2] zeigen aber, dass hier in naher Zukunft Änderungen bei den entsprechenden Prüfrichtlinien [3] und bei der gezielten, problemorientierten und den jeweils örtlichen Gegebenheiten angepassten Verwendung von Reinigungschemikalien notwendig sind. Frühere Empfehlungen, den Wasserbehälter mindestens einmal jährlich zu reinigen [4], sind schließlich auch der praxisnahen Erkenntnis gewichen, dass die Kontrollen bzw. die zustandsorientierte Reinigung der Behälter durch die individuellen Vor-Ort-Parameter (z. B. Wasserinhaltsstoffe, Behälterwerkstoff, etc.) sowie die entsprechenden jahrelangen Erfahrungen des jeweiligen Wasserversorgers bestimmt werden [5]. Die verwendeten Materialien für die Oberflächenbeschichtung von Wasserkammern müssen dabei zur Vermeidung von hygienischen Problemen über die gültigen Eignungsnachweise für den Trinkwasserbereich entspre-

chend dem DVGW-Merkblatt W 347 oder den KTW-Leitlinien sowie ggf. dem DVGW-Merkblatt W 270 verfügen [6, 7, 8, 9].

## **2. Aktuelle Studie TZW**

In einer Studie vom DVGW-Technologiezentrum Wasser wurden die Auswirkungen von Reinigungsverfahren auf die mikrobiologische Beschaffenheit des gespeicherten Wassers unter Verwendung von Probeplatten verschiedener geeigneter Oberflächenmaterialien (Edelstahl, PE, kunststoffvergüteter Dünnschichtmörtel, anorganischer Spritzmörtel, etc.) untersucht. Zu diesem Zweck wurden die zu diesem Zeitpunkt im Markt verfügbaren unterschiedlichen Reinigungsmittel (Prüfbericht nach DVGW-Merkblatt W 319) entsprechend den Herstellerangaben getestet, ohne jedoch eine gezielte Einzelbewertung durchzuführen [1]. Die Ergebnisse dieses Forschungsprojektes lassen sich wie folgt zusammenfassen:

Durch die Verwendung von chemischen Reinigungsmitteln wird die Besiedelung auf den Oberflächen im

Hinblick auf Ihre Zusammensetzung beeinflusst, jedoch erfolgt keine signifikante Veränderung der gesamten Oberflächenbesiedelung. Damit hat die Reinigungsmaßnahme lediglich einen temporären Einfluss auf die mikrobiologische Besiedelung der Oberfläche.

Auf Beschichtungen, die rau und insbesondere reich an Poren sind – zementgebundene Werkstoffe – findet 24 Stunden nach der Reinigung eine Aufkeimung des Wassers statt, die bei der Reinigung mit Wasser nicht beobachtet wird. Dieser Effekt lässt nach Inbetriebnahme im Laufe der Zeit durch die erneute Einstellung des natürlichen Gleichgewichts zwischen gespeichertem Wasser und Oberflächenbesiedelung nach. Hierzu ist eine ausreichend gründliche Spülung mit Wasser nach der Reinigung unbedingt notwendig. Zugleich wird in den DVGW-Arbeitsblättern W 291 und W 319 aber auch auf den separaten Schritt einer Desinfektion der Oberfläche hingewiesen [3, 10]. Über die mögliche Quantifizierung des Ausdrucks „gründliche Spülung“ und deren Überprüfbarkeit wird später noch einiges anzumerken sein, da hier prinzipiell keine absolute Spülwassermenge angegeben werden kann.

Hingegen haben die verschiedenen Reinigungsverfahren auf vergleichsweise glatten Oberflächen keinen wesentlichen Einfluss auf die Qualität des gespeicherten Wassers. Das bedeutet, dass kein messbarer Unterschied zwischen der bloßen Wasserreinigung und der Reinigung mit chemischen Produkten feststellbar ist.

In der Praxis ist die Notwendigkeit der Verwendung von chemischen Reinigungsmitteln sorgfältig unter Berücksichtigung des Behälterzustandes abzuwägen und eventuell notwendige Reinigungsintervalle zustandsorientiert und nach den bisherigen, in den vorangegangenen Jahren gemachten Erfahrungen festzulegen [1]. Ergänzend zu diesem Punkt heißt es im DVGW-Merkblatt W 319, Kapitel 1 und 5.1: „*Schmierige Beläge oder Sedimente müssen in jedem Fall vollständig beseitigt werden. Festhaftende Beläge sind nur dann zu entfernen, wenn sie die Beschaffenheit des Wassers beeinträchtigen ... ist das Zusammenwirken der Reinigungsmittel mit den zu reinigenden Materialien und den zu entfernenden Belägen unter Berücksichtigung der örtlichen Verhältnisse zu überprüfen*“ [3]. Zusätzlich ist zu diesem Thema auch auf die konkreten Ausführungen unter Kapitel 3.2, 3.3 und über die Einsatzbereiche von Reinigungsmitteln in Kapitel 4.1 des entsprechenden DVGW-Merkblattes W 319 hinzuweisen [3].

Da alle berücksichtigten Reinigungsmittel über einen positiven Prüfbericht nach DVGW-Merkblatt W 319 verfügen, dieser momentane Stand der Prüfung aber nicht der potentiellen kurzfristigen Aufkeimung des Wassers vorbeugt, ist schon alleine aus diesem Grund eine Überarbeitung dieser Prüfrichtlinie zwingend anzuraten [1]. Als wesentlicher Punkt ist hier der Anteil an organischem Kohlenstoff zu nennen (Prüfung

nach DVGW-Merkblatt W 319, Kapitel 6.3.1: TOC), dessen Einfluss und Bedeutung (Festsetzung des Grenzwertes, reproduzierbare Zementmörteltestplatten, etc.), auch im Zusammenhang mit der fachgerechten Verwendung und Entfernung der Reinigungsmittel von der gereinigten Oberfläche, weiterhin zu überprüfen ist. Zu dieser Problematik werden noch bei den möglichen Lösungsansätzen entsprechende Fakten hinzugefügt. Dabei kann auch in vielen Fällen die schon oben erwähnte Durchführung einer nachfolgenden Desinfektion als 2. Schritt erfolgen (beschrieben im DVGW-Merkblatt W 291, DVGW-Merkblatt W 319, Kapitel 3.4: *Desinfektion und Reinigung ... Der zusätzliche Einsatz von Desinfektionsmitteln kann den Erfolg langfristig sichern (vgl. DVGW-Merkblatt W 291...) ...*) [3, 10], um Reste von Reinigungsmitteln, organische Verbindungen, etc., durch eine oxidative Oberflächenbehandlung zu entfernen, und auch eine nachhaltige Aufkeimung zu verhindern [11, 12, 13]. Dieser signifikante Effekt konnte auch in Vergleichstests bei dieser Studie nachgewiesen werden [1].

### 3. Untersuchung Forschungszentrum Karlsruhe

Als Ergänzung zu dieser Studie und auch als zukünftige mögliche Anregung für Anpassungen bzw. Änderungen im DVGW-Merkblatt W 319 ist zeitgleich der Einfluss von Reinigungsmitteln auf zementgebundene Beschichtungen von Trinkwasserbehältern untersucht worden (Materialabtrag, chemische Veränderung) [2]. Hierbei konnten neue Erkenntnisse über den Einfluss von sauren und pH-neutralen Reinigern auf säureempfindliche Zementwerkstoffe gewonnen werden. Eine chemisch bedingte Veränderung der Oberflächeneigenschaften kann durchaus auch das mikrobiologische Verhalten und damit die Funktion des Behälters negativ beeinflussen. Folgende Schlüsse lassen sich aus den Untersuchungsergebnissen im Zusammenhang mit der Reinigung ziehen:

Die mögliche Schädigung der Zementoberfläche durch saure Reiniger, die über drei Stufen erfolgt (1. Abbau der karbonatischen Deckschicht, 2. Gesteinskörnung wird sichtbar, 3. Freilegung der Gesteinskörnung/Absanden), wird wesentlich durch Art und Konzentration der Säure bestimmt, aber auch durch die Eigenschaften des entsprechenden zementgebundenen Werkstoffes. Selbst bei pH-neutralen Reinigern gibt es bei der Deckschicht noch ungeklärte leichte Veränderungen der Morphologie der Kalziumkarbonat-Kristalle. Beim Materialabtrag zeigen die Ergebnisse, dass der Abtrag nach 30 Reinigungszyklen (Nutzungsdauer von 30 Jahren) auch bei dem stärksten Angriff den Wert von 0,2 mm nicht überschreitet. Bei silikatischen Mörteln sind im Mittel lokal höhere Abtragsraten zu erwarten als bei karbonatischen Mörteln. In der Praxis ist somit selbst bei nicht ausreichend ausgebilde-

ter Deckschicht (abhängig von der Standzeit des Wassers im Behälter) der Einsatz von entsprechend verdünnten und dem Problem angepassten sauren Reinigern bei funktionsgerechten zementgebundenen Beschichtungen nicht mit einem höheren Abtrag oder nachhaltigen Schäden verbunden. Auf der anderen Seite muss aber auch sichergestellt werden, dass für die notwendige Wirkung (Art und Menge der Ablagerung, Haftung auf der Oberfläche) eine ausreichende Säurekonzentration vorhanden ist. Die Wirksamkeit steht damit dem möglichen Schädigungspotential saurer Reiniger gegenüber und muss bei der Auswahl des Reinigers bzw. Reinigungskonzeptes zwingend berücksichtigt werden [2]. Es wurde aber auch schon in früheren Untersuchungen über das Langzeitverhalten von zementgebundenen Beschichtungen festgestellt, dass die entstehenden Schadensbilder (Flecken) nicht auf die Anwendung saurer Reiniger zurückzuführen ist. Den Hauptbeitrag leistet die hydrolytische Korrosion, die einen gekoppelten Prozess aus Transport und chemischer Reaktion von Inhaltsstoffen des Wassers mit Bestandteilen der Beschichtung darstellt. Daneben kann der chemische Angriff auf den Werkstoff aber auch durch „weiches Wasser“ oder durch „kalklösende Kohlensäure“ erfolgen [2, 14, 15].

Weiterhin wurde auch die Aussage untersucht, dass „phosphorsaure“ Reiniger zu einer Abscheidung von unlöslichem Kalziumphosphat auf der Oberfläche und in den Poren führen und damit ein weiteres Eindringen von Säure verhindern (Schutzschicht, Konservierung). Durch oberflächenanalytische Verfahren, wie die Raman-Spektroskopie, konnte keine Phosphatschicht nachgewiesen werden (Fehlen ausgeprägter, charakteristischer Banden). Da die Bildung des unlöslichen Phosphats stark vom pH-Wert abhängig ist (pH 12) und bei der Applikation der Reinigung eine Neutralisationsreaktion stattfindet, die zu einer pH-Wert-Absenkung führt, ist es aufgrund der vorliegenden chemischen Gleichgewichte unmöglich, dass sich schwerlösliche Phosphate abscheiden können [2].

Um eine Aussage über die tatsächliche Reinigerwirkung (z. B. auf aufgebrauchte Ablagerungen) bzw. die Widerstandsfähigkeit der Beschichtung gegenüber dem Reinigungsmittel zu erhalten, sind vor allem die während der Studie entwickelten Titrationsversuche hervorzuheben. Bei dieser angewendeten Säure-Base-Titration wird einer alkalischen Lösung (in Wasser aufgeschlammte Beschichtung, evtl. auch Ablagerung) solange eine Säure (Reinigungsmischung) zugesetzt, bis als Folge der Neutralisation der pH-Wert 7 erreicht ist. Die ermittelten Werte stehen dann für die Lösekapazität (bei Ablagerung: Wirkung) jedes Reinigers, die dann auch miteinander verglichen werden könnten. [2]. Diese beiden wichtigen Eigenschaften eines Reinigers wurden bisher bei der Prüfung eines Reinigers gemäß DVGW-Merkblatt W 319 nicht berücksichtigt. Diese soll-

ten in Zukunft unter dem schon existierenden „Kapitel 5.3 Werkstoffverträglichkeit“ [3] wie auch einem neuen Gliederungspunkt „Wirkung“ o.ä. mit in das Merkblatt aufgenommen werden. Dadurch kann vor allem die Aussagekraft des DVGW-Merkblattes W 319 für Anwender (Wassermeister, Wasserversorger, etc.) wie auch für die Beschichtungs- und Reinigungsmittelhersteller erheblich gesteigert werden.

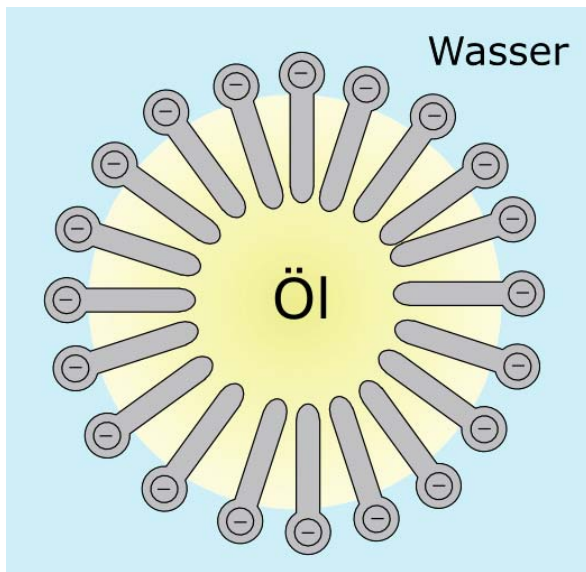
Für die Entwicklung eines praxisgerechten Reinigungskonzeptes darf nicht der Reiniger allein, sondern muss das System zementgebundener Werkstoff/Reiniger [2] und auch die Art und Menge der Ablagerung als Ganzes betrachtet werden.

#### 4. Neuer Lösungsansatz

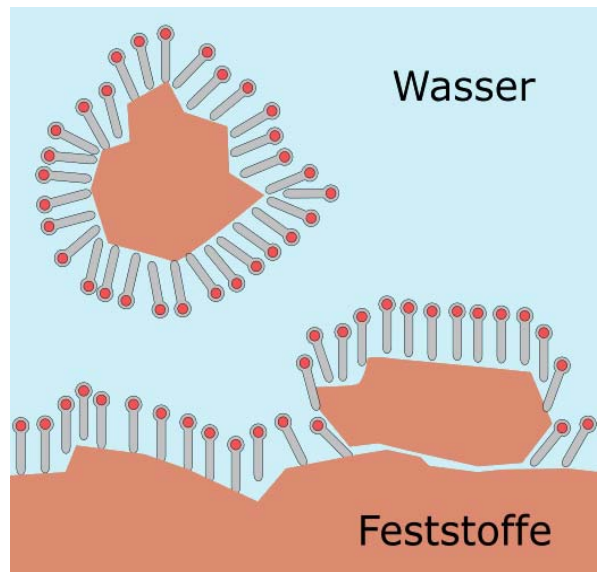
Somit ist eine an die Eigenschaften des Untergrundes angepasste Auswahl des Reinigungsmittels von großer Bedeutung für die Dauerhaftigkeit der zementgebundenen Werkstoffe wie auch für die vollständige Ablösung der Ablagerungen während der einzelnen Reinigungszyklen. Für den relativ häufigen Fall einer säureempfindlichen Zementbeschichtung mit sehr starken Ablagerungen an Kalk, Eisen und Mangan gibt es bisher keine effiziente Lösung, da hier, wie schon vorher erwähnt, eine ausreichende Säurekonzentration zur Anlösung der Ablagerung, z. B. Kalk, notwendig ist. Man hatte nur die Möglichkeit einer wirksamen Reinigung mit Beschädigung der Oberfläche [12, 13] oder einer nicht zufriedenstellenden Reinigung mit vollständigem Schutz der Oberfläche. Um hier eine Lösung anzustreben, muss einfach nur die chemische Reinigung in der Lebensmittelindustrie mit den dort herrschenden hohen hygienischen Qualitätsstandards betrachtet werden. Hier ist in den letzten Jahren eine Gruppe von für diesen bestimmten Zweck synthetisch hergestellten Substanzen in der Forschung näher betrachtet und erfolgreich weiterentwickelt worden. Es sind vor allem spezielle Tenside und Schäume, die sie bilden, die nun kurz in einfacher Form betrachtet werden.

Warum sind gerade Schäume und ihre Eigenschaften für die Reinigung von so großem Interesse? Sie spielen in vielen alltäglichen Anwendungen eine Rolle, ebenso in vielen industriellen Prozessen. Um diese Prozesse besser zu verstehen und dadurch steuern zu können, muss man wissen, was Schäume stabilisiert und beeinflusst. Nur so lassen sich die Produkte auch verbessern und Reinigungsprozesse effizienter gestalten.

Ein einfaches Beispiel ist der Seifenschaum (z. B. normale Seife, Waschmittel, Shampoo, etc.). Das Waschmittel soll nun nicht stark schäumen, denn sonst würde der Schaum aus der Waschmaschine herauslaufen. Shampoo hingegen soll schäumen, weil die Verbraucher sich gern einschäumen. Das Schaumvermögen beider Produkte basiert aber auf den gleichen Bedingungen, nämlich der Zugabe von Tensiden, den waschaktiven Substanzen. Wie schafft man es nun, das ein Produkt schäumt



**Bild 1.** Micelle als Tensid-Öl-Tröpfchen in Wasser [16].



**Bild 2.** Suspension: Tenside und Feststoffe [16].

und das andere nicht? Hier spielen einzelne Additive in den Produkten wie auch die Art des Tensids eine wesentliche Rolle für die Schaumeigenschaften.

Bei bestimmten Anwendungen ist aber nicht nur die Stabilität des ganzen Schaums von Bedeutung, sondern auch die Stabilität der einzelnen Schaumfilme, die die Luftblasen im Schaum umgeben. Als dritter Faktor spielt die Grenzflächenaktivität eine Rolle, durch die sich Tenside wegen ihrer Struktur (Polarität) an der Grenzfläche zwischen Wasser und Luft anlagern können. Der längliche wasserabweisende (hydrophobe) Teil zeigt aus dem Wasser, während die wasserliebende (hydrophile) Kopfgruppe im Wasser verbleibt. Mit steigender Konzentration ist dann ab einem bestimmten Zeitpunkt die gesamte Wasseroberfläche auf diese Weise belegt. Gibt man darüber hinaus Tensid in die Lösung, bilden sich sogenannte Micellen, d.h. kugelförmige Aggregate, deren wasserabweisende Ketten in das Innere der Micelle zeigen und so vom Wasser abgeschirmt werden. In diesem Inneren können in diesem Fall organische Verschmutzungen eingeschlossen und somit im Wasser gelöst werden (Suspension) wie in **Bild 1** und **Bild 2** dargestellt. Die Tensidmoleküle sind also dafür verantwortlich, dass sich ein Schaum überhaupt bilden kann, denn Sie bevorzugen die Bildung von viel Grenzfläche, an der sie sich anlagern können, was beim Aufschäumen von Lösungen zum Entstehen von sehr viel Wasser/Luft-Grenzfläche führt (**Bild 3**). Ein Schaumfilm kann als kleinste Einheit des Schaums betrachtet werden. Seine Eigenschaften sind von großer Wichtigkeit für dessen Stabilität und Wirkung bei der Reinigung. Durch speziell eingesetzte Tenside (ionisch, nichtionisch) lässt sich die Filmdicke beeinflussen, die zusätzliche Effekte auf den Reinigungsvorgang ausüben kann [17]. Die Schaumart hat einen entscheidenden Einfluss auf die Reinigungsarbeit, die an der Grenzfläche zwischen Verschmutzung

und Reinigungslösung geleistet wird. Die SFT-Technologie (Schaumfilm-Technologie) beruht auf der Eigenschaft der Tenside, in Abhängigkeit vom Verdünnungsgrad unterschiedliche Tensidaggregate auszubilden, die das Fließverhalten und die Schmutzpenetration durch den dünnen SFT-Schaum beeinflussen. Das spezifische Profil der SFT-Technologie ist durch eine Schaumblasengröße zwischen 40 und 1000 µm gekennzeichnet, wobei der Volumenanteil großer Schaumblasen überwiegt. Der hauptsächlich durch Vermischungsvorgänge und Auftragung gewollt erzeugte SFT-Schaum weist bei einer kurzen Einwirkzeit eine intensive Schmutzdurchdringung auf. Eine weitere Besonderheit ist die Mobilität des Schaums. Dadurch gelangt das Reinigungsmittel auch in schwer zugängliche Bereiche wie Fugen und Ritzen. Die einzelnen abfließenden Schaumaggregate erzeugen neben der chemischen Aktivität besonders auf vertikalen Oberflächen eine zusätzliche mechanische Scherwirkung, die den Reinigungseffekt verstärkt. Aufgrund des Zusammenspiels zwischen Chemie und Mechanik lassen sich anorganische und auch organische Ablagerungen (Biofilme, Fette, etc.) sogar auf kalten Flächen, wie den Behälteroberflächen, effektiv entfernen [18]. Weiterführende Literatur zu diesem Thema ist in den beiden angeführten Artikeln angegeben. Die besonders dünnen, auf der Oberfläche aufziehenden Filme können schließlich durch verschiedene physikalische Wechselwirkungen, für eine bestimmte Kontaktzeit, die zu reinigende Oberfläche auch vor dem Angriff der eingesetzten Säure schützen.

## 5. Umsetzung in die Praxis

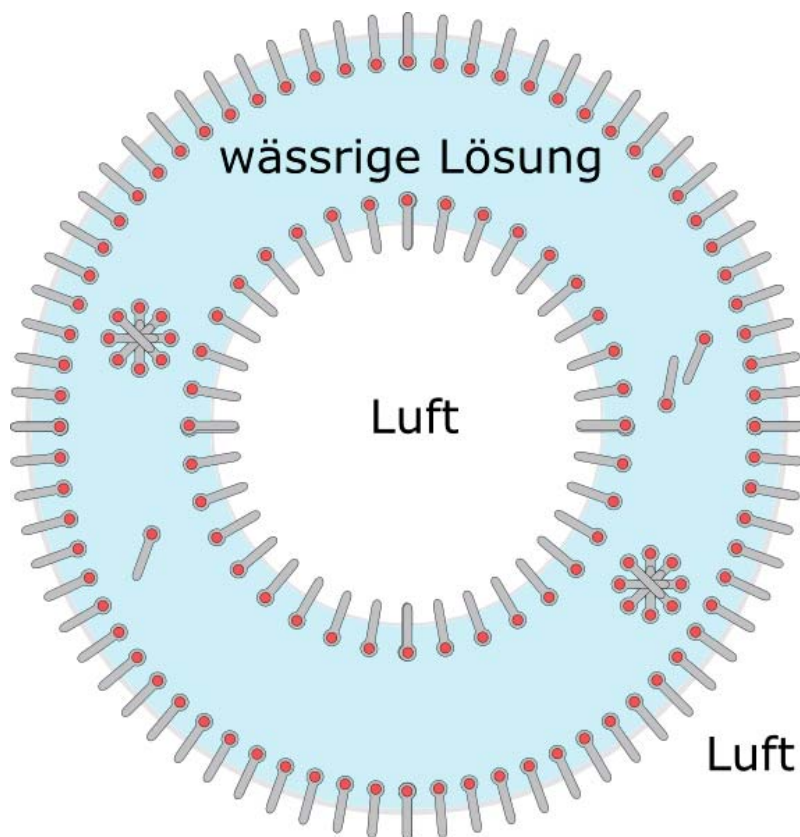
Um diesen Reinigungs- und Schutzeffekt auch im Trinkwasserbereich zu erproben und zu bestätigen, wurde im letzten Jahr ein aktuelles Problem der Stadtwerke Solms intensiver betrachtet, bei dem bisher keine

Lösung für die Entfernung der störenden Beläge gefunden wurde. Folgende Ausgangslage des betroffenen Trinkwasserbehälters war gegeben:

Der Trinkwasserbehälter Niederbiel-Leun dient der Trinkwasser- und Löschwasserversorgung von ca. 2300 Einwohnern der Stadt Solms im Stadtteil Niederbiel. Der Kuppelbehälter stammt aus dem Jahr 1974 und fasst 500 m<sup>3</sup>. Das Wasser wird aus der Wassergewinnungsanlage Riemannstollen, einem ehemaligen Erzbergwerkstollen, gefördert und in diesem Behälter gespeichert. Für diesen Behälter wurden Betonzustandsanalysen sowie eine Schadensdiagnose durchgeführt. Dabei konnte u.a. eine starke hydrolytische Korrosion festgestellt werden. Resultierend aus der Bewertung der gesamten Untersuchungsergebnisse war eine Betoninstandsetzung und Neubeschichtung zwingend erforderlich.

Den Innenflächen von Trinkwasserbehältern, die in direktem Kontakt mit dem gespeicherten Trinkwasser stehen, kommt für die Versorgungssicherheit eine besondere Bedeutung zu. Als besonders gut für eine Sanierung dieser Innenflächen haben sich Spritzmörtelsysteme mit Zugabe von Silicastaub erwiesen. Durch den Silicastaub weist der frische Mörtel einen guten Zusammenhalt auf und lässt sich sehr gut verarbeiten. Dieser wirkt sich sehr günstig auf die Erstellung von sehr glatten, porenarmen und homogenen Oberflächen im Trinkwasserbereich aus und damit auf die Betriebsfreundlichkeit. Für die Beschichtung bietet sich zudem an, einen Spritzbeton gemäß DIN 18551 [19] zu verwenden, der die folgenden Bedingungen erfüllt: Physikalisch/chemisch/mikrobiologische Unbedenklichkeit, Wasserundurchlässigkeit, Wirtschaftlichkeit, hohe Widerstandsfähigkeit gegen hydrolytische Angriffe und Langlebigkeit. Neben den hygienischen Anforderungen an zementgebundene Beschichtungen muss der Auskleidungsmörtel die hygienischen Anforderungen gemäß DVGW-Arbeitsblättern W 270 und W 347 erfüllen. Vorzugsweise sollte ein einlagiger Mörtel in Nassspritz-Dünnstromtechnik (KERASAL-Verfahren) eingesetzt werden. Die Vorteile sind dabei der konstante Wasserzementwert, keine Entmischungserscheinungen, geringe Porosität und der hohe Arbeitsdruck. Das seit über einem Jahrzehnt auf dem Markt befindliche Verfahren und die damit verbundenen Vorteile sind in der aktuellen Literatur ausführlich beschrieben [12, 13, 20, 21]. Aus den vorgenannten Gründen wurden schließlich die Betonoberflächen des Trinkwasserbehälters im Jahr 2007 mit dem KERASAL-Microsilica-Spritzmörtel nach dem Nass-Dünnstromverfahren [12, 13, 20] einlagig in einer Stärke von 15 mm [5] beschichtet. Die Wände und Bodenflächen wurden glatt ausgeführt, die Kuppel in der Decke wurde spritzrau belassen. In **Bild 4** ist eine KERASAL-Beschichtung als Beispiel dargestellt.

Während des Betriebes des Trinkwasserbehälters stellte sich heraus, dass es durch das stark eisen- und



**Bild 3.** Schaumblase [16].



**Bild 4.** KERASAL-Beschichtung.

(Foto: P & T Technische Mörtel GmbH & Co. KG)

© KERASAL

manganhaltige Trinkwasser zu dunkel verfärbten Ablagerungen im Bereich der Wasserwechselzone des Behälters kam. Dies war seitens des Trinkwasserversorgers nicht hinnehmbar, da hierdurch im Behälter zwar keine mikrobiologischen Probleme auftraten, jedoch die Ablagerungen zu Irritationen bei Betriebsprüfungen

und bei Führungen und der Präsentation des Behälters in der Öffentlichkeitsarbeit als Speicheranlage für einwandfreies Trinkwasser geführt hätte. Die Ablagerungen waren durch rein mechanische Reinigung oder schonende Reiniger nicht zu entfernen, da die erforderliche Wirkung nicht erreicht werden konnte.

Bei der Reinigung und Desinfektion von Trinkwasserbehältern sind die DVGW-Arbeitsblätter W 291, W 300 und W 319 [3, 5, 10] zu beachten. Da es sich bei der Beschichtung um zementgebundene Mörteloberflächen handelt, sind Reinigungsprodukte auf der Basis von organischen oder anorganischen Säuren nicht zugelassen. Eine Reinigung mit einem sauren Reiniger hätte seitens der ausführenden Firma OTTO QUAST Bau AG, Siegen, zum Erlöschen der Gewährleistung geführt. Bei Kontakt der Oberfläche mit z. B. Salzsäure hätte eine nachhaltige Beschädigung der Oberfläche nicht ausgeschlossen werden können. Somit suchten die Stadtwerke Solms nach einer alternativen Lösung, die Ablagerungen zu beseitigen. Hierfür wurde von der Firma Herlisil GmbH, Frankfurt, ein neues oberflächenschonendes Reinigungsverfahren entwickelt, das eine Produktmischung verwendet, die auch den für die Ablösung der Ablagerungen notwendigen Einsatz von Säure erlaubt.

In dem vorliegenden Praxisbeispiel einer mineralischen Beschichtung der Fa. KERASAL und den vorhandenen sehr starken Ablagerungen aus Eisen und Mangan einigte man sich nach intensiver Absprache und Vorplanung mit den Stadtwerken Solms, der IGS Ingenieurgesellschaft mbH, Herborn, und der ausführenden Firma OTTO QUAST Bau AG, Siegen, auf die folgende erstmalige Testreinigung einer Trinkwasserkammer. Ein starker saurer Reiniger (Hauptinhaltsstoffe: Salzsäure, Phosphorsäure) wurde 1:2 verdünnt. Danach gab man eine entsprechende Menge an pulverförmigem Reinigungsverstärker (Ascorbinsäure), der speziell für Kalk, Eisen und Manganablagerungen geeignet ist (Reduktion, Komplexierung), dazu und verrührte die Mischung. Abschließend wurde dann das Konzentrat des neuen Tensid-Reinigers Herli Rapid 1000 (Hauptinhaltsstoffe: Phosphorsäure, Tenside; SFT: Schaumfilm-Technologie) unter Rühren zugefügt (leichte Schaumbildung).

Diese spezielle Reinigungsmischung der Herlisil GmbH konnte dann mit Niederdrucksprühgeräten aufgetragen und sofort mit einem weichen Schwamm nachbearbeitet werden, wobei sich die Ablagerung unter geringer Schaumbildung schon sichtbar vollständig von der Wand löste. Nach max. 15 min Einwirkungszeit wurde mit reichlich Wasser nachgewaschen. Dabei steuerte man die „gründliche Spülung“ durch eine Sichtkontrolle der Oberfläche, d. h. die leichte Schaumbildung (Schaumblasen) ist bei entsprechender Menge an Spülwasser auf der Oberfläche vollständig verschwunden. Dadurch ist auch in der Praxis eine kontrollierte Entfernung des Reinigers von der Oberfläche

möglich. Die glatte Oberfläche wies nach der Reinigung keine sichtbare Beanspruchung oder einen Abtrag an der mineralischen Beschichtung auf, was bei der direkten Einwirkung von Salzsäure der Fall gewesen wäre. Die Ergebnisse der Wasserproben nach der Behälterreinigung waren ohne Beanstandung. Auch nach mehr als einem halben Jahr nach der Reinigung ist die mineralische Oberfläche in diesem Behälter weiterhin einwandfrei geblieben.

Bei dieser Art der problemorientierten Reinigung wird aber vor allem nicht auf die sehr gut lösende Wirkung der Salzsäure in der erhaltenen Reinigungsmischung verzichtet, sie wird aber aufgrund der beschriebenen speziellen Anforderungen insgesamt mehr als 1:2 verdünnt und dabei die Reinigungsleistung durch zusätzliche Zugabe eines Reinigungsverstärkers weiter verstärkt. Schließlich wird der Reiniger Herli Rapid 1000 mit den speziellen nichtionischen Tensiden zugegeben, der wegen seiner Tensidmischung die gesamte Reinigungsleistung und damit auch die Ablösung von organischen Rückständen positiv beeinflusst. Dadurch wird eine intensive Schmutzdurchdringung durch einen gut haftenden, geschlossenen Reinigungsfilm und eine mechanische Reinigungsunterstützung durch die Scherwirkung des langsam ablaufenden Films erreicht. Die physikalischen Effekte der Tenside bei der Reinigung wurden schon in Abschnitt 4 ausführlich beschrieben. Die Tenside bewirken nun wegen ihres großflächigen Aufziehens auf der Oberfläche einen maximalen Schutz der Zementoberfläche vor dem Säureangriff, der auch mit der kurzen Kontaktzeit vermieden wird. Somit erreicht man eine maximale Reinigungswirkung mit säurehaltigen Produkten unter gleichzeitigem Schutz der Zementoberfläche. Die gleiche Wirkung ist – wie in der Lebensmittelindustrie – auch bei Edelstahl oder Fliesen zu erwarten. Hier ist aber aufgrund der glatten Oberfläche die Anwendung stark saurer Reiniger in den meisten Fällen überhaupt nicht notwendig.

Natürlich muss auch die Abwasserseite von diesen neuen Produkten betrachtet werden. Die biologische Abbaubarkeit der in diesem Produkt (SFT-Technologie) enthaltenen Tenside entspricht der europäischen Detergenzienverordnung (EG) Nr. 648/2004 [22]. Die Rate des vollständigen aeroben biologischen Abbaus (Mineralisation), gemessen mit Hilfe eines Tests gemäß Anhang 3 der EU-Detergenzienverordnung ist 60% oder höher. Durch den reduzierten biologischen Abbau und der Emulgation von organischen Ablagerungen wie Fetten, Proteinen, etc. können eventuelle Rückstände des Reinigers von Mikroorganismen nicht mehr vollständig verwertet werden (partielle Verhinderung der Wiederverkeimung). Hier spielt auch die schon vorher erwähnte gründliche Spülung mit Wasser eine wichtige Rolle. Das bedeutet aber auch, dass hier die genaue Betrachtung des TOC-Wertes (Festsetzung und Bedeutung des Grenzwertes, s. Abschnitt 2) bei der Beurtei-

lung des Reinigers sehr wichtig ist. Gerade hinsichtlich einer geplanten Neufassung des DVGW-Merkblattes W 319 stellt hier die Berücksichtigung der realen biologischen Abbaubarkeit des Reinigungsmittels, d.h. die tatsächliche biologische Abbaubarkeit/Verwertbarkeit der einzelnen organischen Inhaltsstoffe der Reinigungsmittel, die auf jeden Fall schon routinemäßig wegen den Abwassergrenzwerten (*Entsorgung*, DVGW-Merkblatt W 319, Kapitel 4.2, 5.4 und 5.6.3 [3]) von den Herstellern geprüft werden muss (Wasch- und Reinigungsmittelgesetz [23], Detergenzienverordnung bei Tensiden), ein wichtiges Prüfkriterium dar.

## 6. Zusammenfassung

Die bisher im Handel erhältlichen Reinigungsmittel für Trinkwasserbehälter waren Produkte auf Basis organischer und anorganischer Säuren oder auf Basis neutraler Stoffe wie starker Reduktionsmittel. In der Praxis ist die Notwendigkeit des Einsatzes von chemischen Reinigungsmitteln weiterhin sorgfältig unter Berücksichtigung des Behälterzustandes abzuwägen und die Reinigungsintervalle zustandsorientiert und nach den bisherigen gemachten Erfahrungen festzulegen. Dabei weisen die aufgeführten aktuellen Studien auf ein Umdenken in der Beurteilung von Reinigungsmitteln durch eine Überarbeitung des noch gültigen DVGW-Merkblattes W 319 hin. Die Hervorhebung und Zusammenführung der wesentlichen Fakten dieser Untersuchungen in dem vorliegenden Artikel hat gezeigt, dass vor allem die Bedeutung des TOC-Grenzwertes, die Testplatten, die Wirkung des Reinigers, die Werkstoffverträglichkeit und die biologische Abbaubarkeit für die Neufassung dieser Prüfrichtlinie eine entscheidende Rolle spielen und diese momentan nicht mehr dem neuesten Stand der Technik entspricht. In Hinsicht auf die Werkstoffverträglichkeit wurde auch schon in früheren Studien gezeigt, dass die entstehenden Schadensbilder (Flecken) nicht auf die Anwendung saurer Reiniger zurückzuführen ist, sondern hauptsächlich auf die hydrolytische Korrosion. Es konnte auch nachgewiesen werden, dass phosphorsaure Reiniger aufgrund der chemischen Gleichgewichte während des Reinigungsprozesses nicht zu einer Abscheidung von schwerlöslichen Phosphaten führen können. In der Praxis ist somit der Einsatz von entsprechend verdünnten und dem Problem angepassten sauren Reinigern bei funktionsgerechten zementgebundenen Beschichtungen nicht mit einem höheren Abtrag oder nachhaltigen Schäden verbunden.

Mit zu berücksichtigen sind auch neue Entwicklungen und Lösungsansätze, wie sie z. B. in dem geschilderten Praxistest dargelegt wurden. Die neuentwickelte Produktmischung aus verdünnten organischen und anorganischen Säuren und speziellen Tensiden (SFT: Schaumfilm-Technologie) erlaubt erstmals im Bedarfsfall die Anwendung saurer Reiniger auf säureempfind-

lichen mineralischen Beschichtungen. Der bei der Reinigung erzeugte dünne Schutzfilm ermöglicht, starke Ablagerungen aus Kalk, Eisen und Mangan wirksam ohne weitere Beschädigung der Zementoberfläche zu entfernen. Natürlich stellt ebenso die bisherige vollständige biologische Abbaubarkeit der Reinigungsmittel ein Hauptproblem dar, was in der Studie des TZW bestätigt wurde. Dabei spielt dann vor allem die gründliche Entfernung des Reinigungsmittels von der Behälteroberfläche eine wichtige Rolle. Hier konnte auch durch die vorhandene geprüfte Abstufung (Detergenzienverordnung) der biologischen Abbaubarkeit von Tensiden und der möglichen Sichtkontrolle (Schaumblasen) bei der partiellen Verhinderung der Wiederverkeimung und der gründlichen Entfernung des Reinigungsmittels von der Behälteroberfläche eine effektive Lösung aufgezeigt werden. Die Praxis und die Studie weist auch nach, dass ein möglicher 2. Schritt einer nachfolgenden Desinfektion, um Reste von Reinigungsmitteln, organische Verbindungen, etc. durch eine oxidative Oberflächenbehandlung zu entfernen, nicht unbedingt von vornherein außer Acht gelassen werden sollte.

## Literatur

- [1] DVGW Forschungsprojekt W6/02/04: Abschlussbericht: „Auswirkungen des Reinigungsverfahrens bei beschichteten Behältern auf die mikrobiologische Beschaffenheit des gespeicherten Wassers“, 12/2007.
- [2] Schäufler, I., Schwotzer, M. und Gerdes, A.: Einfluss von Reinigungsmitteln auf das Werkstoffverhalten zementgebundener Beschichtungen von Trinkwasserbehältern. gwf-Wasser|Abwasser 149 (2008) Nr. 2, S. 124–132.
- [3] DVGW-Merkblatt W 319: Reinigungsmittel für Trinkwasserbehälter – Einsatz, Prüfung und Beurteilung. Ausg. 05/1990. WVGW-Verlag, Bonn.
- [4] DVGW-Merkblatt W 318: Wasserbehälter – Kontrolle und Reinigung. Ausg. 02/1983.
- [5] DVGW-Merkblatt W 300: Wasserspeicherung – Planung Bau, Betrieb und Instandhaltung von Wasserbehältern in der Trinkwasserversorgung. Ausg. 06/2005. WVGW-Verlag, Bonn.
- [6] DVGW-Merkblatt W 347: Hygienische Anforderungen an zementgebundene Werkstoffe im Trinkwasserbereich – Prüfung und Bewertung. Ausg. 05/2006. WVGW-Verlag, Bonn.
- [7] Leitlinie des Umweltbundesamtes zur veränderten Durchführung der KTW-Prüfungen bis zur Gültigkeit des Europäischen Akzeptanzsystems für Bauprodukte im Kontakt mit Trinkwasser (EAS). Bundesgesundheitsbl-Gesundheitsforsch-Gesundheitsschutz 48 (2005), 1. Änderungsmitteilung vom 7. September 2007, S. 1409–1415.
- [8] Leitlinie zur hygienischen Beurteilung von organischen Beschichtungen im Kontakt mit Trinkwasser (Beschichtungsleitlinie). Bundesgesundheitsbl-Gesundheitsforsch-Gesundheitsschutz 50 (2007), S. 1152–1176.
- [9] DVGW-Merkblatt W 270: Vermehrung von Mikroorganismen auf Werkstoffen für den Trinkwasserbereich – Prüfung und Bewertung. Ausg. 11/2007. WVGW-Verlag, Bonn.
- [10] DVGW-Merkblatt W 291: Reinigung und Desinfektion von Wasserverteilungsanlagen. Ausg. 03/2000. WVGW-Verlag, Bonn.

- [11] Schauer, C. und Hofmann, O.: Effektive Entfernung des „biologischen Rasens“ – Oxidation mit maßgeschneidertem Wasserstoffperoxid. *Energie Wasser-Praxis* 9 (2006), S. 22–27.
- [12] Merkl, G.: *Trinkwasserbehälter – Planung, Bau, Betrieb, Schutz und Instandsetzung*. 1. Aufl. Oldenbourg Industrie-verlag München, 2005.
- [13] Merkl, G.: *Technik der Wasserversorgung*. 1. Aufl. Oldenbourg Industrieverlag München, 2008.
- [14] Gerdes, A. und Wittman, F.H.: Langzeitverhalten von zementgebundenen Beschichtungen in Trinkwasserbehältern. The 6th International Conference on Material Science and Restoration – MSR VI, Universität Karlsruhe, 16–18 September 2003, S. 1–14.
- [15] Gerdes, A.: Hydrolyse einer zementgebundenen Beschichtung in ständigem Kontakt mit Wasser. In: *Werkstoffwissenschaften und Bauinstandsetzen – MSR V*, Hrsg.: Wittmann, F.H., Gerdes, A., Aedificatio Verlag, Freiburg i. Br. 1999, S. 695–706.
- [16] <http://de.wikipedia.org/wiki/Tenside>
- [17] Schulze-Schlarmann, J. und Stubenrauch, C.: Die Träume von den Schäumen. *Chemie in unserer Zeit* 41 (2007), S. 364–374.
- [18] Laaff, R. und Tyborski, T.: Zwischen Leistung und Kosten, Schaumreinigungstechnologien in der Fleisch verarbeitenden Industrie. *Food Technologie Magazin* 9 (2006), S. 10–11.
- [19] DIN 18551: *Spritzbeton – Anforderungen, Herstellung, Bemessung und Konformität*. Ausg. 01/2005. Beuth Verlag, Berlin.
- [20] Vogt, V.: *KERASAL-Verfahren, Vergütung und Instandsetzung von Betonoberflächen in Trinkwasserbehältern mit Microsilica-Spritzmörtel*. P & T Technische Mörtel GmbH & Co. KG, 2007.
- [21] Schuppan, T., Schär, R. und Hein, J.: Instandsetzung Reservoir Froloo in der Schweiz. *Energie Wasser-Praxis* 5 (2009), S. 20–22.
- [22] Verordnung (EG) Nr. 648/2004 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 31. März 2004 über Detergenzien.
- [23] Gesetz über die Umweltverträglichkeit von Wasch- und Reinigungsmitteln (Wasch- und Reinigungsmittelgesetz – WRMG). *Bundesgesetzblatt* 17 (2007) Teil I, S. 600–603. Ausg. 05/2007.

Eingereicht: 15.05.2009  
 Korrektur: 17.06.2009  
 Im Peer-Review-Verfahren begutachtet

### Autoren

Dr. rer. nat. **Christian Schauer**

E-Mail: [schauer@herlisil.de](mailto:schauer@herlisil.de)

Herlisil GmbH | Wissenschaftlicher Leiter | F & E

Silostraße 65 |

D-65929 Frankfurt/Main

Dipl.-Ing. **Angela Kampe**

E-Mail: [a.kampe@solms.de](mailto:a.kampe@solms.de)

Stadtwerke Solms | Betriebsleiterin

Oberndorfer Straße 20 |

D-35606 Solms

### Zeitschrift KA – Abwasser | Abfall

In der Ausgabe 8/2009 lesen Sie u. a. folgende Beiträge:

<b>Meißner / Nadler</b>	<b>Platzsparende Alternativen zur breitflächigen Versickerung – Ergebnisse langjähriger Untersuchungen an einer Versuchsanlage</b>
<b>Stein</b>	<b>Einsatz des Separations-Straßenablaufes zur Reduzierung von Feststoffeinträgen in Kanalisationen</b>
<b>Luther</b>	<b>Potenziale der Nanotechnologie für die Wasserwirtschaft</b>
<b>Esemen / Dockhorn</b>	<b>Ökonomische Aspekte der Phosphorrückgewinnung aus Abwasser und Klärschlamm</b>
<b>Arbeitsbericht der DWA-Arbeitsgruppe</b>	<b>AK-1.6 Energiebilanz der Desintegration</b>
<b>Reinhardt</b>	<b>Wasserwirtschaftsrechtliche Entscheidungen unter naturschutzrechtlichem Einfluss</b>