

Weiterbildungskurse 2019



www.brunnenmeister.ch

Instandsetzung von Trinkwasserbehältern mit mineralischen Beschichtungen

Von:

Brigitte Bünter
Planer- und Bauherrenberatung
MC-Bauchemie AG
Siloring 8
5606 Dinitikon



www.mc-bauchemie.ch

brigitte.buenter@mc-bauchemie.ch

Claudio Rüesch
Geschäftsführer / Inhaber
Isotech Bautenschutz und Sanierungs AG, Thusis
Rozaweg 4
7430 Thusis



Veranstaltungsort:



Pius Renggli
Geschäftsführer, Fachberatung und
Verkauf
P & T Technische Mörtel Suisse AG
Im Möösli 1, 3425 Willadingen



www.eurogrout.ch

pius.renggli@eurogrout.ch

www.bausan.isotech.ch
claudio.ruesch@isotech.ch

Instandsetzung von Trinkwasserbehältern mit mineralischen Beschichtungen

Autoren / Referenten: Brigitte Bünter, MC Bauchemie AG
Pius Renggli, P & T Technische Mörtel Suisse AG
Claudio Rüesch, Isotech Bautenschutz und Sanierungs AG, Thusis

Wasser, das Elixier des Lebens

Wasser ist der Rohstoff des Lebens. Jeder Organismus besteht zu einem gewissen Prozentsatz aus Wasser, und er braucht Wasser zum Überleben. Der Mensch, als Beispiel, besteht aus 60-65% Wasser. Schon der griechische Philosoph erkannte im 6. Jahrhundert v. Chr., dass die Existenz aller Dinge dem Wasser zu verdanken ist.

Wasser ist das wichtigste Lebensmittel überhaupt. Kein anderes Lebensmittel wird so konsequent und so regelmässig überprüft.

Die Brunnenmeisterin - Der Brunnenmeister

Die Brunnenmeisterin und der Brunnenmeister erfüllen in der Versorgungskette „Wasser“ eine überaus wichtige Rolle. Ihre Augen müssen geschärft sein um Veränderungen im Wasser zu erkennen. Eine Unachtsamkeit, eine Fahrlässigkeit kann fatale Folgen nach sich ziehen. Ebenfalls tragende Rollen bekleiden die Brunnenmeisterin und der Brunnenmeister beim Unterhalt, der Reinigung und bei der Instandsetzung der Trinkwasserbehälter. Weil das Gut „Wasser“ so wichtig ist für unser Leben, ist es auch wichtig, dass wir ihm alle Aufmerksamkeit schenken. Einerseits in Bezug auf das Fassen und die Transportleitungen, andererseits - und das ganz speziell - auf die Lagerung.

Der nachfolgende Aufsatz befasst sich mit der Instandsetzung von Trinkwasserbehältern. Ziel ist es der Brunnenmeisterin, dem Brunnenmeister die Grundlagen zu vermitteln um, je nach Situation vor Ort, in der Lage zu sein, fachtechnisch und kompetent argumentieren zu können.

Einleitung

Der grosse Teil unserer aktuellen Trinkwasserbehälter sind aus Beton erstellt worden. Früher war es Stampfbeton, heute ist es Stahlbeton. Hinlänglich bekannt ist, dass bereits in der Antike mit mineralischen Baustoffen Trinkwasserbehälter gebaut wurden.

Zementgebundene Untergründe haben Vorteile:

- Die alkalischen Oberflächen ermöglichen eine hygienische Lagerung des Wassers, da sie die Bildung von Mikroorganismen unterbinden
- Gute Reparaturmöglichkeiten aufweisen
- Einfache Reinigung ermöglichen
- Wichtig: Das Wasser muss im Zustand des Kalk-Kohlensäure-Gleichgewicht sein, damit weder Calcium-Carbonat ausfallen noch gelöst werden kann. Ist dieser Fall nicht gegeben, sind vertiefte Abklärungen nötig.

Daraus werden grundsätzliche **Anforderungen an eine zementöse Beschichtung** abgeleitet:

- hygienische Anforderungen
- technische Anforderungen

1. Instandsetzung oder Neubau

1.1 Grundsatzfragen

Am Ende des Lebenszyklus eines Reservoirs stellen sich verschiedene Grundsatzfragen:

- Verlangen Bevölkerungswachstum oder ein allfällig neues Versorgungskonzept einen neuen Standort und / oder mehr Volumen?
- Ist die bauliche Ausstattung (Kammern) genügend
- Was ergibt die umfassende Bausubstanzanalyse und daraus abgeleitet die Wirtschaftlichkeitsrechnung einer Instandsetzung versus Neubau?

Die Beantwortung der Fragen in Bezug auf Bevölkerungsentwicklung und Versorgungskonzept gehört in den Verantwortungsbereich der Behörden. Die Bausubstanzanalysen und die Berechnungen der Wirtschaftlichkeit ist Sache von Fachplanern, Ingenieuren und Baufachleuten

Die oben gestellten Fragen, bzw. deren Beantwortung sind massgeblich für den Entscheid: Neubau oder Instandsetzung

2. Instandsetzung

Nach dem Entscheid für die Instandsetzung sind weitere Fragestellungen zu beantworten:

- Was ist das Instandsetzungsziel?
- Was für Instandsetzungsarten kommen infrage?
- Auf was sollten Sie achten?
- Entscheidungskriterien für die Materialwahl
- Wo können Sie sich informieren?
- Sanierungsablauf

2.1 Instandsetzungsziele

Grundsätze:

- Gemäss schweizerischer Lebensmittelgesetzgebung sind Werkstoffe und Produkte, die mit Trinkwasser in Kontakt kommen, Bedarfsgegenstände. Die allgemeinen Anforderungen an diese sind in Art. 34 Lebensmittel- und Gebrauchsgegenständeverordnung (LGV, SR 817.02) festgelegt. Basierend hierauf wurden in der SVGW-Richtlinie W6 für Projektierung, Bau und Betrieb von Wasserbehältern folgende grundlegende Anforderungen formuliert: «Trinkwasserbehälter müssen so gebaut sein, dass keine nachhaltigen Veränderungen der Wasserbeschaffenheit in mikrobiologischer, chemischer und physikalischer Hinsicht vorkommen können». Entsprechend sind die Oberflächen in den Trinkwasserbehältern, welche dauerhaft mit Wasser in Kontakt stehen, mit gesundheitlich unbedenklichen Materialien auszuführen.

- Mit einer Instandsetzung sollte nicht der „Altzustand“ der Behälteranlage wiederhergestellt, sondern ein Zustand geschaffen werden, der den Anforderungen an DVGW W 300-1 (A) entspricht.“
- «Bei Erneuerungsarbeiten am Trinkwasserbehälter muss darauf Wert gelegt werden, dass nach Abschluss dieser Arbeiten die Anforderungen wie an einen neuen Behälter erfüllt werden» (DVGW Arbeitsblatt W300)

2.2 Instandsetzungsarten

Grundsätzlich unterscheiden wir zwischen:

- Auskleidungen
- Beschichtungen

Um sich für die eine oder andere Art zu entscheiden bedarf es das Wissen um die Vor- und Nachteile der verschiedenen Systeme.

Über die Auskleidungen wird in weiteren Referaten berichtet. Deshalb wird an dieser Stelle auf eine Erläuterung verzichtet.

3. Beschichtungen

Die Beschichtungsmaterialien werden in zwei Hauptkategorien aufgeteilt:

- zementgebundene Beschichtungsmörtel
- zweikomponenten-Reaktionsharz-Systeme

Die zementgebunden Mörtel werden wiederum unterteilt in 4 Typen:

- **Typ 1:** ohne Zusatzmittel und ohne kunststoffhaltige Zusätze
- **Typ 2:** mit Betonzusatzmittel nach DIN EN 934-2 bis max. 5 %/z (Zementäquivalent) und ohne kunststoffhaltige Zusätze
- **Typ 3:** ggf.mit Betonzusatzmittel nach DIN EN 934-2 und mit kunststoffhaltigen Zusätzen bis insgesamt max. 10 %/z (Zementäquivalent)
- **Typ 4:** ggf.mit Betonzusatzmittel nach DIN EN 934-2 und mit kunststoffhaltigen Zusätzen bis insgesamt max. 25 %/z (Zementäquivalent)

3.1 Beschichtung mit zweikomponenten-Reaktionsharz-Systemen

Vorteile: Hohlraumfrei
Optisch schöne Oberfläche möglich

Nachteile: Diffusionsdicht
Aufkeimungsrisiko vorhanden

3.2 Beschichtung mit mineralischen Mörteln

3.2.1 Mit organischen Zusätzen (Typ 2-4 gemäss DVGW)

Vorteile: Bauwerksinstandsetzung und Beschichtung
Hohlraumfrei
Diffusionsoffen

Nachteil: Optische Gestaltung der Oberfläche
Aufkeimungsrisiko vorhanden

3.2.2 Ohne organische Zusätze (Typ 1 gemäss DVGW))

Vorteile: Bauwerksinstandsetzung und Beschichtung

Hohlraumfrei
 Diffusionsoffen
 Kein Aufkeimungsrisiko
 Nachteil: Optische Gestaltung der Oberfläche

3.2.3 Ohne organische Zusätze, pigmentiert (Typ 1 - Mörtel)

Vorteile: Bauwerksinstandsetzung und Beschichtung
 Hohlraumfrei
 Diffusionsoffen
 Kein Aufkeimungsrisiko
 Optische schöne Oberfläche möglich
 Nachteile: keine bekannt



Entscheidungsmatrix Beschichtung

Beschichtungen		Optik	Diffusionsdichtigkeit	Bioverfügbarkeit
Reaktionsharz	EP / PUR	☹️	☹️	☹️
Mineralische Mörtel	Mit organischen Zusätzen	☹️	😊	☹️☹️
Mineralische Mörtel Typ 1*	Ohne organische Zusätze	☹️	😊	😊
Mineralische Mörtel Typ 1*	Ohne organische Zusätze, pigmentiert	😊	😊	😊

*DVGW Arbeitsblatt W300: Typ 1 = zementgebundene Beschichtung ohne Betonzusatzmittel und ohne kunststoffhaltige Zusätze

4. Vorarbeiten

4.1 Voruntersuchungen am Bauwerk

Das Wichtigste bei einer Sanierung eines Trinkwasserbehälters sind die Voruntersuchungen. Vor der Ausführung der Sanierungsarbeiten muss das Reservoir untersucht werden, um jegliche Art von Problemen festzustellen und den Zustand des Trinkwasserbehälters mit den Anforderungen zu vergleichen, welche die neuesten Normen fordern.

4.2 Voruntersuchungen des Wassers

Zu den Voruntersuchungen gehört auch die chemische Analyse des Wassers, denn Wasser ist nicht gleich Wasser. Angaben über Wasserhärte, Kalklösende Kohlensäure, Magnesium- und Sulfatgehalt, usw. sind sehr wichtig im Entscheidungsprozess zur richtigen Wahl der Beschichtung.

5. Regelwerke und Gesetze

Die Regelwerke und Gesetze finden sich bei:

- SVGW/SSIGE/SSIGA: Schweizerischer Verein des Gas- und Wasserfaches
- DVGW: Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches
- BLV: Bundesamt für Lebensmittelsicherheit - Lebensmittelgesetz (LMG)

5.1 Regelwerke schaffen Qualität – Übersicht

SVGW-Richtlinie W 6	Projektierung, Bau und Betrieb von Wasserbehältern (enthält Verweise auf den DVGW)
DVGW Arbeitsblatt W 300 1-5	Technische Regeln
DVGW Arbeitsblatt W 347	Hygienische Anforderungen
DVGW Arbeitsblatt W 270	Vermehrung von Mikroorganismen

Die aktuellen DVGW-Arbeitsblätter W 300 (2014) haben dazu beigetragen, dass weniger Fehler in der Planung und der Verarbeitung gemacht werden. Auch die Festlegung von hohen Anforderungen an die Materialien hat die Beschichtungsqualität deutlich verbessert.

Anforderungen an die zementösen Materialien nach DVGW W 300 Teil 5 (P)

Chloridionengehalt	< 0.05 M-%
Druckfestigkeit	≥ 45 N/mm² (nach 28 Tagen)
Biegezugfestigkeit	≥ 8 N/mm² (nach 28 Tagen)
Gesamtporosität P	≤ 12 Vol.-% (nach 28 Tagen)
Gesamtporosität P	≤ 10 Vol.-% (nach 90 Tagen)
Elastizitätsmodul	≥ 20'000 N/mm² (nach 28 Tagen)
Haftvermögen am Verbundkörper	≥ 2 N/mm² (nach 28 Tagen)
Behindertes Schwinden/Quellen	≥ 2 N/mm² (nach 28 Tagen)
Wasserzementwert:	≤ 0.50

Es hat sich gezeigt dass das Auslaugungsverhalten (Hydrolyse) der Beschichtung, durch das im Behälter gelagerte Wasser, durch ein tiefes Gesamtporenvolumen massiv beeinflusst wird. Tiefe Porosität bedeutet erhöhte Dichtigkeit und somit erhöhter Widerstand.

Drei entscheidenden Punkte gilt es bei zementösen Beschichtungen zu beachten:

tiefe Gesamtporosität	Gesamtporenvolumen P 90d: ≤ 10 Vol.-%
Porengrößenverteilung	< 0,1 µm (=0,0001 mm) Anteil dieser Mikroporen müssen unbedingt überwiegen
Schichtdicke	> 15 mm +/- 5mm Dick ist besser als dünn!

Die geforderten Porenkennwerte können in der Praxis mit einer Dünnbeschichtung nicht erreicht werden. Somit sind Dünnbeschichtungen wesentlich weniger widerstandsfähig für den Dauerwassereinsatz.

6. Der Einfluss des Bindemittels auf die Dauerhaftigkeit und Nachhaltigkeit einer zementösen Beschichtung

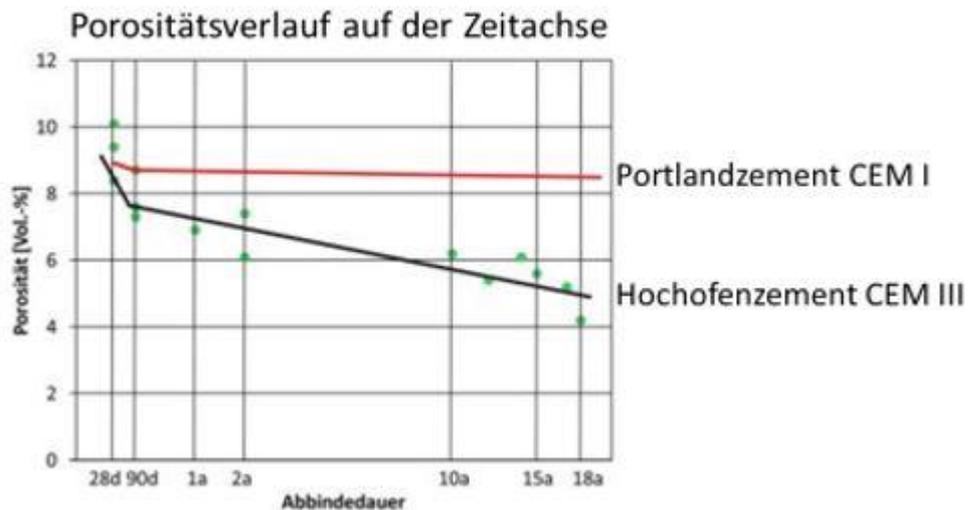
Hierbei muss allen Betreibern und planenden Stellen bewusst sein, dass die Trinkwasserbehälter und auch die wasserberührten Oberflächen nicht unendlich halten und somit in Intervallen von mehreren Jahrzehnten Sanierungsarbeiten erforderlich sind. Steht eine Sanierung an, so sind die aktuellen Regelwerke eine verlässliche Hilfe, um den Sanierungsumfang zu ermitteln und festzulegen.

6.1 Zement ist nicht gleich Zement

Was aus ökologischer Sicht ein Schritt in die richtige Richtung ist, ist aus technischer Sicht nicht immer sinnvoll und kann sich sogar negativ auf die Dauerhaftigkeit eines Bauwerkes auswirken. Im Betonbau werden in Abhängigkeit von den äusseren Einflüssen (z.B. Luft und Feuchtigkeit, Frost und Salz, chemischer oder mechanischer Angriff, usw.) verschiedene Expositionsszenarien unterschieden. Damit ein Beton dauerhaft beständig ist, gibt es normative Vorgaben zur Endfestigkeit und dem Wasserzementwert. Aber auch der verwendete Zement spielt eine nicht unerhebliche Rolle für die Beständigkeit. Und so sind 19 Zementsorten eben nicht für alle Expositionsklassen geeignet. Die Verwendung eines nicht geeigneten Zementes kann zu einer beschleunigten Schädigung des Bauwerkes führen. Nicht nur, dass eine signifikant kürzere Standzeit unwirtschaftlich ist, auch der ökologische Vorteil wird zunichte gemacht, wenn nach kurzer Zeit erneut eine Sanierung oder ein Neubau erfolgen muss. Gemäss Erfahrungen aus dem klassischen Betonbau ist bei erhöhten Expositionsszenarien auf Zementsorten zu setzen, die im abgebundenen Zustand ein dichtes Gefüge haben. Und dies ist eben nur bei wenigen Zementsorten der Fall. Wenn aber schon die Dichtigkeit des Zementsteins eine derart grosse Bedeutung für die Dauerhaftigkeit einer mineralischen Beschichtung hat, sollte für die Anwendung im Trinkwasserbereich auch nach Möglichkeit auf derartige Bindemittel zurückgegriffen werden.

6.2 Bindemittel der Wahl: Hochofenzement

Ein solches Bindemittel ist der seit 1917 in Deutschland genormte Hochofenzement (HOZ). Auch bei der Sanierung von Trinkwasserspeichern wird seit über 25 Jahren erfolgreich auf Hochofenzement gesetzt. Dabei gibt es neben den positiven subjektiven Erfahrungen über die Dauerhaftigkeit derartiger Beschichtungen auch Porositätsnachweise. An Trinkwasserbehältern entnommenen Proben wurden die Porositäten nach vielen Jahren Standzeit überprüft. Da Trinkwasserbehälter der Bevorratung unseres wichtigsten Lebensmittels, nämlich Trinkwasser, dienen, sollte diese so sicher und nachhaltig errichtet und später auch genauso saniert werden. Was kommt einer derartigen Lösung näher, als die Sanierung mit einer rein mineralischen Beschichtung. Rein mineralische Mörtel, ohne jegliche kunststoffhaltige Zusätze, tragen die Bezeichnung Typ 1. Die Verwendung von Hochofenzement als Bindemittel, für den es Erfahrungen von über 100 Jahren gibt und der durch eine langjährige Nachkristallisation immer dichter und beständiger wird, gibt dabei zusätzliche Sicherheiten.



Zusätzlich ist Hochofenzement im Vergleich zu andern Bindemitteln auch durch eine gute Ökobilanz ausgezeichnet. Bei keiner andern Zementsorte darf derartig viel Portlandzement substituiert werden wie beim Hochofenzement. Dadurch, dass z.B. beim CEM III A bis zu 65% des Portlandzementes durch Hüttensand ersetzt werden können, kann mit diesem Bindemittel nicht nur eine nachhaltige Sanierung durchgeführt werden sondern es werden gleichzeitig auch die CO₂ - Emissionen reduziert.

Trinkwasser und eine gute Ökobilanz, das passt nicht nur gut zusammen sondern ist bei der Sanierung von Reservoirern mit mineralischen Bindemitteln des Typs 1 unter Verwendung von Hochofenzement nachhaltig möglich.

7. Sanierungsablauf

Arbeiten in Trinkwasserbehältern sind ausserordentlich anspruchsvoll. Deshalb gehören Sanierungsarbeiten nur in die Hände von erfahrenen Fachverarbeiterfirmen.

Folgende Arbeitsschritte sind notwendig:

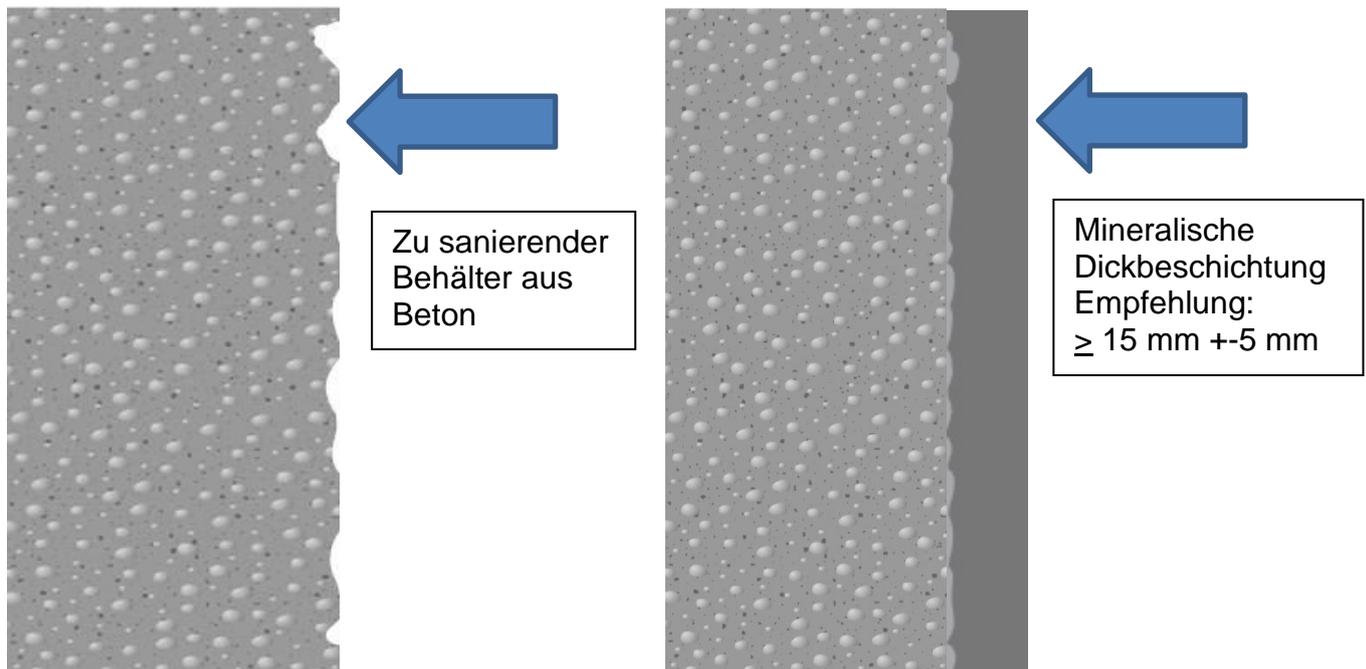
- Installationen
 - Installationen: Zweckmässige Installationen sind eine wichtige Voraussetzung für die erfolgreiche Ausführung von Beschichtungsarbeiten in Wasserreservoirern. Die Kosten positiv beeinflussen können folgende Faktoren:
 - Gewährleistung Zufahrt mit LKW zum Reservoir
 - Ausreichende Platzverhältnisse als Installationsplatz (ebene Fläche)
 - Stromanschluss mit entsprechender Leistung
 - Wasseranschluss mit Trinkwasserqualität als Reinigungs- und Anmachwasser
 - Zugang zur Reservoirkammer

- Untergrundvorbereitung durch Sandstrahlen oder Wasserhöchstdruckstrahlen
 - Durch eine optimale Untergrundvorbereitung wird eine bestmögliche Haftung des Beschichtungsmaterials am bestehenden Untergrund erreicht. Bestehende Beschichtungen, Fehlstellen und lose Stellen im Beton müssen

entfernt werden. Als Massnahmen für die Untergrund-Vorbereitung und die Entfernung der Zementhaut eignen sich HDW, (Höchstdruckwasserstrahlen 2000-3000 bar) und Druckluftstrahlen mit Feststoffen (Sandstrahlen). Kleinere Flächen können durch Stocken und Spitzen mechanisch vorbereitet werden

- Beschichtungsarbeiten mittels Spritzapplikation und händischer Nacharbeitung
- Nachbehandlung der Beschichtung durch Feuchthaltung
- Reinigung und Desinfektion

Bei allen Schritten ist das zuvor vom Planer festgelegte Qualitätssicherungskonzept einzuhalten und die entsprechenden Kontrollen/Proben zu machen.



8. Unterhaltsreinigungen

Für die Unterhaltsreinigungen sind pH-neutrale Reiniger zu verwenden. Die Einwirkung von säurehaltigen Reinigern führt zu einem Flächenangriff auf den Zementstein und hat eine Waschbetonoberfläche zur Folge.

Der Einsatz von Hochdruckreinigern oder harten Bürsten verursacht mechanische Schäden und ist zu vermeiden.

Literatur:

- Schweizerische Lebensmittelgesetzgebung
- SVGW W6 : Richtlinie für Projektierung, Bau und Betrieb von Wasserbehältern
- DVGW Arbeitsblatt W 300 1-5 Technische Regeln
- DVGW Arbeitsblatt W 347 Hygienische Anforderungen

- DVGW Arbeitsblatt W 270 Vermehrung von Mikroorganismen
- gwf Wasser + Abwasser 7.8.2016, «Ökologisch nachhaltige Bindemittel für die Sanierung von Trinkwasserbehältern» (Dipl. Ing. Martin Bolesta)
- KTW-Empfehlungen: Gesundheitliche Beurteilung von Kunststoffen und anderen nicht metallischen Werkstoffen für den Trinkwasserbereich Umweltbundesamt (D)
- DIN EN 1508: Wasserversorgung - Anforderungen an Systeme und Bestandteile der Wasserspeicherung
- SN EN 1504: Produkte und Systeme für den Schutz und die Instandsetzung von Betontragwerken
- Wittmann, F.H. und Gerdes A.: Zementgebundene Beschichtungen in Trinkwasserbehältern WTA-Schriftenreihe ISBN 3-931681-07-6