

Zustandsorientierte Reinigung und Desinfektion von Trinkwasserbehältern

Dipl.-Ing. Gerhard Drescher

Kurzfassung

Betrieb und Instandhaltung von Trinkwasserbehältern zählen nach DVGW Arbeitsblatt W 1000 zu den Anforderungen an Qualifikation und Organisation von Trinkwasserversorgungsunternehmen. Wenn die notwendigen Voraussetzungen hinsichtlich Trinkwasserqualität und Bauzustand gegeben sind, kann das WVU im Rahmen der jährlichen Behälterkontrollen über die Notwendigkeit einer Behälterreinigung selbst entscheiden. Die bedarfs- oder auch zustandsorientierte Behälterreinigung ist als „Allgemein anerkannte Regel der Technik“ im Regelwerk des DVGW in den Arbeitsblättern W 300 und W 291 und der europäischen Norm DIN EN 1508 bestätigt. Die Desinfektion in Behältern und Rohrleitungen sollte dann stattfinden, wenn aus nachvollziehbaren Gründen und abweichend vom Normalbetrieb Kontaminationen des Trinkwassers oder wasserberührter Flächen zu befürchten sind oder schon stattgefunden haben, z. B. bei Schadensfällen, Inbetriebnahmen neu gebauter Anlagen, Instandsetzungen oder konkret festgestellter Beeinträchtigung der Trinkwasserqualität. Auf jeden Fall muss einer Desinfektion eine sehr gründliche mechanische Reinigung vorausgehen. Eine wichtige Forderung ist die jährliche Entfernung von Sediment aus den Wasserkammern, das durch festsitzende Mikroorganismen belastet sein kann.

Summary

According to the German Gas and Water Association's (DVGW) Worksheet W 1000, the operation and maintenance of drinking water containers are required for the qualification and organisation of drinking water supply companies. When the necessary requirements of drinking water quality and state of construction are given, the water supply company can decide itself on the necessity of cleaning containers within the framework of annual container inspections. Container cleaning as is required or dependent on its condition is verified as a generally accepted engineering standard in the rules and standards of the DVGW in the worksheets W 300 and W 291 and in the European standard DIN EN 1508. Disinfection of containers and piping should be done when contamination of drinking water or of areas which have come into contact with water is suspected or has already happened, e.g. in damage events, initial start-up of newly built systems, repair works or in the certain case of the drinking water quality having become compromised. In any case, disinfection needs to precede very thorough mechanical cleaning. One important requirement is the yearly removal of sediment from the water chambers as these can be infested by difficult-to-remove micro-organisms.

1 Einleitung

Der Zweckverband Landeswasserversorgung (LW) betreibt innerhalb seines Versorgungsnetzes 30 Trinkwasserbehälter mit einem Gesamt-Nutzinhalt von ca. 350.000 m³, der größte Behälter mit 88.000 m³, der kleinste mit 9 m³. Die jährliche Behälterreinigung war Teil des allgemeinen Instandhaltungskonzeptes und verursachte pro Jahr einen Personalaufwand von ca. 3.000 Arbeitsstunden. Die Verwendung von chemischen Reinigungsmitteln und Desinfektionsreinigern hatte den Gebrauch von umfangreicher Schutzausrüstung zur Folge, was wiederum zu einer hohen körperlichen Belastung des Reinigungspersonals führte. Bei Arbeitseinsätzen von bis zu 6 Tagen in großen Behältern waren am Ende einer Reinigungskampagne Ausfälle unter den Mitarbeitern keine Seltenheit. Im Zuge von „LW-Sprinter“, einer Benchmarkgestützten Prozessanalyse und -optimierung bei der LW, wurde im Jahr 2006 die „Zustandsorientierte Behälterreinigung“ als Optimierungsmaßnahme in den Hauptprozess Transport und Speicherung eingebracht, entwickelt und auf Tauglichkeit überprüft. Die Optimierung dieses Arbeitsprozesses stand im direkten Zusammenhang mit der Antwort auf folgende Fragen:

1. Wie verändern sich die mikrobiologische Beschaffenheit des gespeicherten Wassers und die mikrobielle Besiedelung von trinkwasserberührten Bauteilen (Biofilm) durch die Behälterreinigung mit Wasser und alternativ bei Verwendung von chemischen Reinigungs- und Desinfektionsmitteln?
2. Welchen Einfluss haben chemische Reinigungs- und Desinfektionsmittel auf die Beschaffenheit der Bauteiloberflächen?

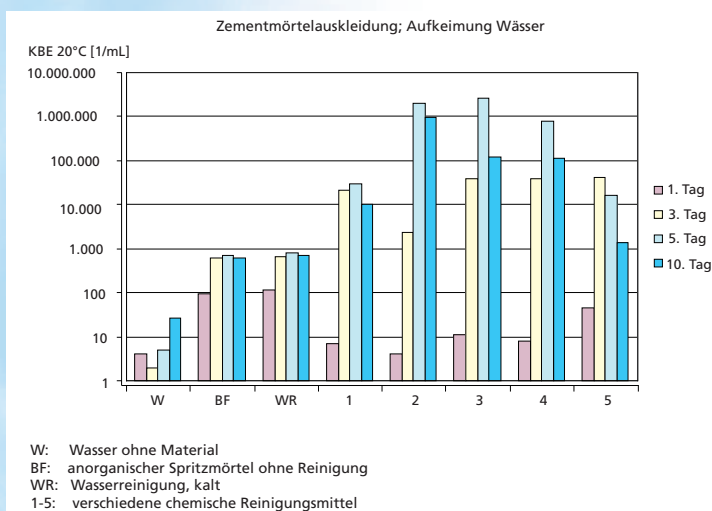
Beide Fragen konnten anhand eigener Untersuchungen und mit den Ergebnissen aus zwei Forschungsvorhaben

1. DVGW F&E-Vorhaben W6/02/04 „Auswirkungen des Reinigungsverfahrens bei beschichteten Behältern auf die mikrobiologische Beschaffenheit des gespeicherten Wassers“
2. BMBF-Forschungsprojekt 02WT0680 „Einfluss von Reinigungsmitteln auf das Werkstoffverhalten zementgebundener Beschichtungen von Trinkwasserbehältern“

eindeutig beantwortet werden und veranlassten die Landeswasserversorgung zur Einführung der „Zustandsorientierten Behälterreinigung“ ohne Verwendung chemischer Reinigungs- und Desinfektionsmittel und bei laufender Qualitätskontrolle durch das eigene Betriebs- und Forschungslabor im Wasserwerk Langenau ab dem Jahr 2007.

2 Reinigungsverfahren

Obwohl bereits im Arbeitsblatt W 291, Ausgabe März 2000, der routinemäßige Einsatz von chemischen Reinigern kritisch betrachtet und die Notwendigkeit in Frage gestellt wurde, gehörte bis zum Jahr 2007 die Entfernung von LW-typisch schwach ausgeprägten braunen Belägen in der Wasserwechselzone aus Oxiden von Eisen und Mangan mit säurehaltigen chemischen Reinigungsmitteln zum Standard einer „ordentlichen“ Behälterreinigung und war wichtigstes Argument für die Richtigkeit dieser Methode. Nach Auswertung der Versuchsergebnisse aus den genannten Forschungsprojekten hat man bei der LW gezielt daran gearbeitet, die standardisierte jährliche Behälterreinigung auf eine chemiefreie, rein mechanische Wasserreinigung zurückzuführen.



Ein schwerwiegendes Argument für die Umstellung des Reinigungsverfahrens war der Einfluss der sauren Reiniger auf die säureempfindlichen mineralischen Oberflächen der Wasserkammern.

LW – Trinkwasserbehälter im Leitungsnetz Größenverhältnisse

Anzahl	Speicherinhalt (m³)	Personalaufwand (h/a)	spez. Aufwand je m³ (h/m³/a)
1	ca. 88.000	384	0,0044
2	ca. 50.000	740	0,0074
2	ca. 30.000	618	0,0103
2	ca. 20.000	360	0,0090
3	ca. 10.000	744	0,0248 ¹⁾
4	ca. 5.000	48	0,0050
2	ca. 2.000	20	0,0050
4	ca. 1.000	40	0,0100
10	< 1.000	60	0,0060

Summen:
 30 Behälter gesamt ca. 350.000 m³ 3014 h/a ¹⁾ mit Stollen Osterbuch

Bild 1:
 Jährliche Behälterreinigung bei der LW – Personalaufwand ca. 3.000 Arbeitsstunden pro Jahr

Bild 2:
 Mikrobiologische Beschaffenheit des Wassers bei unterschiedlichen Reinigungsverfahren auf anorganischem Spritzmörtel (DVGW F&E-Vorhaben W6/02/04)



Bild 3a/b:
Betonkorrosion im Bereich der Wasserwechselzone durch intensiven Einsatz von Hochdruckreinigern und sauren Reinigungsmitteln

Beton oder Zementmörtel, häufig auch nur dünne Beschichtungen mineralisch gebundener Schlämmen und PCC-Mörtel ließen deutliche Erosionsspuren erkennen. Sowohl Dauerhaftigkeit als auch Gebrauchstauglichkeit der wasserberührten Oberflächen waren beeinträchtigt. Die Rauigkeit beschleunigte und verstärkte die mikrobielle Besiedlung, der Gleichgewichtszustand des gesunden Biofilms war gestört. Je häufiger gereinigt wurde, desto weniger reinigungsfreundlich entwickelten sich die Oberflächen der Wasserkammern.

Die Hersteller der chemischen Reinigungsmittel haben die Zeichen der Zeit richtig gedeutet und vermehrt pH-neutrale Reiniger auf den Markt gebracht. Die Untersuchung „Einfluss von Reinigungsmitteln auf das Werkstoffverhalten zementgebundener Beschichtungen von Trinkwasserbehältern“ aus der Hochschule für Technik und Wirtschaft in Karlsruhe – GWF Wasser Abwasser, 149(2008) Nr. 2 beschäftigt sich ausführlich mit den Wechselwirkungen zwischen Werkstoff und Reiniger und zeigt chemisch-physikalische und mikrobiologische Reaktionen auf.

Obwohl der Trend zur chemiefreien Behälterreinigung bundesweit anhält, gibt es noch genügend Fälle, wo die Kombination von Rohwasserqualität, Aufbereitungsverfahren und Bauzustand der Wasserkammern eine regelmäßige Reinigung mit zusätzlichen Reinigungsmitteln erfordert. Dort unterstützt das Regelwerk des DVGW mit dem Merkblatt W 319 den Einkauf von zugelassenen Reinigern im Sinne der „Allgemein anerkannten Regeln der Technik“.

3 Desinfektion

Die Desinfektion von Anlagen der Wasserverteilung und Wasserspeicherung war schon immer auf Einsatzfälle beschränkt, bei denen eine Aufkeimung im Wasserkörper nicht völlig ausgeschlossen werden konnte, z. B. bei Einbindungen, Neubauten oder Instandsetzungen von Rohrleitungen und trinkwasserberührten Bauteilen.

Die intensive Auseinandersetzung mit der Wechselwirkung von Biofilmen und Aufkeimungen, dem zugehörigen Katalysator aus Abbauprodukten von Reinigungs- und Desinfektionsmitteln und nicht zuletzt die Neubildung von assimilierbarem organischen Kohlenstoff (AOC) aus Resten des teilweise zerstörten Biofilms nach Desinfektion oder chemischer Reinigung, haben bei der LW den Prozess des Umdenkens in puncto Reinigung und Desinfektion erheblich beschleunigt.

Erkenntnisse aus diesen Diskussionen werden bei der LW heute wie folgt in Arbeitsanweisungen umgesetzt:

Hygienevorschriften – Prävention statt Reaktion

Die LW hat in ihr Betriebshandbuch eine Hygienevorschrift aufgenommen, die als „Zusätzliche Technische Anweisung“ jeder Ausschreibung von Baumaßnahmen im Bereich von trinkwasserberührten Anlagenteilen beigeheftet wird. Ein Mitarbeiter der LW überwacht als Hygienebeauftragter die Beachtung der Hygienevorschriften, welche vom Personal der Fremdfirmen und von Lieferanten einzuhalten sind. Bei Zuwiderhandlungen erfolgt ein Baustellenverbot. Die erhofften Erleichterungen durch störungsfreie Inbetriebnahmen von neuen Anlagenteilen sind über die gestellten Erwartungen hinaus in vollem Umfang eingetreten.

Reinigung kommt vor Desinfektion

Desinfektionsmittel dürfen in Rohrleitungen und Bauwerken nur eingesetzt werden, wenn sichergestellt ist, dass alle mit mechanischen Hilfsmitteln austragbare Verunreinigungen entfernt wurden. Der Erfolg dieser Maßnahme wird bei Rohrleitungen durch eine Kamerabefahrung kontrolliert und dokumentiert.

Desinfektion nach DVGW W 291(A)

Die Desinfektion wird mit 100 % Wirkstoff durchgeführt. Desinfektionsreiniger sind keine Desinfektionsmittel. Nach der Desinfektion muss nach 1 bis 2 Tagen mit Aufkeimungen durch Desinfektionsnebenprodukte gerechnet werden. Anstatt sofort weitere Desinfektionsmaßnahmen einzuleiten, wird zuerst eine Verbesserung durch intensives Abreinigen mit Trinkwasser bzw. durch Spülen herbeigeführt. Führt dies zu keinem nachhaltig positiven Ergebnis, wird eine kontinuierliche Chlorung mit max. 0,3 mg/l Chlor einer erneuten Hochchlorung vorgezogen.

Biofilm ist keine Verunreinigung

Ein gesundes Milieu im Trinkwasserbehälter oder in der Rohrleitung ist ohne Biofilm nicht zu erreichen. Ein gewaltsames Abreinigen ist kontraproduktiv.

Braune Beläge in der Wasserwechselzone

Diese sind akzeptabel, da sie rein mineralisch sind.



Untersuchungen haben gezeigt, dass weder in mikrobiologischer noch in bautechnischer Hinsicht Gefahren für die Trinkwasserqualität oder den Substanzerhalt der Wasserkammern besteht. Der Gegenwert durch Vermeidung von säureinduzierter Betonkorrosion gleicht den Verlust ästhetischer Sichtbetonqualität bei weitem aus.

Bilder 4 + 5:
Behälterreinigung mit Trinkwasser

4 Zustandsorientierte Behälterreinigung

4.1 Voraussetzungen

Notwendige Voraussetzungen müssen erfüllt sein, damit der Reinigungszyklus in einem Trinkwasserbehälter, ausgehend von der jährlichen Reinigung, verlängert werden kann.

Voraussetzungen sind in erster Linie detaillierte Kenntnisse über:

- die Rohwasserqualität(-en)
- die Leistungsfähigkeit der Aufbereitungsanlagen
- chemisch-physikalische Eigenschaften des Reinwassers
- das Wiederverkeimungspotenzial des Reinwassers in Abhängigkeit von Wachstumsrate und Vermehrungsfaktor, als jährlicher Qualitätsparameter
- der bauliche Zustand eines jeden Behälters – insbesondere der wasserberührten Flächen
- Risikofaktoren bei der Wasserspeicherung, wie z. B. Lüftungen, Einstiege, materialbezogene Eigenschaften der Bauteiloberflächen etc.
- Aufenthaltszeiten des Trinkwassers in der Zuleitung und im Behälter; Durchmischung im Behälter, etc.

Summa summarum: Im Grunde müssen die Anlagen für Wassertransport und -speicherung den Anforderungen des Technischen Regelwerks und damit den allgemein anerkannten Regeln der Technik entsprechen und zwar im baulichen Zustand, im laufenden Betrieb und während der Instandhaltung.

Die regelmäßige Beprobung der Wandflächen mit Hilfe von Abstrichen, die im Labor auf spezifische Mikroorganismen und Pilze untersucht werden, ist eine Kontrolle des in LW-Behältern sehr schwach ausgeprägten, dabei aber sehr stabilen Biofilms. Mit Hilfe dieser Beprobung und der sorgfältigen visuellen Kontrolle aller wasserberührten Flächen im Rahmen der jährlichen Behälterbegehung, können Abweichungen vom Normalzustand rechtzeitig festgestellt werden. Während der jährlichen Behälterbegehung wird das Sediment auf der Behältersohle entfernt, dabei mengenmäßig erfasst und im Labor mikrobiologisch (z. B. Koloniezahlen, Coliforme, *E. coli*) untersucht. Mittelfristig lässt sich mit den Untersuchungsergebnissen für jeden Behälter ein eigener „Behältersteckbrief“ erstellen. Das Landesgesundheitsamt als zuständige Überwachungsbehörde für die Fernwasserversorgung legt dabei großen Wert auf die jährliche Entfernung des Sediments, das durch festsitzende Mikroorganismen belastet sein kann.



Bild 6 (links):
Mikrobielle Besiedelung des Sediments – vor der Reinigung

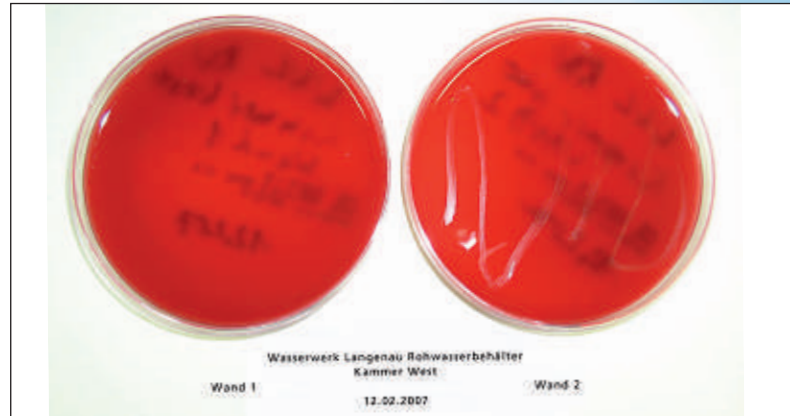


Bild 7 (rechts):
Keine Befunde auf den Wänden der Wasserkammern – vor der Reinigung

4.2 Zustandsorientierte Behälterreinigung bei der Landeswasserversorgung

Nachdem die genannten Voraussetzungen nachweisbar erfüllt waren, sah der weitere Ablauf eine Verlängerung des Reinigungszyklus von zunächst einem Jahr auf zwei Jahre vor. Bei positiven Ergebnissen sollte der zeitliche Abstand zwischen zwei Reinigungen um ein drittes Jahr verlängert werden. Danach würden die Behälter wieder komplett, ohne chemischen Reiniger, mit Trinkwasser gereinigt.

Die ausgewählten Behälter wurden in der Kampagne 2007/2008 zuletzt gereinigt. Die Untersuchungsergebnisse ließen eine Verlängerung bis Ende des Jahres 2009 zu. Derzeit finden wieder die jährlichen Begehungen in den LW-Behältern statt. Nachdem die bisherigen Ergebnisse der Abklatschproben von den Kammerwänden keine Veränderungen gegenüber den Nullproben aus dem Jahr 2007 zeigen, wird die Frist bis zur nächsten Reinigung voraussichtlich um ein weiteres Jahr verlängert. Das Sediment wird grundsätzlich entfernt.

Tabelle 1:
Zustandsorientierte Behälterreinigung bei der Landeswasserversorgung der Jahre 2007 bis 2010

Anlage	2007						2008						2009						2010						
	Grund der Reinigung			Art der Reinigung			Grund der Reinigung			Art der Reinigung			Grund der Reinigung			Art der Reinigung			Grund der Reinigung			Art der Reinigung			
	Routine	Auffälligkeiten (z.B. Mikrobiologie)	„Tiere“ in der Wasserkammer	Entfernung Sediment	Komplettreinigung	Desinfektions-/Reinigungsmittel	Routine	Auffälligkeiten (z.B. Mikrobiologie)	„Tiere“ in der Wasserkammer	Entfernung Sediment	Komplettreinigung	Desinfektions-/Reinigungsmittel	Routine	Auffälligkeiten (z.B. Mikrobiologie)	„Tiere“ in der Wasserkammer	Entfernung Sediment	Komplettreinigung	Desinfektions-/Reinigungsmittel	Routine	Auffälligkeiten (z.B. Mikrobiologie)	„Tiere“ in der Wasserkammer	Entfernung Sediment	Komplettreinigung	Desinfektions-/Reinigungsmittel	
B.AMS	März				x		Jan				x		Jan				x		März					x	
B.AUF	Jan				x		Feb				x		Feb				x		Feb					x	
B.OSB (Neu)	März				x		Feb				x		19. Okt				x								
B.OSB (Alt)	Feb				x		März				x		Feb				x		März					x	
B.OSB (Stol.)	Jan				x		April				x		April				x		April					x	
B.AUF																			Mai				x		
B.AUF																			Mai				x		
B.OSB (Neu)																			Juni				x		
B.AMS																			Aug				x		
B.OSB (Neu)																			Dez					x	

4.3 Kontrolle und Reinigung von Trinkwasserbehältern der LW – nach Betriebshandbuch und durch eigenes Personal

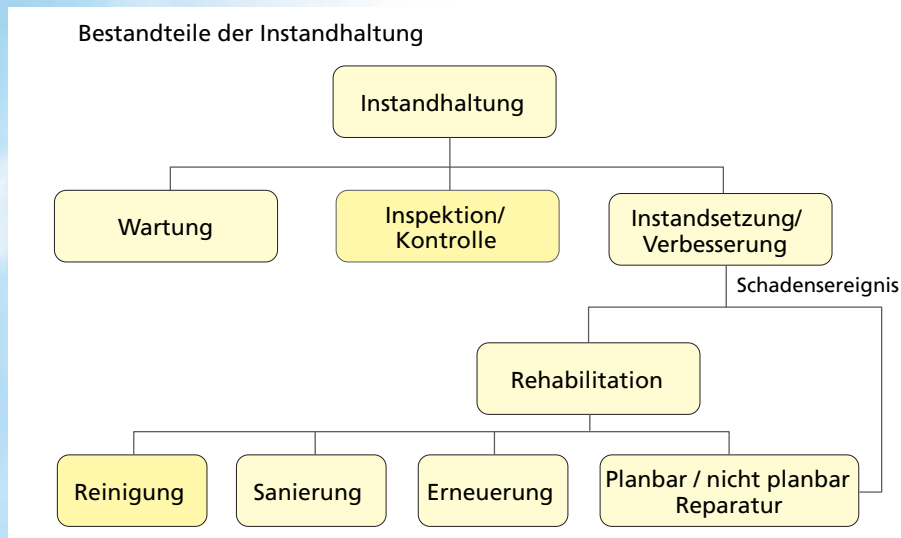


Bild 8:
Bestandteile der Instandhaltung

4.3.1 Überwachung mit Fernwirktechnik ohne Personal, durch die Zentralwarte, je Kammer

- Trinkwasser-Onlinemessungen, spezielle Qualitätsparameter: SAK254, Trübung, Chlordioxid, Redox-Spannung
- Wasserstand, Einlauf, Auslauf, Maschinenteknik
- Objektschutzeinrichtungen
- E+MSR – Technik
- Kellerwasser

4.3.2 Überwachung der Trinkwasserqualität durch Analysen – eigene geschulte Probenehmer

- Wöchentliche/monatliche Probenahme und Untersuchung nach TrinkwV

4.3.3 Inspektion und Wartung – bei gefüllter Wasserkammer, 1x pro Woche, mit eigenem Personal

- freier Wasserspiegel: Farbe, Geruch, Schwimmschicht, Sediment
- Chlordioxid-Anlage; Chloranlage
- Probeläufe von Maschinen, Antrieben
- Behälterlüftung: Luftfilter, Filterwiderstand, Entwässerung, Siebe, Gitter
- Sickerungen, Grundablass, freier Überlauf
- Fenster, Türen, Verschlüsse, Arbeitsschutz, Objektschutzeinrichtungen
- Nachtmessungen zur Feststellung von Wasserverlusten

4.3.4 Kontrolle und Reinigung – bei entleerter Wasserkammer, jährlich und zustandsorientiert, mit eigenem Personal

Zustandsorientierte Unterhaltsreinigung im Normalbetrieb:

- Einweisung des Personals in die Instandhaltungsmaßnahme
- Abwirtschaften und Entleeren der Wasserkammer
- Desinfektionsschleuse aufbauen
- Radonmessung
- Aufnehmen von Proben des Sediments
- Entfernen des Sediments
- Kontrolle der Bausubstanz und Hydraulik
- Kontrolle von Geruchs-, Belags-, und Bewuchsbildung
- Wasserreinigung der Bodenplatte
- zustandsorientiertes Reinigen von Wänden, Stützen, Einbauteilen

Bei Bedarf Desinfektion nach der Reinigung, bei der Erstinbetriebnahme, nach langen Stillstandszeiten und nach Störfällen oder Reparaturen:

- Desinfektion der trinkwasserberührten Flächen und der Deckenunterschicht
- Neutralisieren und Ableiten des Abwassers
- Befüllen des Behälters als Teilfüllung
- Probenahme aus der Teilfüllung
- Inbetriebnahme nach Ergebnis der Beprobung

4.3.5 Dokumentation

Die Dokumentation der Instandhaltungsmaßnahmen erfolgt entsprechend Betriebshandbuch über einheitliche Formulare, Standort Betriebsstelle. Im Behälterbuch werden Eingang, Ausgang, Mitarbeiter und alle Abweichungen vom Normalbetrieb festgehalten, Standort Behälter.

5 Fazit

Die zustandsorientierte Reinigung und Desinfektion von Trinkwasserbehältern ist regelwerkskonform und trägt dem Zustand der Wasserversorgungseinrichtungen, der Qualität des zu speichernden Wassers und der Ausbildung des eigenen Betriebspersonals Rechnung. Bezüglich des Bauzustands der Behälter ist es keine Generallösung, sondern bleibt zustandsorientiert und individuell anwendbar.

Bild 9: Instandhaltung:
Kontrolle - Reinigung/Desinfektion,
bei entleerter Wasserkammer. Was
muss (nicht) sein?

- | | |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • TRW des DVGW: Arbeitsblätter W 291, W 300 • Trinkwasserverordnung (jährliche Kontrolle, allg. anerkannte Regeln der Technik §19 Überwachung) | |
| <p>Muss!</p> <ul style="list-style-type: none"> • jährliche Kontrollen • Wasserqualität im Behälter • Reinigung nach Erfordernis • Entfernung des Sediments • Desinfektion nach Reinigung <ul style="list-style-type: none"> • im Neubau vor Inbetriebnahme • nach <u>langer</u> Außerbetriebnahme • bei mikrobiol. Kontamination • nach flächigen Reparaturen | <p>Muss nicht!</p> <ul style="list-style-type: none"> • jährliche Reinigung • chem. Reiniger • Desinfektion nach Reinigung als Standardprozedur <p>Darf nicht!</p> <ul style="list-style-type: none"> • Desinfektion ohne vorherige Reinigung! |

Dieses Instandhaltungskonzept bedarf einer strengeren Kontrolle als die zyklische Behälterreinigung und stellt höhere Anforderungen an die Erfahrung und Aufmerksamkeit des Betriebspersonals. Der Gewinn liegt in der Reduzierung von schwerer körperlicher Arbeit und dem sinnvollen Einsatz der Mitarbeiter für Maßnahmen zur Aufrechterhaltung der Versorgungssicherheit und einer längeren Lebensdauer der Behälterbeschichtungen bei hoher mikrobiologischer Sicherheit.