

ZEITSCHRIFT DES BUNDESVERBANDES DER HYGIENEINSPEKTOREN

12. JAHRGANG - 02/2010

DER HYGIENEINSPEKTOR

INFEKTIONSSCHUTZ - TRINKWASSER - BADEWASSER - UMWELTHYGIENE



MITTEILUNGEN UND BERICHTE AUS BUND UND LÄNDERN

FACHBEITRÄGE UND FACHWISSEN

BERUFSPOLITIK

Kontaminierte Wasserverteilungsnetze mit Comprex effizient reinigen

Bei einer Verunreinigung des Trinkwasserverteilungsnetzes muss der Netzbetreiber umgehend reagieren. Er verordnet als erste Maßnahme meist ein Abkochgebot oder lässt dem Trinkwasser zur Desinfektion Chlor zudosieren. Wichtig ist aber, die Ursache der Verunreinigung zu ermitteln, Maßnahmen dagegen zu ergreifen und schließlich die Verunreinigungen aus dem Netz zu entfernen. Die mechanische Reinigung kontaminierter Wasserverteilungsnetze mit dem Impuls-Spül-Verfahren Comprex hat sich in vielen Fällen bewährt. Dies zeigen verschiedene Anwendungsfälle aus der Praxis.

HANS-GERD HAMMANN¹, NORBERT KLEIN²

Der Verbraucher erwartet einwandfreies Trinkwasser. Diese Anforderung ist in der Trinkwasserverordnung festgelegt. Dort sind die Untersuchungsparameter und die Häufigkeit der Wasseruntersuchungen geregelt. Doch es kommt immer wieder zu Verkeimungsproblemen, d.h. die mikrobiologischen Parameter sind erhöht und entsprechende Grenzwerte überschritten. Das Verteilungsnetz ist mikrobiologisch kontaminiert. Häufig hat ein Eintrag von außen stattgefunden.

Im Gegensatz zur dezentralen Kontamination an einzelnen Entnahmestellen ist unter einer systemischen Kontamination zu verstehen, dass die Kontamination zeitgleich an mehreren Probenahmestellen im Wasserverteilungssystem vorliegt. Mögliche Ursachen für eine systemische Kontamination mit coliformen Bakterien sowie Maßnahmen für ein abgestuftes Vorgehen beim Nachweis dieser Mikroorganismen im Trinkwasser sind in einer Empfehlung des Umweltbundesamtes [1] beschrieben.

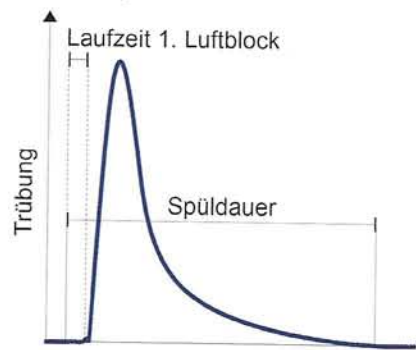
Mögliche Ursachen für eine systemische Kontamination im Verteilungsnetz sind Verunreinigungen in Behältern, schlecht unterhaltene Rohrnetze, Wiederverkeimung im Verteilungsnetz, Eintrag von Mikroorganismen

ins Verteilungsnetz infolge technischer Störungen, unzureichende Desinfektion im Hochbehälter / Verteilungsnetz, unzulässige Verbindung mit anderen Wassersystemen oder Mikroorganismen aus Biofilmen auf Komponententeilen [1]. In den hier geschilderten Fällen waren die Ursachen: undichte Decke eines Tiefbehälters, Eintrag von Schlamm nach einem Unwetter und Störung bei der Wasseraufbereitung im Wasserwerk. Typisch für das Feststellen und die ersten Maßnahmen ist folgender Ablauf: Zunächst wird die Kontamination durch das Überschreiten der Grenz- bzw. Richtwerte der mikrobiologischen Parameter nachgewiesen. Im nächsten Schritt wird das Trinkwasser gechlort, häufig mit erhöhter Chlordosis, in manchen Fällen auch eine Spülung mit Trinkwasser durchgeführt. Damit lassen sich die Grenzwerte der mikrobiologischen Parameter gemäß Trinkwasserverordnung einhalten. Diese Maßnahme stellt aber keine Dauerlösung dar. Als Folge der erhöhten Chlordosis beschweren sich Verbraucher, die den Genuss reinen Trinkwassers gewöhnt sind. Der Wasserverteiler gerät unter Druck, wenn nach Rückfahren der Chlordosis die Konzentrationen der mikrobiologischen Parameter ansteigen. Dieser Vorgang ist verständlich, wenn der Biofilm nicht aus dem System ausgegaren wird.

Diese erste Maßnahme schafft in den meisten Fällen die notwendige Zeit, die Ursachen für den Eintrag der Verunreinigung zu ermitteln und das Verteilungssystem wieder in einen hygienisch einwandfreien Zustand zu versetzen. Außerordentlich wichtig ist dabei, die Verunreinigungen zuverlässig aus dem Wasserverteilungssystem zu entfernen. Hierbei spielt die Comprex-Reinigung eine wesentliche Rolle.

Vielfach herrscht die Meinung vor, dass sich durch die Trinkwasserdesinfektion die Verunreinigungen beseitigen lassen. Untersuchungen aber zeigen, dass dies in vielen Fällen nicht zutrifft. In Trinkwasser liegt Chlor in Abhängigkeit vom pH-Wert als unterchlorige Säure oder Hypochlorit vor und kann die oberen Schichten des Biofilms angreifen, ihn aber nur wenig durchdringen. Abgelöste Teile des Biofilms werden mit dem Trinkwasser verteilt. Verbleibende abgetötete Teile dienen aber als Nährsubstrat für andere Mikroorganismen, so dass sich nach Reduzieren der Chlordosis neue Populationen verstärkt vermehren. Der Biofilm bildet sich um. Auf der Oberfläche wachsen vermehrt Mikroorganismen. Sie gehen zum Teil in das fließende Wasser über und führen zu erhöhten Konzentrationen der mikrobiologischen Parameter.

Zustand	Strömung	Geschwindigkeitsprofil	Bemerkungen
In Betrieb $v < 1 \text{ m/s}$			laminare Strömung $v_{\text{max}} = 0$
Wasserspülung $v = 2 \text{ m/s bis } 3 \text{ m/s}$			turbulente Strömung $v_{\text{max}} = \frac{1}{2} v_{\text{mittel}}$
Comprex-Reinigung			Wasserphase laminare / turbulente Strömung $v(-): \text{ variabel}$
In Spülschnitt v abhängig von Druckverlauf			Phasengrenze turbulente Strömung $v(+): 10 \text{ m/s bis } 15 \text{ m/s}$
vor Spülschnitt $v: 0,2 \text{ m/s bis } 0,8 \text{ m/s}$			



V.L.N.R.: ABB. 1: MODELLHAFT DARSTELLUNG BEI BETRIEB, WASSERSPÜLUNG UND COMPREX-REINIGUNG EINER ROHRLEITUNG
 ABB. 2: PRINZIPELLER TRÜBUNGSVERLAUF WÄHREND DER COMPREX-REINIGUNG
 ABB. 3: TRÜBES SPÜLWASSER IM SCHAUGLAS WÄHREND DER COMPREX-REINIGUNG

Ein weiterer Effekt wurde bei neuesten Untersuchungen entdeckt. Biozide können Mikroorganismen in eine Art Schlafzustand (VNBC = viable but not cultivable) versetzen [2]. Dies bedeutet, dass sie sich durch die konventionellen Verfahren nicht kultivieren und nachweisen lassen, aber dennoch leben und durch neue Verfahren nachweisbar sind. In diesem Schutzzustand überleben sie den Stress durch Biozide und vermehren sich bei Reduktion des Biozidgehalts wieder, beispielsweise auf dem abgetöteten Biofilm als Nährsubstrat.

Aufgrund der neuen Erkenntnisse führt nur eine effiziente Reinigung zum Ziel. Sie muss die Verunreinigungen mobilisieren und zuverlässig austragen, darf aber die Rohrleitungswerkstoffe nicht schädigen.

Das Umweltbundesamt empfiehlt bei Kontaminationen ein intensives Spülen des Verteilungsnetzes. Am einfachsten ist das Spülen mit Wasser bei Fließgeschwindigkeiten von 2 bis 3 m/s. Dabei zeigt sich aber immer wieder, dass dieses Verfahren nicht ausreicht. In vielen Fällen ist es nämlich nicht möglich, genügend Wasser zur Verfügung zu stellen, um die benötigten Fließgeschwindigkeiten zu erreichen. Auf der anderen Seite bereitet häufig die Entsorgung der Spülwässer über normale Hydranten Probleme.

Impuls-Spül-Verfahren Complex

Im Gegensatz zum Spülen mit Wasser geht die Complex-Reinigung sparsam mit Trinkwasser um und erreicht durch die Luftmolche dennoch eine wirksamere Reinigungsleistung. Diese Effekte sind in Abb. 1 modellhaft dargestellt. Im Gegensatz zur Wasserspülung, wo kontinuierlich eine turbulente Strömung auf die Verunreinigungen und Ablagerungen wirkt, ändert sich bei der Complex-Reinigung die Fließgeschwindigkeit in Abhängigkeit

von den Luftimpulsen. In Abb. 1 unten ist der Druckverlauf während einer Complex-Reinigung dargestellt [3]. Zum Messen der Drücke dienen zwei in unterschiedlichen Abständen positionierte Drucksensoren. Aufgrund der Pufferwirkung bereits in der Rohrleitung vorhandener Luftblöcke (Luftmolche) ändert sich die Fließgeschwindigkeit der Wasserblöcke. Das Wasser tritt mit Fließgeschwindigkeiten $< 1 \text{ m/s}$ in die Spülstrecke ein und besitzt eine laminare Strömung. Durch Luftimpulse werden die Wasserblöcke beschleunigt. In den Grenzbereichen Wasser/Luft/Rohrwand bilden sich Verwirbelungen mit Fließgeschwindigkeiten von 10 m/s bis 15 m/s aus. Die intermittierenden Fließgeschwindigkeiten induzieren eine äußerst intensive Schleppspannung. Die Verwirbelungen an den Phasengrenzen zwischen Wasser- und Luftblöcken bewirken weiterhin kontrollierte Kavitation. Verunreinigungen und Ablagerungen werden mobilisiert.

Der Austrag an Verunreinigungen lässt sich anhand der Trübung des Spülwassers verfolgen. Abb. 2 zeigt den prinzipiellen Verlauf der Trübung während einer Complex-Reinigung. Der Trübungsverlauf entspricht tendenziell in etwa dem Austrag von Biofilm. Dies bedeutet, dass bei klarem Spülwasser kein Biofilm mehr ausgetragen wird und die Rohrleitung als gereinigt bezeichnet werden kann. Abb. 3 zeigt ein Schauglas. Hier lässt sich visuell die Trübung des Spülwassers erkennen und der Trübungsverlauf verfolgen.

Das Impuls-Spül-Verfahren Complex basiert auf einer kontrollierten, impulsartigen Zugabe komprimierter, vierfach gefilterter Luft aus einer Complex-Einheit in einen definierten Spülabschnitt (Abb. 4). Basierend auf den Parametern Nennweite der Rohr-

leitung, Länge und Verlauf des Spülabschnittes, Rohrnetzruhedruck wird der Rohrnetzdruck abgesenkt und der Impulsdruck der Luft unterhalb des Rohrnetzruhedrucks eingestellt. Die sich bei der Einspeisestelle bildenden Luftblöcke bewegen sich im Wechsel mit Wasserblöcken durch den Spülabschnitt. Mobilisierbare Ablagerungen werden von den Rohrwänden abgelöst und mit dem Spülwasser ausgetragen (Abb. 3).

Da der Impulsdruck unterhalb des Rohrnetzruhedrucks liegt, ist das Rohrsystem keinen höheren Druckbelastungen als im normalen Betrieb ausgesetzt. Beschädigungen sind dadurch praktisch ausgeschlossen. Die Luftblöcke beim Complex-Verfahren lassen sich als Luftmolche verstehen. Sie passen sich dem Rohrleitungsquerschnitt an und bleiben nicht stecken. Unterschiedliche Nennweiten oder gar Verzweigungen stellen kein Problem dar. Gegenüber der konventionellen Molch-Technik besticht die Einfachheit des Complex-Verfahrens. Über Anschlüsse wie Hydranten oder Be- und Entlüftungsöffnungen lassen sich die Luftmolche basierend auf Rohrleitungsparametern leicht durch Zugabe von gereinigter Luft computerunterstützt herstellen. In Verteilungsnetzen dienen normalerweise Hydranten zum Ausspeisen des Spülwassers. Abb. 5 zeigt eine Ausspeisung über Standrohr und Schaugläser und Auslaufbox.

Da das Impuls-Spül-Verfahren mit zeitlich begrenzten Spülungen in zuvor festgelegten Leitungsabschnitten bei geringem Wasserbedarf arbeitet, bleibt das restliche Versorgungsnetz ohne Beeinträchtigung. Nur in den zu spülenden Leitungsabschnitten darf von den Anwohnern kein Wasser entnommen werden.

Beispiele aus der Praxis verdeutlichen mögliche Vorgehensweisen beim Reinigen kontaminierter Trinkwassernetze (Abb. 6).

Praxisbeispiel 1: Schäden an Bauwerken

Verunreinigtes Wasser und Verunreinigungen dringen durch undichte oder undicht gewordene Anlagenteile ein. Im konkreten Fall waren es die Behälterdecke, undichte Abde-

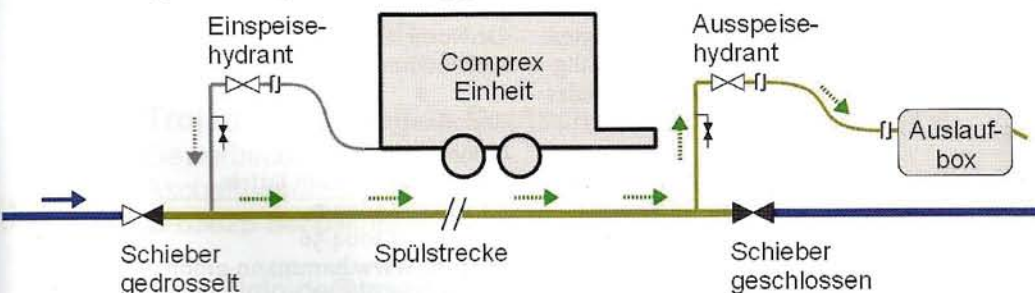


ABB. 4: PRINZIP DES IMPULS-SPÜL-VERFAHRENS COMPLEX

ckungen oder defekte Gitter.

Eine Gemeinde in Süddeutschland verfügt über ein eigenes Wasserwerk. Bei einer routinemäßigen Trinkwasseruntersuchung wurden coliforme Keime in erhöhter Konzentration festgestellt. Die Gemeinde reagierte unverzüglich, zunächst mit täglichen eigenen Spülungen des Trinkwassernetzes. In Abstimmung mit dem Gesundheitsamt wurde dem Trinkwasser zur Desinfektion Chlor zugemischt und eine umfangreiche Ursachensuche begonnen.

Die Ursachensuche, in die auch ein mikrobiologisches Labor eingebunden war, brachte zunächst kein eindeutiges Ergebnis. Es ließ sich jedoch ausschließen, dass die Ursache für die Verkeimung in den Brunnen oder in den Aufbereitungsanlagen zu suchen war. Nach Reinigen und Inaugenscheinnahme der beiden Saugbehälter zeigte sich schließlich, dass das Flachdach eines Tiefbehälters undicht war – vermutlich der Grund für die Kontamination. Im Rahmen der Sanierung wurden auch defekte Gitter erneuert. Die Gemeinde ließ ihr gesamtes Wasserverteilungsnetz mit dem Impuls-

Spül-Verfahren reinigen. Dadurch wurden nicht nur Biofilme, sondern auch Ablagerungen, die sich im Laufe der Jahre im Netz gebildet hatten, entfernt. Die genommenen Wasserproben zeigten schließlich keine Auffälligkeiten mehr.

Ein positiver Nebeneffekt der Spülarbeiten war die Aktualisierung und Vervollständigung des Planwerks. Wegen der flächendeckenden Rohrnetzspülung wurde fast jeder Schieber im Netz mindestens einmal betätigt. So ließen sich Unstimmigkeiten im Planwerk schnell ausmachen und korrigieren. Schlecht schließende Armaturen wurden erkannt und vielfach wieder funktionstüchtig gemacht.

Praxisbeispiel 2: Unwetterschaden

Bei Unwetter mit großen Regenereignissen dringt Schlamm und Oberflächenwasser in die Wasserversorgungsanlage ein. Sie wird außer Betrieb genommen und eine Notversorgung eingerichtet.

In Ostdeutschland führte im Sommer 2008 ein Unwetter zu Überschwemmungen im Bereich einer Verbindungsstraße zweier Ortsteile einer Gemeinde. Schlammmassen überspülten die Straße, drangen in die Druckerhöhungsstation ein und verunreinigten schließlich die Erdbehälter über die Be- und Entlüftungsventile. Unverzüglich nach dem Unwetter wurde das Schlammwasser abgesaugt und die Erdbehälter gereinigt. Es folgten Rohrnetzspülungen durch die Gemeinde. Das zuständige Gesundheitsamt ordnete eine Desinfektion der Druckerhöhungsstation und der Erdbehälter an. Gleichzeitig wurde der mit Schlamm verunreinigte Leitungsabschnitt mit dem Complex-Verfahren gereinigt. Während dieser Zeit wurde die Bevölkerung durch Wassertanks weiter mit Trinkwasser versorgt. Nach der Reinigung zeigten die Wasseranalysen keine Auffälligkeiten mehr. Das Netz konnte wieder in Betrieb gehen.

Praxisbeispiel 3: Störung bei der Wasseraufbereitung im Wasserwerk

Im Verteilungsnetz einer norddeutschen Mittelstadt erhöhten sich Anfang 2010 die mikrobiologischen

Werte. Als Maßnahme entschieden die verantwortlichen Stadtwerke nach Rücksprache mit dem Gesundheitsamt, einen Bereich von ca. 30 km Rohrnetz zu reinigen und den restlichen Bereich weiterhin intensiv zu überwachen. Die als Notfallmaßnahme anberaumte Complex-Reinigung war erfolgreich. Die danach genommenen Wasserproben zeigten keine Auffälligkeiten mehr.

Fazit

Bei Störfällen sind unverzüglich Maßnahmen zu ergreifen, um die Bevölkerung mit sauberem Trinkwasser zu versorgen. Ursachen der Beeinträchtigung, die zur Verkeimung von Trinkwasser führen, sind normalerweise Verunreinigungen in den Trinkwasseranlagen. Sind die Ursachen der Kontamination klar erkennbar, wie z.B. Folgen von Unwetter, lassen sich gezielt Reinigungsmaßnahmen ergreifen. Besteht der Verdacht, dass Undichtheiten an Anlagen zum Eintrag von Verunreinigungen führen, so sind zunächst die Pfade zu lokalisieren, die Anlage zu sanieren und die daran anschließende Wasserverteilung vollständig zu reinigen. Das Complex-Verfahren hat sich dabei als effizientes Verfahren bewährt, denn nur saubere Leitungen können Trinkwasser hygienisch einwandfrei bis zum Verbraucher transportieren.

Literatur

- [1] Empfehlung des Umweltbundesamtes – Coliforme Bakterien im Trinkwasser; Bundesgesundheitsbl. 4/2009 S. 474-482.
- [2] H.-C. Flemming et al.; IWW Journal 31. Mai 2009, S. 4 und S. 10-12.
- [3] Harting K.; IKT-Bericht Dezember 2006: Abwasserdruckleitungen, Möglichkeiten und Verfahren zur Reinigung S. 83.

¹Dipl.-Ing. Hans-Gerd Hammann, Email: hg.hammann@hammann-gmbh.de

²Dr. Norbert Klein, Email: n.klein@hammann-gmbh.de

Hammann GmbH,
Zweibrücker Straße 13,
76855 Annweiler am Trifels
Tel. 06346 / 3004-0,
Fax 06346 / 3004-56
Internet: www.hammann-gmbh.de



PRAXISBEISPIELE	Beispiel 1	Beispiel 2	Beispiel 3
Rohrnetzlänge	70.000 m	3.000 m	11.000 m
Nennweite	DN 80-250	DN 75-100	DN 63-250
Werkstoff	GG, PVC, PE	PE	PE, PVC, GG
Netzdruck	3,5-5,4 bar	5,5	4,0-4,6 bar
Anzahl Spülabschnitte	101	1	8
Länge Spülabschnitte	70-2.255 m	3.000 m	510-2.300 m
abgesenkter Druck*	0,8-2,3 bar	1,5	1,5-2,0 bar
Impulsdruck*	3,0-5,1 bar	5,0	3,5-4,0 bar
Dauer pro Spülung	1,0-10,0 h	8,0 h	3,5-11,0 h
Länge täglich gereinigter Spülabschnitte**	250-2.255 m	3.000 m	1.350-2.300 m

* abhängig vom Spülabschnitt, **abhängig von örtlichen Gegebenheiten und vom Ausmaß der Verunreinigungen

ABB. 5: AUSSPEISUNG DES SPÜLWASSERS WÄHREND EINER COMPLEX-REINIGUNG

ABB. 6: PROJEKTDATEN IM ÜBERBLICK