

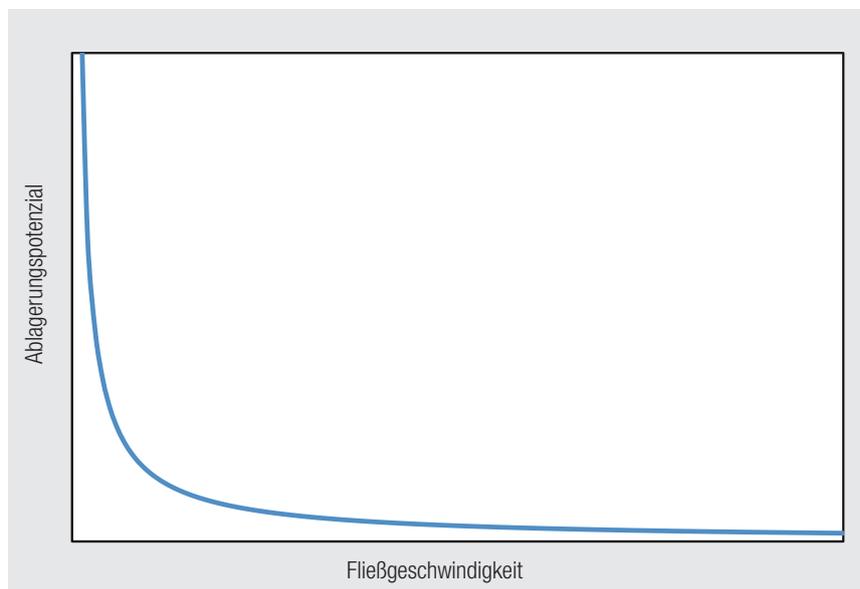
Zustandsorientierte Spülstrategie für Trinkwassernetze

Bei der **Spülung von Trinkwassernetzen** sollte der Fokus auf den Austrag von losen Ablagerungen gelegt werden. Der Beitrag beschreibt einen für die Praxis geeigneten Ansatz, wie Trinkwassernetze zustandsorientiert, d. h. in Abhängigkeit der **Geschwindigkeit der Bildung von Ablagerungen**, gespült werden können.

von: Dr. Andreas Korth & Olaf Donath (beide: TZW: DVGW - Technologiezentrum Wasser, Außenstelle Dresden)

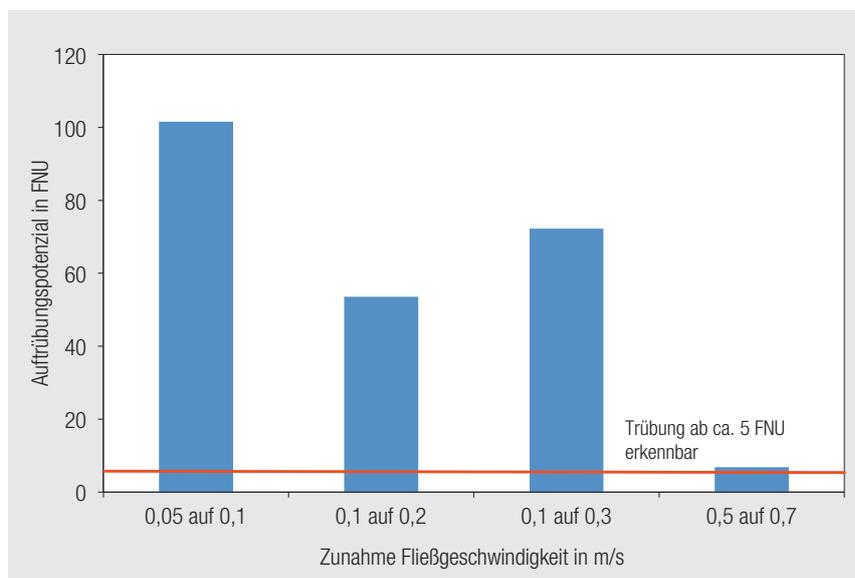
Es ist allgemein anerkannt, dass Trinkwassernetze in bestimmten Zyklen gespült werden sollten, um eine Beeinträchtigung der Wasserbeschaffenheit bei der Verteilung zu vermeiden. Mancherorts werden sogenannte Hygiene- bzw. Endstrangspülungen durchgeführt. Ziel dabei ist es, eine Aufkeimung des Wassers zu vermeiden. Der DVGW hat in den zurückliegenden Jahren mehrere Forschungsprojekte gefördert, um die Prozesse der Aufkeimung zu identifizieren und entsprechende Empfehlungen für die Praxis zu entwickeln. Die Erkenntnisse wurden mit der DVGW-Information Wasser Nr. 81 praxisgerecht aufgearbeitet. Die Aussagen werden darüber hinaus sukzessive in das DVGW-Regelwerk, so z. B. in das DVGW-Arbeitsblatt W 400-1 sowie in das in der Überarbeitung befindliche DVGW-Arbeitsblatt W 291, übernommen. Zentrale Aussage ist, dass die Verweilzeit des Wassers im Verteilungssystem (inklusive Stagnation sowie Temperaturen bis 20 °C) keinen Effekt auf die Koloniezahleentwicklung im Trinkwassernetz ausüben. Dementsprechend stellt sich die Frage nach dem Nutzen von Hygienespülungen.

Von erheblicher Relevanz für die Entwicklung der Wasserbeschaffenheit im Trinkwassernetz sind in den Leitungen vorhandene lose Ablagerungen. Diese machen sich durch das Auftreten von Braunwasser [1, 2] bemerkbar, zudem können hierdurch mikrobiologische



Quelle: TZW

Abb. 1: Zusammenhang zwischen der Fließgeschwindigkeit und dem Ablagerungspotenzial in Leitungen



Quelle: TZW

Abb. 2: Auftrübungspotenzial infolge der Zunahme der Fließgeschwindigkeit

Auffälligkeiten [3] sowie eine Vermehrung tierischer Organismen [4] begünstigt werden. Aus diesem Grund sollte bei der Netzspülung der Fokus auf den Austrag dieser Ablagerungen gelegt werden.

Durch das TZW: DVGW - Technologiezentrum Wasser (TZW), Außenstelle Dresden, wurde im Ergebnis mehrerer Forschungsprojekte sowie durch zahlreiche Untersuchungen bei Wasserunternehmen der Ansatz der zustandsorientierten Netzspülung entwickelt. Hierbei wird das Spülintervall auf Basis der Geschwindigkeit der Bildung von Ablagerungen in den Leitungen definiert. Diese Spülstrategie wird bereits von einer größeren Anzahl von Unternehmen umgesetzt. Nachfolgend werden die Grundlagen der Anreicherung von Ablagerungen, die Schritte der Erarbeitung eines zustandsorientierten Spülplans für das Trinkwassernetz sowie Praxiserfahrungen mit dem Verfahren dargestellt.

Ursachen für die Bildung loser Ablagerungen im Verteilungssystem

Die Bildung von Ablagerungen im Netz wird durch den Eintrag aus dem Wasserwerk, die Korrosion im Netz sowie die Verlagerung bestimmt. Die nachfolgend genannten Prozesse spielen hierbei eine maßgebliche Rolle:

Eintrag von Partikeln aufgrund einer unzureichenden Aufbereitung

Bei unzureichender Aufbereitung können z. B. Eisen- oder Aluminiumflocken sowie Algen oder Sand in das Netz eingetragen werden [5]. Maßgeblich hierbei ist die Fracht: Bereits sehr geringe Restgehalte an Eisen oder Trübstoffen können bei entsprechender Fracht zu einer signifikanten Akkumulation von Sediment führen. Die Sedimentation der Partikel erfolgt in Abhängigkeit von deren Eigenschaften und den hydraulischen Bedingungen im Netz.

Eintrag gelöster Bestandteile über die Aufbereitung

Neben dem Eintrag partikulärer Bestandteile können über die Aufbereitung auch gelöste Substanzen wie Ei-

sen, Mangan, Calcium oder organische Verbindungen in das Netz eingetragen werden [6], auch in einem solchen Fall kann die Fracht durchaus erheblich sein. Neben der Sedimentation beeinflussen hierbei auch Flockungsvorgänge die Bildung von Ablagerungen.

Korrosionsvorgänge in ungeschützten Guss- und Stahlleitungen

In Netzen mit einem hohen Anteil an ungeschützten Stahl- und Gussleitungen ist die Korrosion, die hauptsächlich durch die Materialbeschaffenheit bestimmt wird, als primärer Eintragspfad für Ablagerungen anzusehen [7]. Aus den Korrosionsvorgängen freigesetztes Eisen(II) wird u. a. zu schwerlöslichen Eisen(III)-hydroxiden umgesetzt. Deren Bildung kann zum einen unmittelbar an der Oberseite der Deckschicht stattfinden, wodurch Ablagerungen unmittelbar auf der Deckschicht akkumulieren. Darüber hinaus kann die Bildung der Eisen(III)-oxide auch im Wasserkörper selbst erfolgen [8], wodurch das Eisen in andere Leitungen verlagert wird.

Verlagerung von Sedimenten

Bei stabilen Randbedingungen kommt es zu einer Ablagerung der Trübstoffe in Abhängigkeit von deren Eigenschaften sowie der hydraulischen Situation [9]. Kommt es infolge einer plötzlichen Änderung der hydraulischen Bedingungen zu einer Remobilisierung von Sedimenten, so können erhebliche Ablagerungsmengen in nachgelagerte Leitungen verschoben werden.

Bildung und Mobilisierung von Ablagerungen

Jedes Trinkwasser enthält in gewissem Umfang Partikel, die im Netz Ablagerungen bilden können. Ein Austrag der Ablagerungen durch Spülungen kann somit nur eine vorübergehende Wirkung haben – unmittelbar nach der Spülung setzt die Ablagerungsanreicherung wieder ein, wobei die Geschwindigkeit des Prozesses von der Wasserbeschaffenheit, der Fracht, der



fact

Gleichzeitige Messung von Durchfluss, Druck und Temperatur

WATERFLUX 3070 – technology driven by KROHNE

- Magnetisch-induktiver Wasserzähler mit integriertem Druck- und Temperatursensor
- Alle Messwerte direkt über Modbus RTU auslesbar
- Geeignet z. B. für Zoneneinteilung (Distriktmessungen), Leckageerkennung
- Batteriebetrieb oder Netzbetrieb mit Batterie-Backup

KROHNE

▶ measure the facts

Herstellerneutrale Vorträge zu aktuellen Themen? Fordern Sie unser Präsentations-Kompodium an: seminare.wasser@krohne.com

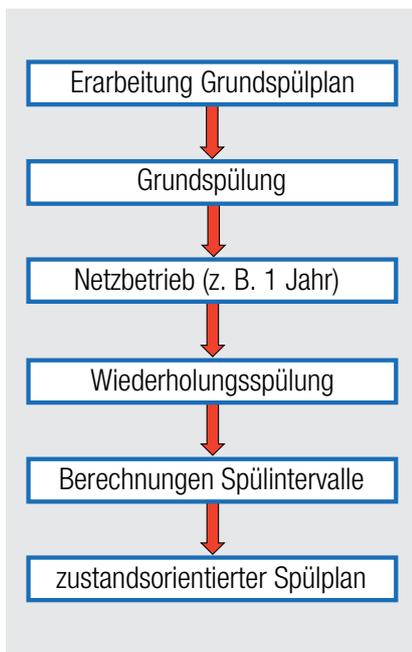


Abb. 3: Arbeitsablauf für die Entwicklung eines zustandsorientierten Spülplans

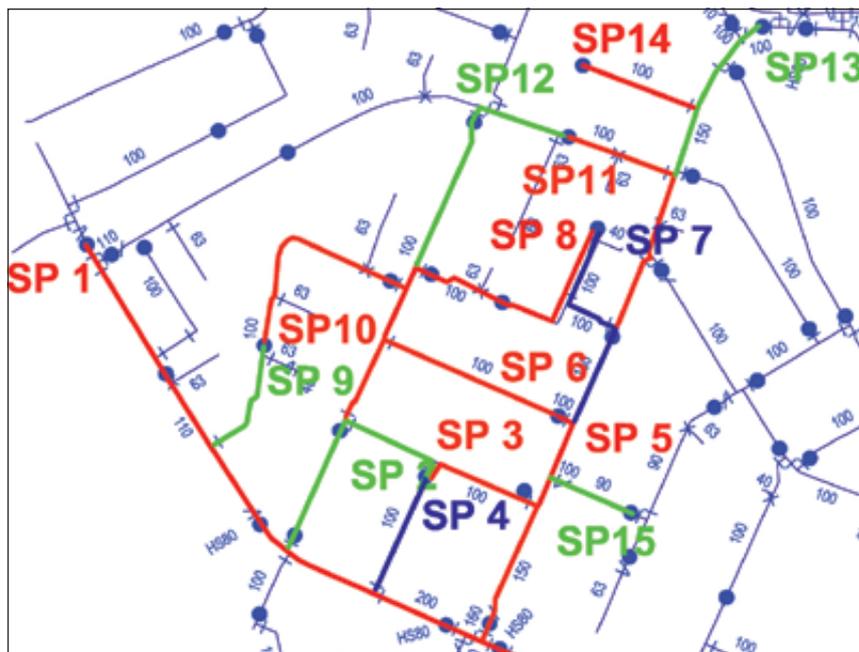


Abb. 4: Beispiel für die Definition der Spülstrecken für eine kleine Versorgungszone (SP X: Spülstreckenummer; zusätzlich wird für jede Spülstrecke ein Schieberplan erarbeitet)

Korrosionsgeschwindigkeit ungeschützter Leitungen und der Fließgeschwindigkeit bestimmt wird.

Das Ablagerungspotenzial in Leitungen wird durch die vorliegende Fließgeschwindigkeit bestimmt (Abb. 1), der mathematische Zusammenhang wurde von Richardt et al. [10] identifiziert. Hieraus ist abzuleiten, dass langsam durchflossene Leitungen ein deutlich größeres Potenzial zur Bildung von losen Ablagerungen besitzen als jene mit schnellem Durchfluss. Aus diesem Zusammenhang ist auch die Hauptursache von Braunwasserproblemen abzuleiten: Liegt in einer Leitung ein hohes Ablagerungsniveau vor, so führt eine Zunahme der Fließgeschwindigkeit über das sonst übliche Niveau hinaus, z. B. infolge einer erhöhten Abnahme, zu einer Mobilisierung jener Ablagerungsmenge, die unter den veränderten hydraulischen Bedingungen „zu viel“ vorhanden ist. Dies verursacht die Auftrübung des Wassers.

Zur Veranschaulichung sind in Abbildung 2 Beispiele für das Auftrübungspotenzial in Abhängigkeit von der Zunahme der Fließgeschwindigkeit dargestellt. Ist in einer Leitung mit einer Fließgeschwindigkeit von 0,05 m/s die maxima-

le Ablagerungsmenge vorhanden und kommt es zur Erhöhung der Fließgeschwindigkeit auf 0,1 m/s, so kann eine Auftrübung von ca. 100 Formazine Nephelometric Units (FNU) auftreten. Optisch erkennbar ist eine Trübung ab ca. 5 FNU. Beträgt dagegen die Fließgeschwindigkeit in der Leitung 0,5 m/s und ein Ereignis führt zu einer Erhöhung auf 0,7 m/s, so ergibt sich ein Potenzial von ca. 5 FNU. Diese Veränderung ist somit optisch nahezu nicht erkennbar.

Der Ansatz bei der Festlegung der Spülintervalle zielt darauf ab, nur eine bestimmte Ablagerungsmenge zuzulassen, die bei einem vorgegebenen Szenario, wie z. B. einer Verdopplung der

Fließgeschwindigkeit, zu keiner sichtbaren Auftrübung des Wassers führt. Die erläuterten Prozesse wurden mathematisch formuliert und in das Berechnungsprogramm OptFlush implementiert, mit dem die zustandsorientierten Spülintervalle von Leitungen berechnet werden.

Arbeitsablauf

Für die Entwicklung eines zustandsorientierten Spülplans für ein Versorgungsgebiet wurde ein spezifischer Arbeitsablauf entwickelt, der schematisch in Abbildung 3 dargestellt ist. Im ersten Schritt wird, basierend auf einem zuvor erarbeiteten systematischen Spülplan,

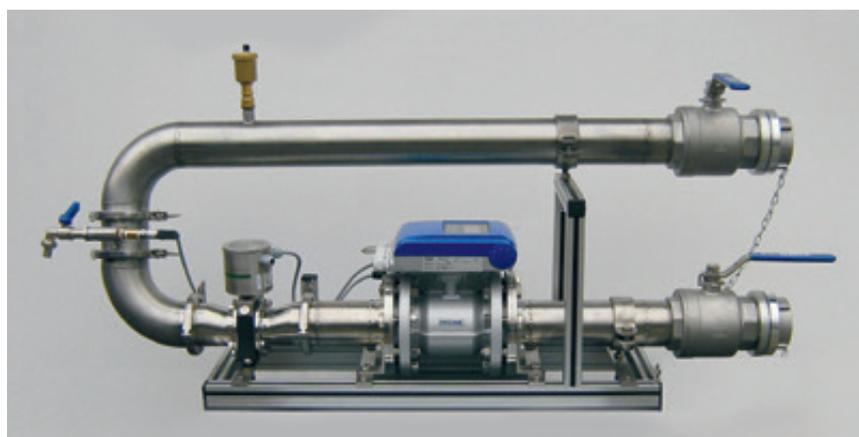


Abb. 5: Spülstand FlushInspect zur Aufnahme der Spüldaten

eine Grundspülung durchgeführt. Nach einem definierten Betriebsintervall wird die systematische Spülung wiederholt. Die bei der Spülung gewonnenen Spülplan werden zur Berechnung der Spülintervalle genutzt und abschließend auf Basis der Berechnung der praxisgeeignete zustandsorientierte Spülplan entwickelt. Die Arbeitsschritte werden nachfolgend erläutert.

Systematischer Spülplan

Die Spülung sollte grundsätzlich mit klarer Wasserfront (unidirektional) mit eindeutiger Vorgabe der Fließrichtung durchgeführt werden, hierfür ist in den meisten Fällen die Erarbeitung eines Spülplans erforderlich. Dieser beinhaltet die Reihenfolge der zu spülenden Leitungen sowie die zu verändernden Schieberstellungen. **Abbildung 4** zeigt anhand eines kleinen Beispielgebietes die definierte Reihenfolge der Spülstrecken. Bei der Festlegung der einzelnen Strecken sollte auf Konformität von Material und Durchmesser geachtet werden. Für die Umsetzung der Spülungen ist die Erarbeitung eines Schieberplans je Spülstrecke vorteilhaft. Spülpläne könnten grundsätzlich für alle Trinkwassernetze entwickelt werden; am TZW liegen Erfahrung für die Aufstellung von Spülplänen für Netze mit einer Leitungslänge von > 1.000 km vor.

Vorteil der systematischen Vorgehensweise nach Spülplan ist die Generierung hoher Spülgeschwindigkeiten, zudem wird die Mobilisierung von Ablagerungen in anderen Leitungen vermieden. Für die Abnehmer besteht an der zu spülenden Leitung nur kurzzeitig das Risiko von Braunwasser. Bei einer Spülgeschwindigkeit von 1 m/s werden für den Austrag des ersten Rohrvolumens, welches das höchste Braunwasserrisiko darstellt, bei einer Strecke von ca. 300 m nur fünf Minuten benötigt.

Durchführung der Spülung

Die Spülungen werden als Wasserspülungen mit dem vorhandenen Netzdruck durchgeführt. Für den Austrag von losen Eisenverbindungen, welche das Hauptrisiko für Gütebeeinträchtigungen des Trinkwassers darstellen, sind in der Regel relativ niedrige Spülgeschwindigkeiten von 0,5 m/s ausreichend [11]. Diese Spülgeschwindigkeit kann für Leitungen bis DN 200 über einen Hydranten realisiert werden. Bei größeren Dimensionen werden bei der Entwicklung des Spülplans mehrere Hydranten oder die Nutzung anderer Abschlagsmöglichkeiten vorgesehen.



Quelle: TZW

Abb. 6: Beispiel für die Visualisierung der Ablagerungssituation durch Verknüpfung von Online-Trübungsdaten der Spülungen mit den Leitungs koordinaten



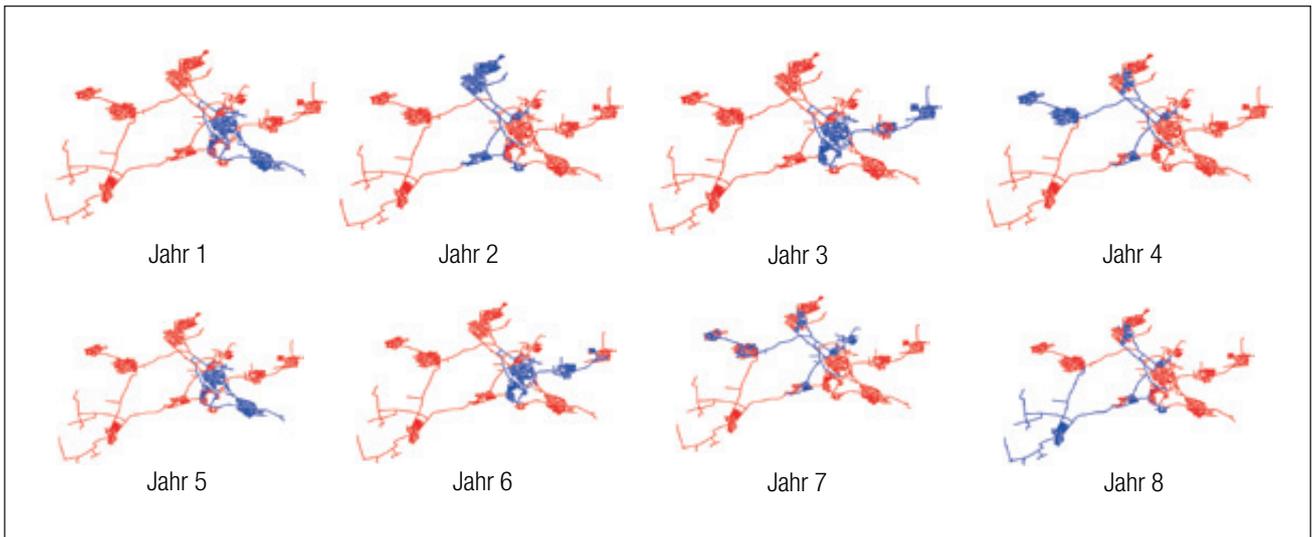
Quelle: TZW

Abb. 7: Beispiel für die Berechnung zustandsorientierter Spülintervalle (Angabe in Jahren)

Zentraler Punkt der Spülung ist die Gewinnung der entsprechenden Daten für eine weitergehende Auswertung. Hauptparameter dabei sind die Trübung im Spülwasser, die Spülgeschwindigkeit und der Fließdruck. Für die Generierung dieser Daten wurde im Rahmen eines Forschungsprojektes des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) [11] in Zusammenarbeit mit der Firma FAST der Spülstand FlushInspect entwickelt (**Abb. 5**); dieser wird bereits von mehreren Wasserversorgern eingesetzt.

Verwertung der Spülplan

Bei der unidirektionalen Wasserspülung werden die Ablagerungen entsprechend der Position in der Leitung ausgetragen. Durch die



Quelle: TZW

Abb. 8: Zustandsorientierter Spülplan für ein Netz mit einer Länge von 330 km (blau: zu spülender Bereich, rot: nicht zu spülender Bereich)

Verknüpfung der Online-Trübungsdaten aus dem Spülstand mit den geografischen Daten der Leitungen wird die Ablagerungssituation visualisiert. Basierend auf den Trübungsdaten der Wiederholungspülung nach dem definierten Betriebsintervall werden mit dem Berechnungsprogramm OptFlush die zustandsorientierten Spülintervalle berechnet. Zwei Beispiele für die Visualisierung der Ablagerungssituation und die sich daraus ergebenden Spülintervalle für eine kleine Versorgungszone sind in den **Abbildungen 6** und **7** dargestellt.

Entwicklung des zustandsorientierten Spülplans

Die Ergebnisse der Berechnung der Spülintervalle für eine Versorgungszone zeigen in vielen Fällen eine heterogene Situation. Um hieraus einen praxistauglichen Spülplan zu entwickeln, werden Spülzonen definiert und diesen ein Spülintervall zugewiesen. Hierbei werden verschiedene Spezifika wie die berechneten Spülintervalle, die verfügbaren Kapazitäten im Unternehmen sowie das Mobilisierungsrisko aufgrund der Netz- und Kundenstruktur berücksichtigt. Abschließend wird der zuvor entwickelte Grundspülplan entsprechend den definierten Zonen angepasst. Das Beispiel in **Abbildung 8** zeigt ein Verteilungssystem mit einer Gesamtlänge

von 330 km. In einem achtjährigen Turnus sind jährlich ca. 80 km Leitung zu spülen, woraus sich ein jährlicher Zeitbedarf von ca. sechs Wochen ergibt.

Praxiserfahrungen

Das TZW hat den Aufbau der zustandsorientierten Spülstrategie bei diversen Wasserversorgern unterstützt, wobei sich der folgende Ablauf bewährt hat:

- Auswahl einer Pilotzone mit häufigeren Braunwasserproblemen, wobei z. B. andere Spülstrategien und -verfahren nicht nachhaltig waren;
- Durchführung des gesamten Arbeitsprozesses in dieser Pilotzone;
- Bewertung der Maßnahme;
- Ableitung der Vorgehensweise zur Umsetzung der Spülstrategie in weiteren Bereichen bzw. für das gesamte Versorgungssystem.

Da bereits eine größere Anzahl von Wasserversorgungsunternehmen die zustandsorientierte Netzspülung implementiert hat, bzw. sich derzeit mit der Implementierung befasst, wurde im Juni 2018 am TZW ein Diskusstag veranstaltet, um Umsetzungskonzepte aus Praxissicht zu präsentieren und zu diskutieren. Die im Rahmen der Veranstaltung geäußerten wesentlichen Aussagen lassen sich folgendermaßen zusammenfassen:

- Von den meisten Unternehmen, die ihre Erfahrungen präsentierten, wird das zuvor erläuterte Konzept der zustandsorientierten Netzspülung umgesetzt.
- Mit der Etablierung der zustandsorientierten Spülstrategie wird die Endstrang- bzw. Hygienespülung abgelöst.
- Mit der zustandsorientierten Spülstrategie können Braunwasserprobleme deutlich besser beherrscht werden als mit zuvor durchgeführten Spülstrategien.
- Die „Blackbox“ Rohrnetz wird hinsichtlich der Prozesse der Bildung und Mobilisierung von Ablagerungen „durchsichtig“ und somit verständlich, wodurch gezielte Maßnahmen (wie z. B. Rehabilitationsentscheidungen) unterstützt werden können.
- Der Aufwand für die Rohrnetzpflege ist definiert und kann bei der Planung der Arbeitsprozesse berücksichtigt werden.
- Bei fortschreitender Datenaufnahme bei den Spülungen kann die Spülstrategie mit sich verändernden Randbedingungen im Verteilungssystem nachjustiert werden.
- Die bei Ausschlebung der Spülstrecken gewonnenen Informationen können für die Funktionskontrolle der Schieber herangezogen werden.
- Durch den Einsatz weiterer Messtechnik bei der Durchführung der

Spülungen können Daten für hydraulische Berechnungen gewonnen werden.

Zusammenfassung

Rohrnetzspülungen sind eine wichtige Maßnahme zur Sicherung der Wasserqualität im Verteilungssystem. In den zurückliegenden Jahren wurde vom TZW auf Basis der Entschlüsselung der Prozesse der Bildung und Mobilisierung loser Ablagerungen ein Ansatz zur zustandsorientierten Netzspülstrategie entwickelt. Der Arbeitsprozess zur Implementierung dieser Spülstrategie ist etabliert und hat sich in der Praxis bewährt: Eine größere Anzahl von Unternehmen nutzt die zustandsorientierte Spülstrategie zur nachhaltigen Beherrschung von Auffälligkeiten durch Braunwasser. Darüber hinaus ergeben sich aus der systematischen Vorgehensweise weitere Informationen für eine Optimierung des Netzbetriebs. ■

Literatur

- [1] Powell, J., Brandt, M. (2003): Identification of discoloration risk, AWWA Water quality Technology Conference and Exhibition, Proceedings, New Orleans.
- [2] Böhler, E., Hofmann, D., Tränckner, J. (2004): Spülung von Wasserversorgungsnetzen zur Vermeidung von Rostwasser. Schriftenreihe des TZW, Band 27.
- [3] Besner, M. C., Gauthier, V., Morssette, C., Prévost, M. (2002): Identification of the main causes of total coliforms in a distribution system. Proceedings of the AWWA WQTC, Seattle, Wa, USA. Nov. 10–14.
- [4] Schreiber, H. (1996): Invertebraten in Wasserversorgungsanlagen: Eine Bestandsaufnahme unter hygienischen Aspekten. Dissertation an der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität zu Bonn.
- [5] Slaats (2002): Processes involved in generation of discolored water, AWWA Research Foundation / KIWA, The Netherlands.
- [6] Sly, L. I., Hodgkinson, M. C., Arunpairojana V. (1990): Deposit of Manganese in Drinking Water Distribution System. Applied and Environmental Microbiology 56 (3): 628–639.
- [7] Boxall, J. B., Skipworth, P. J., Saul, A. J. (2003): Aggressive Flushing for discoloration event migration in water distribution networks. Water Science and Technology: Water Supply 3 (1-2): 179–186.
- [8] Kuch, A. (1984): Untersuchungen zum Mechanismus der Aufeisenung in Trinkwasserverteilungssystemen. Dissertation, Universität Karlsruhe.
- [9] Vreeburg, J. (2007): Discoloration in potalbe water distribution systems: a particular approach. Dissertation an der Technischen Universität Delft.
- [10] Richardt, S., Korth, A., Wricke, B. (2009): Minimierung sedimentbürtiger Gütebeeinträchtigungen durch modellgestützten Rohrnetzbetrieb. Abschlussbericht BMBF-(02WT0618) und DVGW-Forschungsvorhaben (W 6/03/05).
- [11] Korth, A., Donath O. (2015): Spülverfahren für Trinkwasserleitungen problemspezifisch auswählen, in: DVGW energie | wasser-praxis, Ausgabe 1/2015.

- [12] Korth, A., Donath O. (2013): Abschlussbericht zum BMBF-Forschungsprojekt „Entwicklung eines marktfähigen Messstands für die Spülung von Trinkwassernetzen - FlushInspect“. BMBF-Förderkennzeichen 02WQ1195.

Die Autoren

Dr. Andreas Korth ist Leiter der Arbeitsgruppe Wasserverteilung am TZW: DVGW - Technologiezentrum Wasser, Außenstelle Dresden.

Olaf Donath ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am TZW: DVGW - Technologiezentrum Wasser, Außenstelle Dresden.

Kontakt:

Dr. Andreas Korth
 TZW: DVGW - Technologiezentrum Wasser
 Außenstelle Dresden
 Wasserwerkstr. 2, 01326 Dresden
 Tel: 0351 852-1154
 E-Mail: andreas.korth@tzw.de
 Internet: www.tzw.de



» Einladung zur



2. Trinkwassertagung
 Metropolregion Rhein-Neckar

14. und 15. November 2018, Maimarkthalle Mannheim

www.trinkwassertagung.de

Trinkwassertagung
 MÖSSLEIN WASSERTECHNIK

FACHVORTRÄGE

FORUM

100 AUSTELLER

EINTRITT KOSTENLOS

WASSERHYGIENE

MÖSSLEIN WASSERTECHNIK | **HTI EISEN-RIEG** | **Vulkan Verlag** | **IWW**