



# Auswirkungen demografischer Entwicklungen auf die Wasserversorgung

Quelle: picture-alliance/ZB

Verlassene Häuser und leer stehende städtische Siedlungen erzeugen die auffälligsten Bilder, wenn es um die Abwanderung der Bevölkerung in manchen Regionen Deutschlands geht. Doch auch für die unterirdische Infrastruktur stehen mit dem demografischen Wandel weitreichende Veränderungen bevor. Welchen Einfluss der sinkende Trinkwasserverbrauch auf die Wassergüte hat, wurde am Technologiezentrum Wasser in Dresden untersucht.

Insbesondere in den neuen Bundesländern ist die Bevölkerung in den vergangenen Jahren deutlich zurückgegangen. Der damit einhergehende Rückgang des Wasserverbrauchs führt zu veränderten Randbedingungen in der Wasserverteilung. Das Wasser verbleibt jetzt nicht nur länger in den Verteilungssystemen, zeitweise stagniert es sogar. Damit sich dies nicht negativ auf die Trinkwasserbeschaffenheit auswirkt, müssen rechtzeitig geeignete Gegenmaßnahmen ergriffen werden. Dafür ist es jedoch notwendig, die Prozessabläufe der Güteveränderung im Leitungsnetz zu kennen. Von besonderer Bedeutung sind dabei die Keimentwicklung und die Rostwasserbildung. In mehreren von der Deutschen Vereinigung des Gas- und Wasserfaches (DVGW) und vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) geförderten Forschungsprojekten wurden zu diesen maßgeblichen Prozessen gezielte Untersuchungen durchgeführt. Mit den Ergebnissen konnten Modelle entwickelt werden [1, 2, 3], aus denen sich konkrete Handlungsempfehlungen für den Netzbetrieb ableiten lassen.

## Auswirkungen von längeren Fließzeiten und Stagnation

In jedem Wasserverteilungsnetz finden biologische Abbau- und Wachstumsprozesse

statt. Dabei spielt der in allen Leitungen vorhandene Biofilm eine entscheidende Rolle, denn der überwiegende Teil der Bakterien in einem Verteilungssystem ist in diesem Biofilm fixiert [1, 4, 5]. Die Vermehrung der in der Trinkwasserverordnung erfassten Bakteriengruppen (Koloniebildner) findet im Biofilm auf den Oberflächen statt [1, 6]. Obwohl mehrere Prozesse im Leitungsnetz parallel ablaufen (Abb. 1), hat das Trinkwasser üblicherweise nur einen geringen Keimgehalt. D. h., dass sich die Prozessabläufe in einem Gleichgewicht befinden. Treten erhöhte Koloniezahlfunde auf, sind diese in der Regel auf eine Störung dieses Gleichgewichtszustandes zurückzuführen.

Abbildung 2 zeigt die prinzipiellen Zusammenhänge der bakteriologischen Güteveränderung im Leitungsnetz [6]: Schematisch dargestellt sind die Entwicklung des Nährstoffgehaltes sowie die Konzentration an im Biofilm fixierten und freien Bakterien. Für den Fall, dass vor der Abgabe in das Leitungsnetz eine Desinfektion mit Chlor oder Chlordioxid durchgeführt wird, können drei Zonen unterschieden werden:

**Zone 1:** Hier sind noch Restdesinfektionsmittel in erhöhter Konzentration vorhanden

und es kommt zur Abnahme der Konzentration freier Bakterien. Zudem ist nur eine geringe Besiedlung auf den Oberflächen vorhanden. Durch die Reaktion des Desinfektionsmittels mit den organischen Wasserinhaltsstoffen steigt die Nährstoffkonzentration im Wasser an. Mit Abnahme der Desinfektionsmittelrestkonzentration nimmt die Besiedlung an der Oberfläche zu.

**Zone 2:** Die aus dem Biofilm eingetragenen Bakterien werden nicht mehr vollständig abgetötet, sodass die Konzentration freier Bakterien im Wasserkörper zunimmt.

**Zone 3:** Hier sind keine wirksamen Restdesinfektionsmittelkonzentrationen mehr nachweisbar. Der Nährstoffgehalt nimmt infolge des biologischen Abbaus im Biofilm ab. Mit dem Rückgang der Nährstoffkonzentration verringern sich die Wachstumsvorgänge im Biofilm, was letztendlich zu einer Abnahme des Eintrags von Bakterien in den Wasserkörper und zu stabilen bakteriologischen Verhältnissen führt.

Im Ergebnis mehrjähriger Untersuchungen, die u. a. im Fernleitungsnetz der Fernwasserversorgung Elbaue-Ostharz durchgeführt worden sind [3], wurden Modellvorstellungen zu den bakteriologi-

schen Güteveränderungen im Leitungsnetz entwickelt. In einem untersuchten 80 Kilometer langen Leitungsabschnitt im Fernleitungssystem kam es bei Fließzeiten von 60 bis 150 Stunden und einer Temperatur von 20 °C zu keinen wesentlichen Veränderungen der Koloniezahl (nach [3]). Identische Ergebnisse ergaben sich auch für die Koloniezahlen bei 36 °C und die Gesamtzellzahl. Tendenziell ist in den hinteren Leitungsabschnitten sogar eine Abnahme der Bakterienkonzentration zu verzeichnen (Abb. 3).

Die Untersuchungen in den Netzen zeigten, dass längere Fließzeiten und Fließwege nicht zwangsläufig zu einer verstärkten Keimbildung im Wasser führen. Durch biologische Abbauprozesse im Biofilm kommt es vielmehr zu einer Stabilisierung. Eine Nachdesinfektion, z. B. mit Chlor oder Chlordioxid, ist damit nicht notwendig; die bakteriologischen Vorgänge können dadurch sogar eher negativ beeinflusst werden, wie in der Praxis in mehreren Fällen festgestellt wurde.

Welche bakteriologischen Vorgänge bei stagnierenden Bedingungen ablaufen,

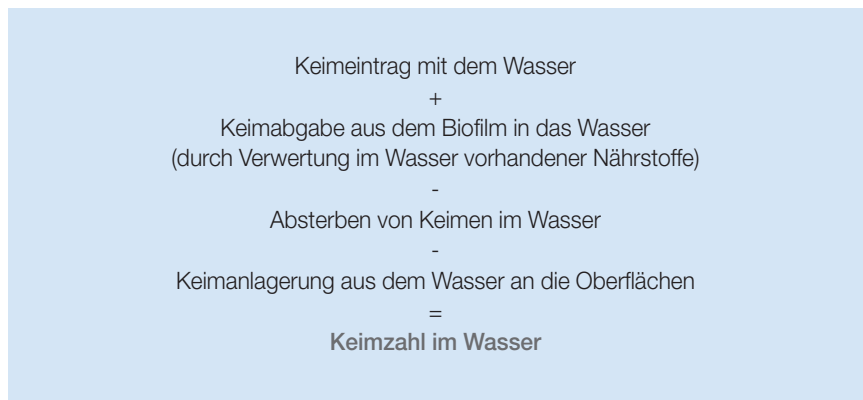


Abb. 1: Relevante Einzelprozesse für die bakteriologische Gütesituation im Leitungsnetz

Quelle: Dr. Korth

wurde in mehreren gezielten Stagnationsversuchen untersucht [1]. Hierbei zeigten sich bei Verweilzeiten des Wassers von bis zu mehreren Wochen in zuvor regelmäßig durchflossenen Leitungen keine wesentlichen Veränderungen der Keimzahlen (Abb. 4). Durch die im Biofilm fixierten Bakterien wurden die noch im Wasser enthaltenen Nährstoffe relativ schnell abgebaut. Dabei waren die Vermehrung und die Abgabe von Bakterien in das Wasser relativ gering, sodass die Bakterienkonzentration

während der Stagnation nicht oder nur geringfügig anstieg.

Eine deutliche Zunahme der Koloniezahlen im Wasser konnte dann festgestellt werden, wenn das Wasser in einer zuvor nicht oder nur sehr gering durchflossenen Leitung stagnierte (Abb. 5). Hier ist der Biofilm geringer entwickelt als in einer gut durchflossenen Leitung. Das Fehlen des Biofilms führt zum Wachstum von Bakterien auf den Oberflächen, was mit dem ►



**füma boden und füma rapid von CEMEX:** hochwertige selbstverdichtende Verfüllbaustoffe für den Leitungsbau. Sie ermöglichen schnellsten Einbaukomfort, hervorragende

Bettungseigenschaften und sind dabei dauerhaft wieder lösbar. Manchmal ist die Qualität von CEMEX eben unsichtbar.

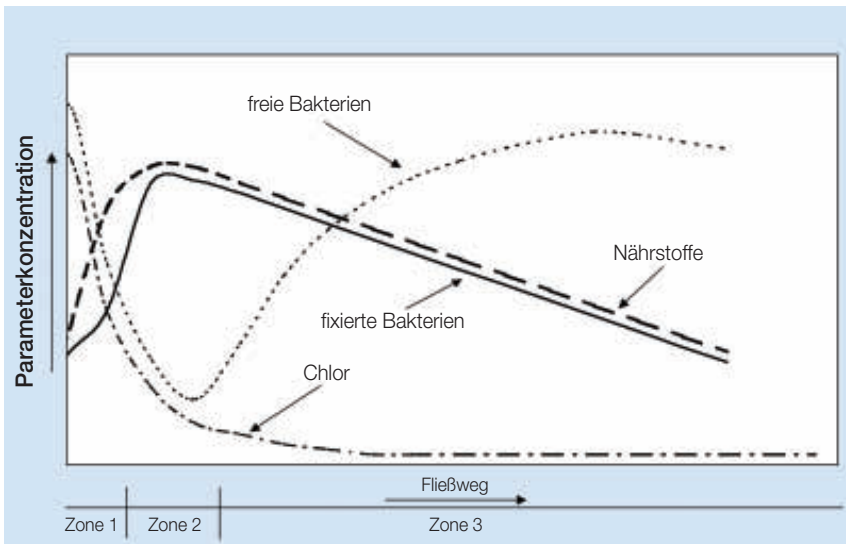


Abb. 2: Modellvorstellung zur Güteveränderung im Leitungsnetz

verstärkten Eintrag von Bakterien in das Wasser verbunden ist. Wird das Wasser in der Leitung regelmäßig (im Abstand von vier bis sechs Wochen) ausgetauscht, kann sich langsam ein Biofilm ausbilden, der die Bakterien fixiert und damit deren Abgabe in das Wasser verhindert.

Werden Leitungen gespült oder desinfiziert, kann dies den Biofilm schädigen. Kommt es anschließend zu einer Stagnation, ist auch hier, wie bei der Stagnation in vorher nicht durchflossenen Leitungen, mit einem Anstieg der Bakterienkonzentration im Wasser zu rechnen.

Für den praktischen Netzbetrieb bedeuten die dargestellten Ergebnisse, dass eine kurzzeitige Stagnation in durchflossenen Leitungen nicht zu Aufkeimungserscheinungen führt. Problematisch sind jedoch Leitungen bzw. Netzbereiche, in denen das Wasser über längere Zeit stagniert. Gelangt durch veränderte Fließbedingungen bzw. im Zusammenhang mit Spülmaßnahmen frisches Wasser in diese Leitungen und kommt es anschließend wieder zur Stagnation, so ist mit erhöhten Koloniezahlen zu rechnen.

Quelle: [6]

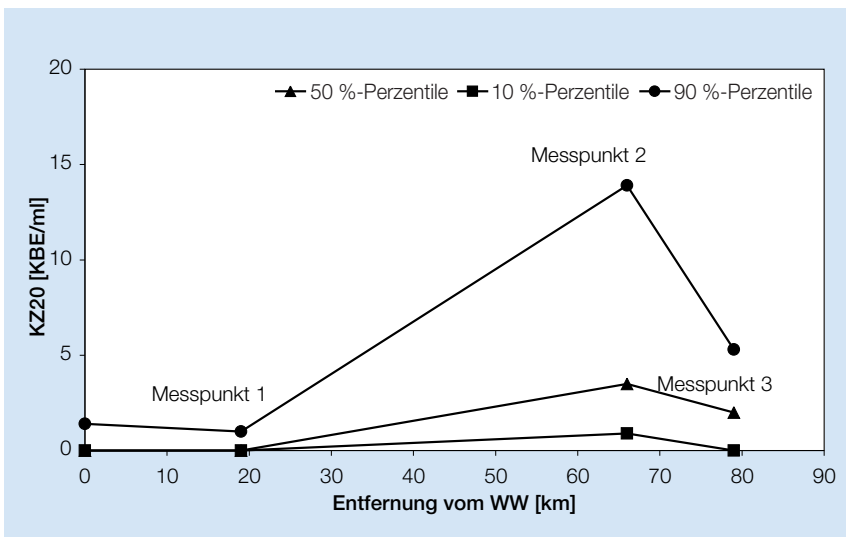


Abb. 3: Veränderung der Koloniezahl bei 20 °C in einem Fernverteilungssystem

Quelle: [8]

**Korrosion und Sedimentation begünstigen die Rostwasserbildung**

Eine Ursache für Rostwassererscheinungen ist ein hoher Eisengehalt des Wassers infolge der Korrosion in Rohrleitungen aus ungeschützten Guss- oder Eisenwerkstoffen. Dies tritt häufig in Versorgungsleitungen mit langen Verweilzeiten oder in Endsträngen mit regelmäßiger Stagnation auf [7, 8]. In Extremfällen wird der Sauerstoff sogar vollständig aufgezehrt, sodass das Eisen im Wasser nur in zweiwertiger Form vorliegt. Die Rostwasserbildung tritt unter diesen Bedingungen dann auf, wenn das Eisen bei der Entnahme des Wassers aus dem Zapfhahn durch den Kontakt mit Sauerstoff oxidiert wird.

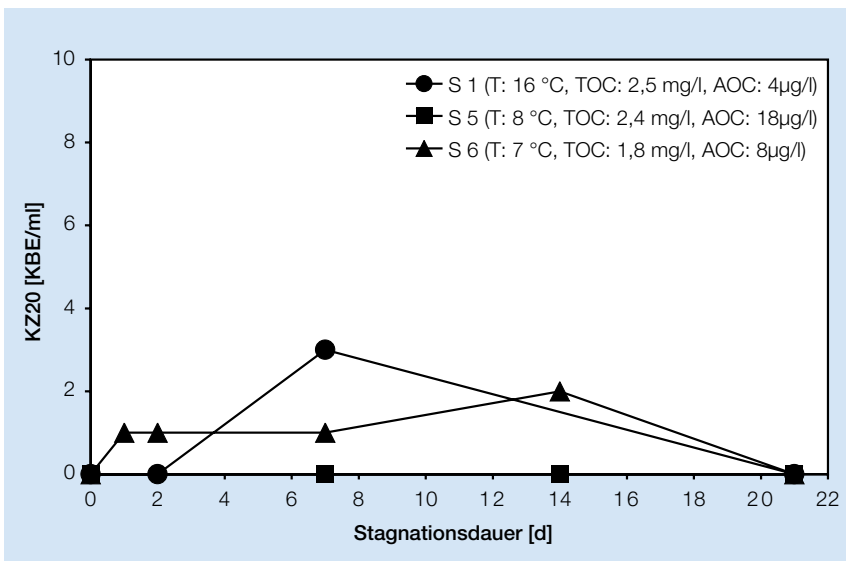


Abb. 4: Repräsentative Beispiele für die Veränderung der KZ20 während der Stagnation in zuvor durchflossenen Leitungen

Quelle: [1]

Die zweite und häufigste Ursache der Rostwasserbildung ist die Mobilisierung von Ablagerungen durch veränderte Fließverhältnisse im Leitungsnetz [2]. Ablagerungen gelangen entweder mit dem Reinwasser in das Netz oder sie werden durch Korrosion in ungeschützten Guss- und Stahlleitungen gebildet. Die Sedimentbildung durch Korrosion wurde bisher noch nicht eingehend untersucht. Nach den vorliegenden Kenntnissen gelangt ein Teil des bei der Korrosion entstehenden zweiwertigen Eisens in den Wasserkörper. Als Folge der Oxidation durch

den im Wasser vorhandenen Sauerstoff bilden sich hier Eisenverbindungen, die sich entweder auf der Oberfläche ablagern oder mit dem fließenden Wasserkörper abtransportiert und in andere Leitungen verlagert werden. Wie viel zweiwertiges Eisen in das Wasser eingetragen wird, ist vom Aufbau der Deckschichten abhängig. Dieser wird von der Wasserbeschaffenheit und den Fließbedingungen beeinflusst.

Kontinuierliche Trübungsmessungen am Ende einer Transportleitung aus Grauguss (Übergabestelle) und an einer nachgelagerten Leitung aus PVC zeigten, dass sich abnehmende Fließgeschwindigkeiten im Leitungsnetz sowohl auf die Eisenbildung als Folge der Korrosion in ungeschützten Guss- und Stahlleitungen als auch auf die Sedimentbildung im Netz auswirken (Abb. 6). In der Transportleitung (DN 150) aus ungeschütztem Grauguss kam es in den Nachtstunden infolge verringerter Fließgeschwindigkeiten zu einer Zunahme der Eisenkonzentration, die sich in einem Anstieg der Trübung zeigte. Mit Beginn der Wasserentnahme in den

Morgenstunden fiel die Trübung deutlich ab. Die gebildeten Eisenverbindungen wurden in das Versorgungsgebiet verlagert, wobei, wie die niedrigere Trübung am Netzmesspunkt zeigte, ein Teil der Eisenverbindungen sedimentierte. Als Folge bildeten sich insbesondere in Kunststoffleitungen leicht mobilisierbare Ablagerungen. Damit verbunden wuchs das Risiko von Rostwassererscheinungen bei veränderten Fließverhältnissen, obwohl in dem Versorgungsgebiet keine Leitungen aus ungeschütztem Guss bzw. Stahl vorhanden waren. Das Beispiel zeigt, dass sich eine Abnahme der Fließgeschwindigkeiten im Leitungsnetz sowohl auf die Aufeisung als Folge der Korrosion in ungeschützten Guss- und Stahlleitungen als auch auf die Sedimentbildung im Netz auswirkt.

#### Was man daraus schließen kann

Aus den Modellvorstellungen zur Güteveränderung im Leitungsnetz lassen sich folgende Schlussfolgerungen bezüglich der Auswirkungen eines Rückganges des Wasserverbrauches auf die Gütesituation im Leitungsnetz ableiten:

- Geringere Fließgeschwindigkeiten führen in regelmäßig durchflossenen Leitungen mit stabilen Biofilmverhältnissen nicht zu einer erhöhten Keimbildung.
- Kritisch ist die Zunahme von Stagnationszonen. Größere Wasserentnahmen können bei anschließender Stagnation zu Aufkeimungserscheinungen führen.
- Eine Nachdesinfektion aufgrund zunehmender Fließzeiten bzw. Stagnationszonen ist weder erforderlich noch sinnvoll.
- Mit der Verringerung der Fließgeschwindigkeiten kommt es in ungeschützten Guss- und Stahlleitungen zu einer Zunahme des Eisengehalts im Wasser; damit steigt das Risiko der Rostwasserbildung sowohl als Folge der erhöhten Eisenfreisetzung als auch als Folge der damit verbundenen verstärkten Sedimentbildung.

Hieraus ergeben sich folgende Handlungsempfehlungen für den Netzbetrieb bei Abnahme des Wasserverbrauches:

- Nutzung eines kalibrierten hydraulischen Modells zur Ermittlung der aus hydraulischer Sicht kritischen Netzbereiche ►

# So nicht!



Hygieneaspekte sind fester Bestandteil bei Auswahl und Einsatz von Komponenten im Trinkwassernetz. **Kroll & Ziller** bietet den Anwendern Gummimischungen und hieraus gefertigte Dichtelemente gemäß DVGW-Regelwerk.

**KROLL & ZILLER** GmbH + Co. KG  
 Reisholzstraße 15  
 D- 40721 Hilden/Germany  
 Telefon: +49 (0) 2103- 951-500  
 Fax Inland/domestic: +49 (0) 2103-951-508, 509  
 E-Mail: info@Kroll-Ziller.de  
 http://www.Kroll-Ziller.de

#### Werkstoffe:

**NBR-DUO** = Acrylnitril Butadien Kautschuk

DIN-DVGW-Baumusterprüfzertifikat mit den Anwendungsbereichen: Produkte der Gas- und Wasserversorgung

#### TRINKWASSER

- Kontrolluntersuchungen des DVGW/TÜV Süddeutschland gem. DIN EN 681-1 Typ WA
- **KTW Empfehlung 1.3.13 im Prüfbereich D2 sowie Hygiene-Prüfung nach DVGW-Arbeitsblatt W 270**

#### GAS

- Kontrolluntersuchungen des DVGW gem. DIN EN 682 Typ GBL  
 Temp. tmax. -15...+ 50 °C, Shore-A-Härte 80 ± 5

**EPDM-PW** = Ethylen Propylen Dien Monomer Kautschuk-Trinkwasser

DIN-DVGW-Baumusterprüfzertifikat mit dem Anwendungsbereich: Produkte der Wasserversorgung

- Kontrolluntersuchung des DVGW/TÜV Süddeutschland gem. DIN EN 681-1 Typ WA
- **KTW Empfehlung 1.3.13 im Prüfbereich D1 und D2 sowie Hygiene-Prüfung nach DVGW-Arbeitsblatt W 270**  
 Temp. tmax. -0...+ 50 °C; Shore-A-Härte 70 ± 5

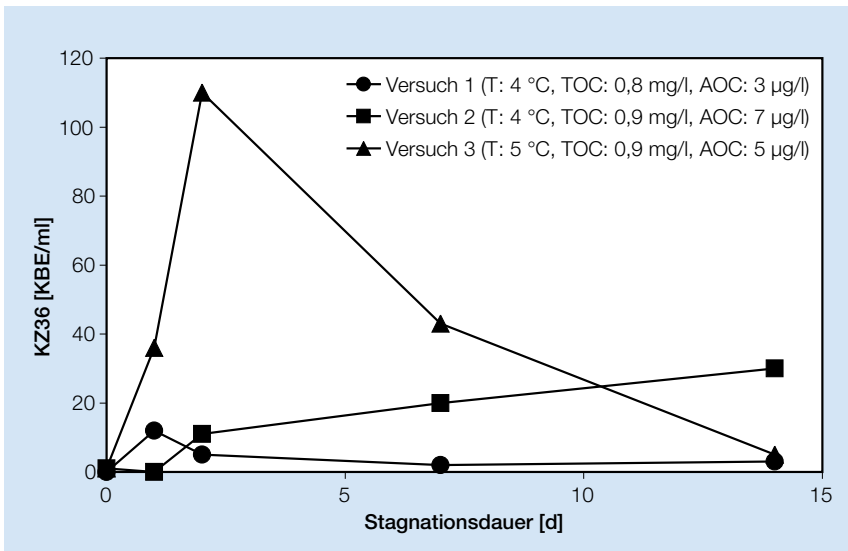


Abb. 5: Veränderung der KZ36 in einer zuvor sehr gering durchflossenen Strecke

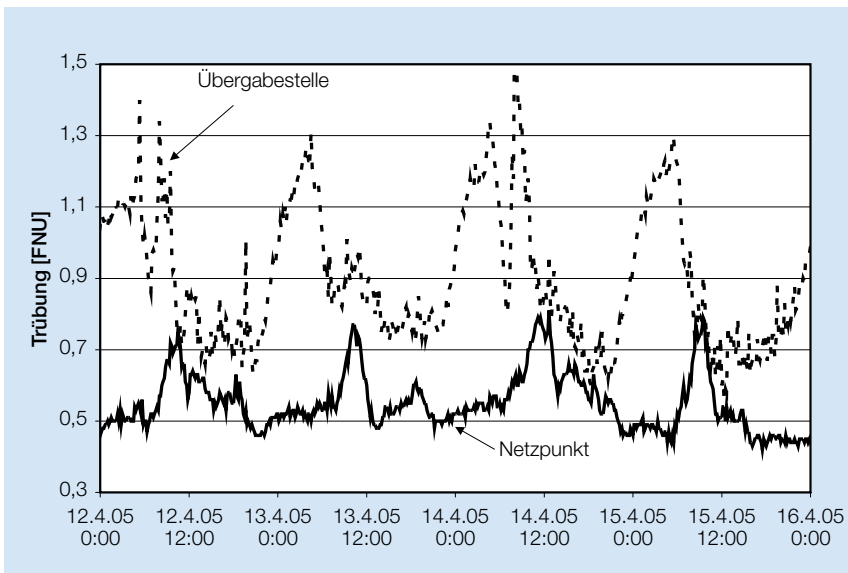


Abb. 6: Ergebnisse kontinuierlicher Trübungsmessungen am Ende einer Transportleitung (GG) sowie an einer nachgelagerten Leitung (PVC)

- Überprüfung der Möglichkeiten der Vermeidung/Verminderung von Stagnationsbereichen durch Umgestaltungen und Umschieberungen im Netz.
- Entwicklung eines Prozessmodells für das zu betrachtende Versorgungsgebiet zur Beschreibung der bakteriologischen Vorgänge sowie der Bildung und des Verhaltens von Ablagerungen. Grundlage hierfür bilden gezielte Untersuchungen in dem Versorgungsgebiet. Im Ergebnis lassen sich konkrete Maßnahmen zur Sicherung der Trinkwassergüte ableiten. Hierzu zählen z. B.
  - ein gezielter und regelmäßiger Wasseraustausch in Leitungsabschnitten mit Koloniezahlerhöhungen
  - eine gezielte Sanierung von Leitungen mit verstärkter Aufeisung bzw. übergangs-

- weise Einrichtung eines Dauerabschlags
- der Einsatz von Korrosionsinhibitoren
- die Erarbeitung eines Spülplans, der die Geschwindigkeit der Bildung von Ablagerungen sowie das Risiko ihrer Mobilisierung berücksichtigt

**Fazit und Ausblick**

Ein mit der demografischen Entwicklung verbundener Rückgang des Wasserverbrauchs beeinflusst die bakteriologischen Vorgänge, insbesondere aber die Rostwasserbildung im Leitungsnetz. Um die möglichen Auswirkungen des abnehmenden Wasserverbrauchs auf die Trinkwassergüte bewerten und um geeignete Gegenmaßnahmen ergreifen zu können, müssen diese maßgeblichen Prozesse genau bekannt sein. Im Ergeb-

nis von Forschungsarbeiten und Auftragsuntersuchungen wurden Modellvorstellungen entwickelt, aus denen Handlungsempfehlungen abgeleitet werden können.

Zurzeit werden vom BMBF und DVGW geförderte Vorhaben bearbeitet, in denen die Bildung und Mobilisierung von Ablagerungen sowie die Aufkeimungsvorgänge detailliert untersucht werden. Im Ergebnis werden Werkzeuge (u. a. mathematische Modelle) entwickelt, mit denen der Netzbetrieb im Hinblick auf die Gütesicherung optimiert werden kann.

Literatur:

[1] Korth, A. & Wricke, B. (2004): Verhinderung der Aufkeimung bei der Wasserverteilung durch Optimierung des Netzbetriebes. Abschlussbericht zum DVGW-Projekt W50/99. In: TZW-Schriftenreihe, Band 23.

[2] Böhler, E., Hofmann, D. & J. Tränckner (2005): Spülung von Wasserversorgungsnetzen zur Vermeidung der Rostwasserbildung. Abschlussbericht zum BMBF-Forschungsvorhaben 02 WT 0077. In: TZW-Schriftenreihe, Band 27.

[3] Wricke, B., Petzoldt, H., Korth, A., Krüger, M., Andrusch, T., Böhm, U. & H. Häusler (2002): Minimierung der Desinfektionsnebenproduktbildung und der Wiederverkeimung im Verteilungsnetz von Fernwasserversorgungssystemen. Abschlussbericht zum BMBF-Vorhaben. In: TZW-Schriftenreihe, Band 17.

[4] Servais, P., Billen, G., Laurent, P., Levi Y. & G. Randon (1992): Studies of BDOC and bacterial dynamics in the distribution system of the Northern Parisian suburbs. In: Revue de Sciences de l'Eau, Band 5: 69-89.

[5] Flemming H. C. et al. (2003): Kontaminationspotenzial von Biofilmen in der Trinkwasserverteilung. Abschlussbericht zum BMBF-Forschungsvorhaben. In: IWW-Schriftenreihe, Heft 36.

[6] Wolf, L. (2002): Systematische Untersuchungen verschiedener Parameter auf die Vermehrung von in Wasserproben autochthon vorhandener Bakterien während der Bestimmung des Aufkeimungspotenzials. Praktikumsarbeit am TZW-Dresden.

[7] Kuch, A. & I. Wagner (1985): Ursachen der Rostwasserbildung in Trinkwasserverteilungsnetzen und Möglichkeiten zur Sanierung. In: Veröffentlichungen des Bereiches und des Lehrstuhls für Wasserchemie und der DVGW-Forschungsstelle am Engler-Bunte-Institut der Universität Karlsruhe, Heft 24: 251.

[8] Wagner, I. (1997): Einfluss von Werkstoffen auf die Wasserqualität im Netz. In: TZW-Schriftenreihe, Band 2.

**Autoren:**

Dr.-Ing. Burkhard Wricke  
 Dr. rer. nat. Andreas Korth  
 DVGW-Technologiezentrum Wasser (TZW)  
 Außenstelle Dresden  
 Wasserwerkstr. 2  
 01326 Dresden  
 Tel.: 0351 85211-44  
 0351 85211-54  
 Fax: 0351 85211-10  
 E-Mail: wricke@tzw-dresden.de  
 korth@tzw-dresden.de  
 Internet: www.tzw-dresden.de