

# Entfernung einer Kontamination mit *Pseudomonas aeruginosa* aus einer Rohwasserleitung

Nach **Abschluss von Sanierungsarbeiten** an allen Brunnen des Wasserwerks Linden des Wasserverbands Norderdithmarschen wurde an einem Brunnen eine Kontamination des Rohwassers mit *Pseudomonas aeruginosa* festgestellt. Das vorgestellte Praxisbeispiel zeigt, dass die **alleinige Anlagendesinfektion** das Problem nicht dauerhaft beseitigt, sondern erst die Ursachenfindung die Einleitung von zielführenden Sanierungsmaßnahmen ermöglicht und somit Zeit und Geld einsparen kann.

von: Michael Schoop (Wasserverband Norderdithmarschen) & Dr. Bernd Bendinger (DVGW-Forschungsstelle TUHH)



Quelle: WV Norderdithmarschen

**Abb. 1:** Lage des Förderbrunnens 9 unter Bäumen am Waldrand

Das 1953 gebaute und 1974 erweiterte Wasserwerk Linden des Wasserverbandes Norderdithmarschen fördert jährlich ca. 3,5 Mio. m<sup>3</sup> Wasser und versorgt ca. 55.000 Menschen in der Region. In den Jahren 2012 und 2013 wurde der Bereich der elektrischen Mess- und Regeltechnik (EMSR-Technik) vollständig erneuert. Im Rahmen dieser Arbeiten war es erforderlich, diverse Armaturen auch an den neun Förderbrunnen auszutauschen. Die Brunnen fördern ein reduziertes, eisen- und manganhaltiges Rohwasser.

## Erkennung der Kontamination bei einer Routinebeprobung

Die Umbauarbeiten am Brunnen 9 wurden am 22. Februar 2012 durchgeführt. Dieser Brunnen liegt in einem Waldgebiet auf dem

Wasserwerksgelände (Abb. 1). Die Baustelle wurde trotz leichten Nieselregens nicht durch eine Abdeckung geschützt. Nach dem Austausch der Armaturen und Rohrleitungen an den Brunnenköpfen wurde das Rohwasser vor der Inbetriebnahme der Brunnen auf die bakteriologischen Routineparameter untersucht. Bei acht der neun umgebauten Brunnen waren die Ergebnisse unauffällig und die Brunnen wurden wieder in den Betrieb eingebunden. Einzig das Ergebnis der Probe vom Brunnenkopf des Brunnens 9 vom 29. Februar 2012 zeigte mit Koloniezahlen von > 1.000 KBE/ml eine massive Verkeimung des Rohwassers an. Coliforme Bakterien, *Escherichia coli* und Enterokokken wurden in 100 ml nicht nachgewiesen. Im Befund des Untersuchungslabors wurde jedoch mitgeteilt, dass es sich bei den isolierten Bakterien ausschließlich um den Infektionserreger *Pseudomonas aeruginosa* (*P. aeruginosa*) handelte (Tab. 1). Das Rohwasser aus Brunnen 9 wurde nicht mit den anderen Brunnenwässern vermischt und gelangte nicht in die Aufbereitung.

Tägliche Kontrolluntersuchungen bestätigten, dass ausschließlich das Rohwasser vom Brunnen 9 massiv mit *P. aeruginosa* kontaminiert war. Weder im Rohwasser der anderen acht Brunnen noch in der Wasseraufbereitung, am Werksausgang oder im Versorgungsnetz wurde *P. aeruginosa* nachgewiesen. Diese Befundsituation wurde dem Gesundheitsamt mitgeteilt.

Da bei keiner Routinebeprobung vor den Umbaumaßnahmen ein positiver *P.-aeruginosa*-Befund an den Brunnen oder an anderen Stellen des Wasserwerks aufgetreten war, wurde angenommen, dass die Kontamination durch die Sanierungsarbeiten eingetragen worden war. Die Untersuchung des Rohwassers aus

dem Brunnen 9 bei Austritt aus der Steigeleitung wies keine Kontamination mit *P. aeruginosa* auf. Die Kontamination trat erst nach Passage der Armaturen des Brunnenkopfes auf, was auf eine Kontaminationsquelle in der Rohrleitung bzw. in den neuen Armaturen des Brunnens 9 schließen ließ.

### Anlagendesinfektion

Zuerst wurde ein Spülhydrant auf das Ende der ca. 200 Meter langen Rohwasserleitung des Brunnens 9 gesetzt, damit das „belastete“ Wasser ausgespült werden konnte, ohne mit den Rohwässern der anderen Brunnen in der Rohwassersammelleitung vermischt zu werden. Über diesen Hydranten wurden im Verlauf der Sanierungsmaßnahme ca. 81.000 m<sup>3</sup> Wasser gespült.

Die Forderung, die Verrohrung am Brunnenkopf zu demontieren und nach der Ursache der starken Verkeimung zu suchen, wurde zu diesem Zeitpunkt von dem Anlagenbauer abgelehnt. Stattdessen sollte die Situation lediglich mit einer Anlagendesinfektion bereinigt werden. Von einem eigens hierfür beauftragten Fachunternehmen wurde Chlordioxid in einer Konzentration von 10 mg/l (gemessen am Spülhydranten) über den Brunnenkopf dosiert und konnte über 12 Stunden einwirken. Danach wurde die Chlordioxidlösung neutralisiert und der Brunnen inklusive Rohwasserleitung bis zum Hydranten erneut gespült. Sechs Tage nach dieser Maßnahme zeigte sich am Brunnenkopf erneut ein positiver *Pseudomonas*-Befund, der sieben Tage später wieder zweistellige Werte pro 100 ml annahm. Alle Proben am Spülhydranten waren

**Tabelle 1: Erstbefund des Rohwassers aus dem umgerüsteten Brunnen vom 29. Februar 2012**

Parameter	Probe	Rohwasser Brunnen 9		Verfahren
			Grenzwert	
Koloniezahl (22° C)	KBE/ml	> 1.000	(100)	ISO 6222 #
Koloniezahl (36° C)	KBE/ml	> 1.000	(100)	ISO 6222 #
Coliforme Keime	in 100 ml	0	0	ISO 9308-1 #
Escherichia coli	in 100 ml	0	0	ISO 9308-1 #
Enterokokken	in 100 ml	0	0	ISO 7899-2 #

#: akkreditierte Verfahren

**Bemerkung:** Bei den Keimen des Brunnen 9 handelt es sich ausschließlich um den Infektionserreger *Pseudomonas aeruginosa*. Dieser ist im Gegensatz zu *E. coli* in der Lage, sich außerhalb des Darms bei Temperaturen von 4 bis 44 °C zu vermehren. Er ist nur mit hochdosierten Desinfektionsmitteln zu beseitigen.

Quelle: WV Norderdithmarschen

seit dieser Desinfektionsmaßnahme negativ. Dies stützte die Vermutung, dass sich die Kontaminationsquelle nach wie vor am Brunnenkopf befand.

Aufgrund des unregelmäßigen Auftretens positiver Befunde von *P. aeruginosa* am Brunnenkopf, auch nach mehrwöchigen Phasen mit negativen Befunden, zweifelte der Anlagenbauer die Laboregebnisse an. Daraufhin wurde vom Gesundheitsamt eine zusätzliche Probe entnommen und beim Hygiene-Institut des Universitätsklinikums Schleswig-Holstein in Kiel analysiert. Das Ergebnis bestätigte die Kontamination des Rohwassers mit *P. aeruginosa*. Für die fachliche Begleitung bei der Ermittlung und Beseitigung der Ursache der Kontamination beauftragte der WV Norderdithmarschen die DVGW-Forschungsstelle TUHH.



Die **SHT, Sanitär- und Heizungstechnik Ausgabe 7**, enthält Beiträge zu den Themen VDI 2035, Flächenheizung, Regeltechnik, und Energieausweis. Lesen Sie darüber hinaus u.a. mehr zu den Themen:

- **Heizungswasser**  
Salzhaltig oder vollentsalzt?
- **Mikro-KWK-System**  
Versorgungssystem mit Zukunftschancen?
- **Pelletsheizung**  
Drei Heizungsbauer – ein Brennstoff

Weitere Nachrichten, Termine und Informationen unter [www.sht-online.de](http://www.sht-online.de),  
Kostenloses Probeheft unter [vertrieb@krammerag.de](mailto:vertrieb@krammerag.de)

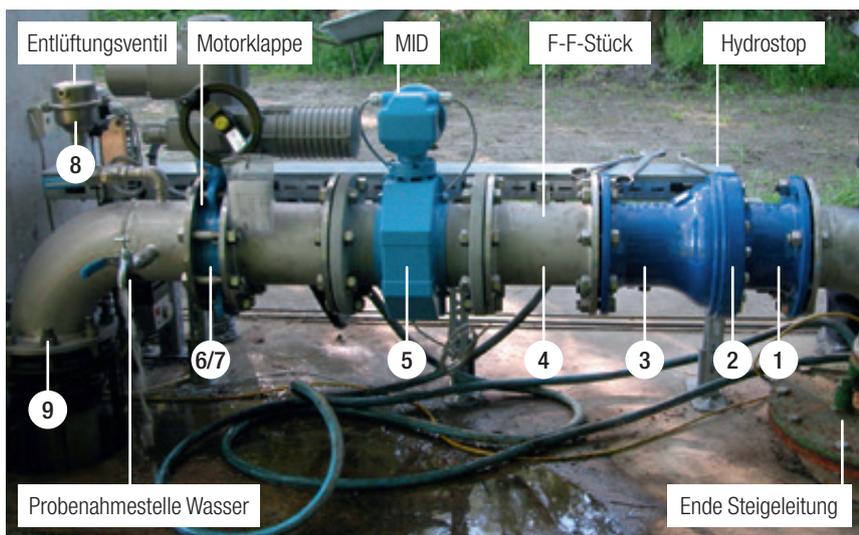


Abb. 2: Anordnung der Armaturen am Brunnenkopf des Brunnens 9 und Bezeichnungen der Probenahmestellen für die Biofilmproben

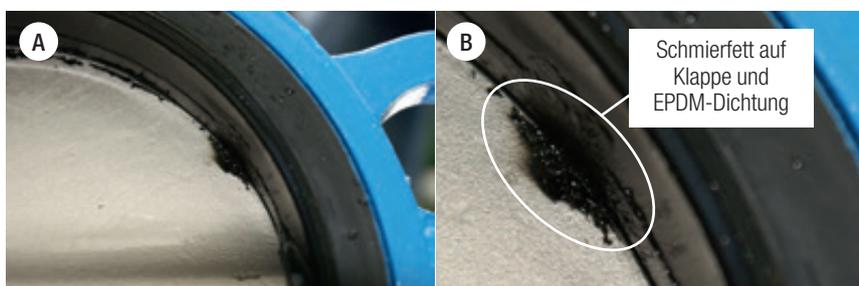


Abb. 3: (A) Schmierfett auf Motorklappe und EPDM-Dichtung, (B) Ausschnitt aus A

## INFORMATIONEN

### Chronologie der Sanierungsmaßnahme

- Beginn der Umbaumaßnahmen: 22.02.2012
- Normale Wasserspülung: 27.02.2012
- Erneuter Befund von *P. aeruginosa* im Rohwasser Brunnen 9: 29.02.2012
- Anlagendesinfektion mit 10 mg/l Chlordioxid: 28.03.2012
- Erste Demontage des Brunnenkopfes: 24.05.2012
- Zweite Demontage des Brunnenkopfes: 19.06.2012
- Luft-Impuls-Spülung der Rohwasserleitung: 31.07.2012
- Erneuter Befund von *P. aeruginosa* im Rohwasser Brunnen 9: 24.09.2012
- Austausch des Entlüftungsventils: 28.09.2012
- Wiederinbetriebnahme des Brunnens 9: 27.11.2012

### Eckdaten

- Beprobungen des Wassers arbeitstäglich bis wöchentlich
- Konzentrationen von *P. aeruginosa* im Wasser zwischen 1 und 10.000 KBE/100 ml
- Zwischenzeiten von bis zu 7 Wochen mit negativen *P. aeruginosa*-Befunden
- **Kein** positiver Befund im Brunnen selbst (Steigeleitung)
- **Kein** positiver Befund am Werksausgang
- Wasserspülungen mit 90-145 m<sup>3</sup>/h, insgesamt ca. 81.000 m<sup>3</sup> Spülwasserverbrauch
- **Dauer der Kontamination: 7 Monate**
- Außerbetriebnahme des Brunnens 9 für 9 Monate
- Kosten für Laboranalytik, wissenschaftliche Begleitung, Reinigung und Desinfektionen der Rohwasserleitung, Grundwasserentnahmeabgabe: 30.000 €

### Demontage des Brunnenkopfes

Nach der unzureichenden Anlagendesinfektion, die zwar die Anzahl an *P. aeruginosa* im Wasser deutlich reduziert hatte, die Kontamination aber nicht vollständig beseitigen konnte, ließ sich der Anlagenbauer nun darauf ein, nach der Ursache der Verkeimung zu suchen, und stimmte der Demontage des Brunnenkopfes in die Einzelkomponenten zu.

Nach der Demontage aller Armaturen am Brunnenkopf vom Ende der Steigeleitung bis zum PVC-Übergangsstück in die Rohwasserleitung (Abb. 2) wurden der Hydrostop, eine Flanschverbindung (F-F-Stück), der magnetisch-induktive Durchflussmesser (MID), die Motorklappe und das Entlüftungsventil visuell geprüft. Auf den Oberflächen waren eisenhaltige Ablagerungen zu erkennen. Am Rand der metallischen Motorklappe und auf dem Dichtungsgummi war Schmierfett vorhanden (Abb. 3). Die Herkunft des Schmierfettes konnte nicht geklärt werden. Bei der Klappe handelte es sich um ein DIN/DVGW-zertifiziertes Bauteil. Alle anderen Anlagenkomponenten wiesen keine Schmierfette auf.

Zur Lokalisierung der Kontamination wurden von den Oberflächen sämtlicher Anlagenkomponenten Abstrichproben (Abb. 4 und Abb. 5) genommen und auf *P. aeruginosa* untersucht. Die Probenahmestellen sind in **Abbildung 2** eingezeichnet und die Ergebnisse sind in **Tabelle 2** zusammengefasst.

Der Nachweis von *P. aeruginosa* in den Abstrichen der Biofilme erfolgte in Anlehnung an DIN EN ISO 16266 [1]. Ein Abstrich wurde vor Ort auf das Selektivmedium CN-Agar ausgestrichen und vom zweiten Abstrich wurde eine Biofilmsuspension hergestellt, die im Labor auf das Selektivmedium CN-Agar ausplattiert wurde. Nach Abschluss der mikrobiologischen Beprobungen wurden

alle Bauteile mechanisch gereinigt und vor der Montage mit Chlorbleichlauge desinfiziert.

### Ergebnisse der Biofilmuntersuchungen

Die Biofilmuntersuchungen ergaben, dass die Rohwasserseite des Brunnens vor dem Hydrostop frei von *P. aeruginosa* war. Ab der Ausgangsseite des Hydrostops in Fließrichtung waren fast alle Bauteile bis hin zum Entlüftungsventil mit *P. aeruginosa* kontaminiert. Dabei wurde die höchste Zelldichte auf der Gummidichtung der Motorklappe und auf dem Schmierfett festgestellt (Tab. 2). Von allen bewachsenen Selektivmedien wurden Kolonien ausgewählt und mit dem Identifizierungssystem API 20 NE (bioMérieux, Nürtingen) eindeutig als *P. aeruginosa* identifiziert (Identifizierungssicherheit 99,5 Prozent).

Der kulturelle Nachweis von *P. aeruginosa* auf der Motorklappe wurde zusätzlich mit der kultivierungsunabhängigen Methode der Fluoreszenz-in-situ-Hybridisierung (FISH) überprüft. In beiden Proben wurden Einzelzellen aufgrund von Hybridisierungssignalen mit der Sonde Psae16s182 als *P. aeruginosa* identifiziert (Abb. 6). Im Vergleich zu der Gesamtzellzahl aller Bakterien war die Anzahl an *P. aeruginosa* sehr gering und lag bei < 0,1 Prozent aller Zellen.

Um den Erfolg der vorgenannten Reinigung und Desinfektion der einzelnen Bauteile zu kontrollieren, wurde nach drei Wochen erneut die Demontage des Brunnenkopfes durchgeführt, Abstriche von den Oberflächen der Bauteile genommen und auf *P. aeruginosa* untersucht. Aus Sicherheitsgründen wurde bei der anschließenden Montage des Brunnenkopfes eine fabrikneue, vor Ort desinfizierte Motorklappe eingebaut. Auch alle anderen Bauteile wurden vor der Montage mit Chlorbleichlauge desinfiziert. Die Ergebnisse der Abstrichuntersuchungen bestätigten, dass die erste mechanische Reinigungsmaßnahme mit anschließender Oberflächendesinfektion erfolgreich war. Alle untersuchten Oberflächen waren frei von *P. aeruginosa* (Tab. 3).

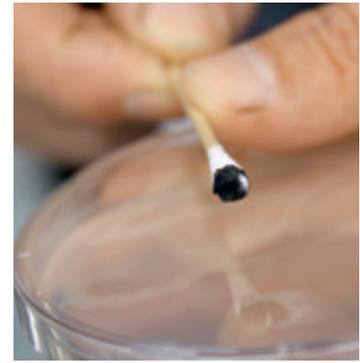
### Luft-Impuls-Spülung und Anlagendesinfektion

Nachdem die zweite Demontage des Brunnenkopfes abgeschlossen war, wurden weiterhin im wöchentlichen Rhythmus Wasserproben ent-



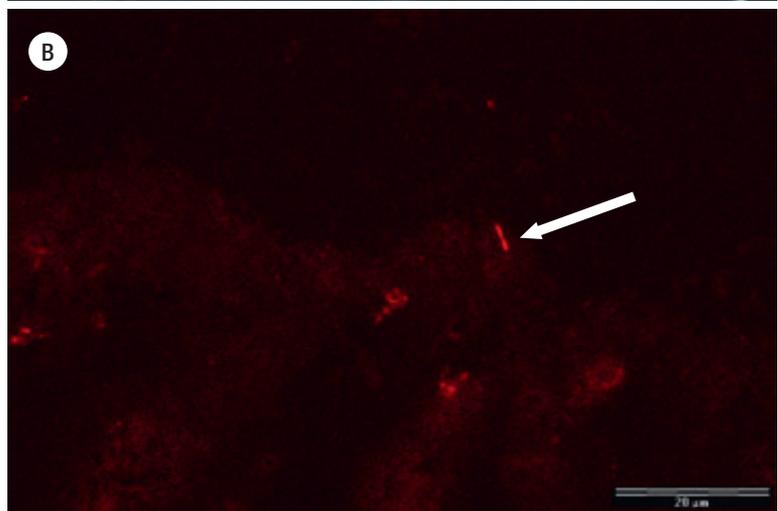
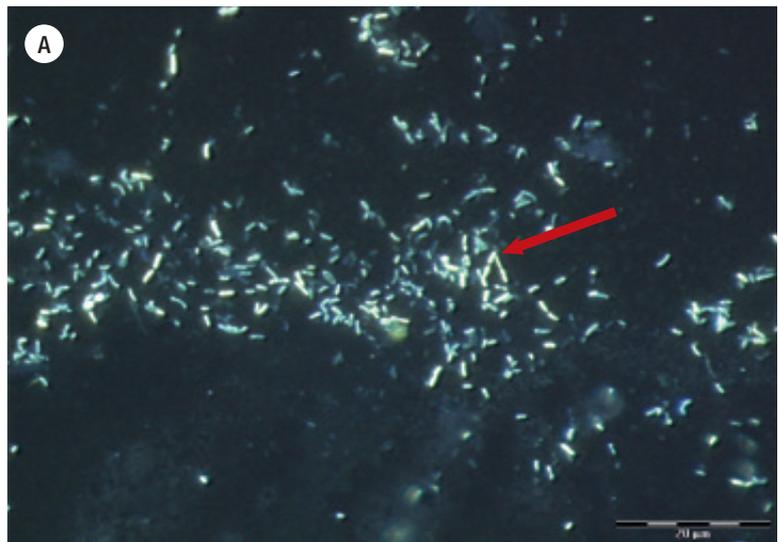
Quelle: WV Norderlthmarschen

Abb. 4: Entnahme des Abstriches von der Motorklappe



Quelle: WV Norderlthmarschen

Abb. 5: Abstrichprobe von Motorklappe



Quelle: DVGW-Forschungsstelle TUHH

Abb. 6: (A) Unspezifischer Nachweis aller Zellen mit dem Fluoreszenzfarbstoff DAPI (Gesamtzellzahl) im Biofilm der Probe 6 von der EPDM-Dichtung der Motorklappe vor Reinigung und Desinfektion. (B) Kultivierungsunabhängiger Nachweis von *P. aeruginosa* mit FISH (Hybridisierungssignal mit Sonde Psae16s182, gleicher Bildausschnitt wie A).

nommen. Über einen Zeitraum von sechs Wochen wurde kein *P. aeruginosa* mehr in Wasserproben aus dem Brunnenkopf nachgewiesen. In der siebten Woche wurde jedoch im Rohwasser am Brunnenkopf erneut *P. aeruginosa* in einer Konzentration von 3 KBE/100 ml bestätigt.

**Tabelle 2: Ergebnisse der kulturellen Untersuchungen von Biofilmen aus dem Brunnenkopf auf *P. aeruginosa* bei erster Anlagendemontage am 24. Mai 2012**

Probenahmestelle	Nachweis von <i>P. aeruginosa</i>						
	1 Hydrostop: Eingangsseite	2 Hydrostop: Ausgangsseite Abstrich von Gummimembran	3 Hydrostop: Ausgangsseite, Entleerungs- schraube	4 F-F-Stück: VA-Stopfen	5 MID: EPDM- Dichtung	6 Motorklappe: Eingangsseite EPDM- Dichtung	7 Motorklappe: Ein- und Ausgangs- seite, Schmierfett zwischen EPDM- Dichtung und Klappe
DIN EN ISO 16266, <b>Ausstrich von Bio- film</b> auf Selektiv- medium <sup>1)</sup> vor Ort	neg.	+	+	++	neg.	+++	+++
DIN EN ISO 16266, <b>Ausplattierung</b> von <b>Biofilmsuspension</b> auf Selektivmedium im Labor	neg.	n.d.	n.d.	n.d.	neg.	+++	+++
Identifizierung von Kolonien mit API 20NE	n.d.	P. aerug. 99,5 %	P. aerug. 99,5 %	P. aerug. 99,5 %	n.d.	P. aerug. 99,5 %	P. aerug. 99,5 %

Legende: <sup>1)</sup> CN-Agar nach DIN EN ISO 16266  
 neg. = kein Wachstum auf Selektivmedium +, ++, +++ = wenig, mittel, viel Wachstum auf Selektivmedium  
 n.d. = nicht durchgeführt P. aerug. 99,5 % = Identifizierungsergebnis ist *P. aeruginosa* mit einer Identifizierungssicherheit von 99,5 %

Da die zweite Reinigungs- und Desinfektionsmaßnahme nur für den Brunnenkopf durchgeführt wurde, konnte nicht ausgeschlossen werden, dass sich die Kontamination bis in die Rohwasserleitung ausgebreitet hatte. Auch wenn in den Wasserproben aus dem Hydranten am Ende der Rohwasserleitung seit der ersten Desinfektionsmaßnahme kein *P. aeruginosa* mehr nachgewiesen wurde, bestand die Möglichkeit, dass von einem kontaminierten Biofilm in der Rohwasserleitung während der Stagnation des Wassers eine Rekontamination bis zum Brunnenkopf stattgefunden haben könnte. Deshalb entschied man sich für eine Reinigung der Rohwasserleitung mit anschließender Desinfektion der gesamten Strecke vom Brunnenkopf bis zum Spülhydranten in 200 Meter Entfernung. Die Rohwasserleitung

**Tabelle 3: Ergebnisse der kulturellen Untersuchungen von Biofilmen aus dem Brunnenkopf auf *P. aeruginosa* drei Wochen nach Reinigung und Desinfektion der Armaturen am 19. Juni 2012**

Probenahmestelle	Nachweis von <i>P. aeruginosa</i>						
	1 Hydrostop: Eingangsseite	2 Hydrostop: Ausgangsseite Abstrich von Gummimembran	3 Hydrostop: Ausgangsseite, Entleerungs- schraube	4 F-F-Stück: VA-Stopfen	5 MID: EPDM- Dichtung	6 Motorklappe: Eingangsseite EPDM- Dichtung	7 Motorklappe: Ein- und Ausgangsseite
DIN EN ISO 16266, <b>Ausstrich von Bio- film</b> auf Selektiv- medium <sup>1)</sup> vor Ort	n.d.	neg.	neg.	neg.	n.d.	neg.	neg.
DIN EN ISO 16266, <b>Ausplattierung</b> von <b>Biofilmsuspension</b> auf Selektivmedium im Labor	n.d.	neg.	neg.	neg.	n.d.	neg.	neg.

Legende: <sup>1)</sup> CN-Agar nach DIN EN ISO 16266  
 neg. = kein Wachstum auf Selektivmedium +, ++, +++ = wenig, mittel, viel Wachstum auf Selektivmedium  
 n.d. = nicht durchgeführt P. aerug. 99,5 % = Identifizierungsergebnis ist *P. aeruginosa* mit einer Identifizierungssicherheit von 99,5 %

**NEU**

- Schutzklasse IP68
- bidirektionaler Funk
- Gehäuse aus Edelstahl und Kunststoff, der auch bei Abwasserpumpen verwendet wird
- hochempfindliche Piezomikrofone, die speziell für die Lecksuche optimiert wurden
- übermitteltes Telegramm enthält Minimalpegel, Breite und Frequenz des Geräuschs



werden. Nach der Reinigung und Luft-Impuls-Spülung wurde die Leitung weitestgehend entleert, sodass die nachfolgende Desinfektionslösung in die Ringspalten der Steckmuffen gelangen konnte. Die Desinfektion wurde mit ca. 20 mg/l Chlordioxid für 3,5 Stunden durchgeführt.

### Austausch des Entlüftungsventils

Im Anschluss an diese Reinigungs- und Desinfektionsmaßnahme waren die Wasserproben aus dem Brunnenkopf und aus dem Hydranten frei von *P. aeruginosa*. Doch nach sieben Wochen wurde am Brunnenkopf wieder 1 KBE von *P. aeruginosa* pro 100 ml Wasser gefunden und dieser Befund in der dritten Nachkontrolle zwei Wochen später noch einmal bestätigt. Die Suche nach einer verbliebenen Kontaminationsquelle führte zum Entlüftungsventil, das oberhalb der Probenahmestelle am Brunnenkopf montiert war. Dies war die einzige Armatur, bei der keine Gewissheit bestand, ob bei der ersten Demontage alle Oberflächen vollständig gereinigt und erfolgreich desinfiziert worden waren. Nach Austausch des Entlüftungsventils gegen ein fabrikneues, vor Ort desinfiziertes Produkt wurde für zwei Monate kein positiver *P. aeruginosa*-Befund mehr erhalten. Danach wurde der Brunnen wieder in den regulären Betrieb eingebunden. Bis zu zwei Jahre danach wurde keine Kontamination des Rohwassers aus Brunnen 9 mehr festgestellt.

### Zusammenfassung und Interpretation

Während der Umbauphase der Verrohrung und Armaturen am Brunnenkopf des Brunnens 9 des Wasserwerkes Linden ist es vermutlich zu einer Kontamination der Oberflächen der neuen Anlagenkomponenten durch *P. aeruginosa* aus der Umwelt gekommen. Dieses unter Umständen humanpathogene Bakterium fand in der neu in Betrieb genommenen Anlage ideale Bedingungen für eine schnelle und massenhafte Vermehrung vor. Zum ▶

Quelle: DVGW-Forschungsstelle TÜHH

Quelle: DVGW-Forschungsstelle TÜHH

8	9
<b>Entlüfter</b> mit VA-Schwimmer- kugel: Bodensatz unter Schwimmer	<b>PVC-Übergangs- stück</b> in Rohwasser- leitung

+	neg.
neg.	n.d.
<i>P. aerug.</i> 99,5 %	n.d.

bestand aus gesteckten PVC-Rohren DN 150. Die Rohrleitungsreinigung wurde mittels eines Impulsspülverfahrens mit Luftimpulsen (Luft-Impuls-Spülung) in und gegen die Fließrichtung des Rohwassers durchgeführt. Hierdurch sollte auch die Verminderung von Biofilmen aus den Ringspalten der Steckmuffen erreicht

8	9
<b>Entlüfter</b> mit VA-Schwimmer- kugel	<b>PVC-Übergangs- stück</b> in Rohwasser- leitung

neg.	n.d.
neg.	n.d.

## Praxisempfehlungen für die Lokalisierung und Entfernung einer Kontamination mit *P. aeruginosa* in Brunnenarmaturen bzw. Rohwasserleitungen

- Mehrfache Beprobungen und Analysen des Wassers an verschiedenen Stellen, um Gewissheit über die bestehende Kontamination, ihre Ausbreitung und das verursachende Bakterium zu haben.
- Beprobungen des Wassers nicht nur nach Spül- oder Desinfektionsmaßnahmen, sondern auch nach Stagnationszeiten (angepasst an den realen Betrieb) durchführen.
- Nachweis vom Labor über die vollständige Durchführung des Bestätigungsverfahrens für *P. aeruginosa* nach DIN EN ISO 16266 verlangen. Über die Anforderungen der DIN EN ISO 16266 hinausgehende Identifizierung der *P. aeruginosa*-Isolate vornehmen (z. B. biochemischer Schnelltest API 20 NE oder molekularbiologische Methoden z. B. Polymerase Kettenreaktion, PCR).
- Bestätigung von *P. aeruginosa* durch zweites Labor prüfen lassen; unter Umständen externe fachliche Begleitung hinzuziehen.
- Die chemische Anlagendesinfektion allein reicht in den meisten Fällen nicht aus, um eine Kontamination mit *P. aeruginosa* zu entfernen. Zur Herstellung eines hygienisch einwandfreien Zustands dem Motto „Reinigen vor Desinfizieren“ folgen.
- Ursache der Kontamination ermitteln und entfernen.
- Demontage der Armaturen und Anlagenteile, die in dem kontaminierten Bereich liegen, sofern möglich (DVGW-Arbeitsblatt W 557 [4]).
- Lokalisierung der Kontamination mittels Beprobungen der Biofilme auf Oberflächen der Armaturen und Rohrleitungen für mikrobiologische Analysen z. B. durch Abstriche.
- Zusätzlich zu den Standardverfahren kultivierungsunabhängige, molekularbiologische Methoden (z. B. FISH oder quantitative PCR) zum Nachweis von möglichen VBNC-Stadien von *P. aeruginosa* einsetzen.
- Visuell erkennbare Verunreinigungen mechanisch entfernen.
- Austausch von Bauteilen, die nicht vollständig gereinigt bzw. desinfiziert werden können (DVGW-Arbeitsblatt W 557 [4]).
- Desinfektion der Oberflächen sämtlicher Anlagenkomponenten vor Montage.
- Reinigung, Spülung und anschließende Desinfektion sämtlicher angeschlossener Anlagenkomponenten, die nicht demontiert werden können, mit geeigneten Verfahren (DVGW-Arbeitsblatt W 291 [3]).
- Intensives Spülen nach Reinigungs- und nach Desinfektionsmaßnahmen.
- Genaue Dokumentation aller Maßnahmen.

einen waren die Oberflächen noch nicht mit natürlichen Biofilmen aus Grundwasserorganismen besiedelt und zum anderen befand sich auf der Motorklappe Schmierfett, das erfahrungsgemäß als sehr gut verwertbarer Nährstoff dient. Der Biofilm auf dem Schmierfett war vermutlich die Kontaminationsquelle, aus der *P. aeruginosa*-Zellen in die Wasserphase übertreten und somit weitere Oberflächen besiedeln konnten. Über den Biofilm selber oder bei Stagnation des Wassers in der Leitung ist eine Kontamination von Oberflächen gegen die eigentliche Fließrichtung des Wassers erklärbar.

Die Routineanalyse der Wasserproben allein reicht nicht aus, um Aussagen über die An- und Abwesenheit kultivierbarer Formen von *P. aeruginosa* in einer Rohrleitung oder Armatur machen zu können. Hierfür müssen die Biofilme auf den inneren Oberflächen der Leitungen oder Armaturen beprobt und analysiert werden. Dazu ist die Demontage von Armaturen unumgänglich.

Die über die Anforderungen der DIN EN ISO 16266 hinausgehende sichere Identifizierung von *P. aeruginosa* mittels des API-20-NE-Ver-

fahrens erwies sich in der Diskussion mit dem Anlagenbauer als überzeugendes Argument für die Notwendigkeit der aufwendigen Demontage der Rohrleitungen und Armaturen.

Im Rahmen der Ursachenermittlung von hartnäckig wiederkehrenden Kontaminationen und für die Erfolgskontrolle sollten zusätzlich zu den kulturellen Nachweisverfahren auch kultivierungsunabhängige, molekularbiologische Verfahren (z. B. FISH, quantitative PCR) eingesetzt werden [2]. Hiermit ist der Nachweis von *P. aeruginosa*-Zellen in einem lebenden, aber nicht kultivierbaren Stadium (viable but nonculturable, VBNC) möglich. *P. aeruginosa* kann im Trinkwassersystem unter ungünstigen Bedingungen, wie z. B. nach Desinfektionsmaßnahmen oder bei Nährstoffmangel, in den VBNC-Zustand übergehen. Diese Zellen überleben und sind dann mit dem Standardverfahren gemäß DIN nicht mehr nachweisbar. Bei sich ändernden, geeigneten Umweltbedingungen können die VBNC-Zellen jedoch wieder in das kultivierbare Stadium zurückkehren und sind mit entsprechendem DIN-Verfahren wieder nachweisbar.

Durch die alleinige Anlagendesinfektion mit 10 mg/l Chlordioxid wurde die Kontamination mit *P. aeruginosa* aus dem System nicht entfernt. Da *P. aeruginosa* viel Schleim bilden kann, ist er vor oxidativen Desinfektionsmitteln gut geschützt. Die eingesetzte Desinfektionsmittelkonzentration reichte offensichtlich nicht aus, um alle *P.-aeruginosa*-Zellen in den Biofilmen auf Werkstoffen, die Nährstoffe abgeben (hier: Gummidichtung), auf leicht verwertbaren organischen Materialien (hier: Schmierfett), in strömungsberuhigten Nischen (hier: Hydrostop) und nicht durchspülten Totsträngen (hier: Entlüftungsventil) abzutöten.

Die Beseitigung der Kontamination wurde durch die mechanische Entfernung grober Verunreinigungen auf Armaturen (Abwischen des Schmierfettes) mit anschließender Oberflächendesinfektion, die Luft-Impuls-Spülung der Rohrleitung und die anschließende Desinfektion der gesamten Rohrleitung mit ca. 20 mg/l Chlordioxid erreicht. Darüber hinaus musste ein Austausch der Anlagenteile stattfinden, deren Oberflächen nicht vollständig gereinigt und desinfiziert werden konnten (Entlüftungsventil).

Grundsätzlich entsprach die erfolgreiche Vorgehensweise den Empfehlungen entsprechender DVGW-Arbeitsblätter. Das DVGW-Arbeitsblatt W 291 [3] beschreibt die Notwendigkeit der Reinigung einer Rohrleitung mit geeigneten Verfahren vor der Desinfektion. Das für Trinkwasser-Installationen geschriebene DVGW-Arbeitsblatt W 557 [4] lässt sich auch auf Rohwasserleitungen übertragen und weist darauf hin, dass vor einer Desinfektion die Ursache der Kontamination ermittelt und entfernt werden muss. Hierzu sind kontaminierte Armaturen auszubauen und gegebenenfalls separat zu desinfizieren bzw. zu erneuern.

### Danksagung

Der Dank gilt den kompetenten und zielstrebigem Mitarbeitern des Wasserwerks Hans-Jürgen Axen, Karl-Heinz Popp und Karl-Heinz Borowski sowie Dipl.-Ing. Thorsten Dorsch (TUHH) und Olaf Wittleben (DVGW-TUHH) für die Biofilmpnahmen und allen weiteren Personen, die zum Erfolg der Sanierungsmaßnahme beigetragen haben. ■

#### Literatur:

- [1] DIN EN ISO 16266 Wasserbeschaffenheit - Nachweis und Zählung von *Pseudomonas aeruginosa* - Membranfiltrationsverfahren. Mai 2008.
- [2] Flemming, H.-C. und J. Wingender. Wann sind Bakterien wirklich tot? IKZ Haustechnik, Sonderheft Trinkwasserhygiene, S. 8-11, 2013.
- [3] DVGW-Arbeitsblatt W 291: Reinigung und Desinfektion von Wasserverteilungsanlagen. März 2000.
- [4] DVGW-Arbeitsblatt W 557: Reinigung und Desinfektion von Trinkwasser-Installationen. Oktober 2012.

### Die Autoren

#### Dipl.-Ing. Michael Schoop ist

Geschäftsführer des Wasserverbandes Norderdithmarschen und Mitglied in der Trinkwasserhygienekommission des Landes Schleswig-Holstein.

**Dr. rer. nat. Bernd Bendinger** ist stellvertretender Leiter der DVGW-Forschungsstelle TUHH sowie Gruppenleiter Mikrobiologie und hat langjährige Erfahrungen in Forschung und Beratung auf dem Gebiet der Aufbereitung und Verteilung von Trinkwasser.

#### Kontakt:

Dipl.-Ing. Michael Schoop  
Wasserverband Norderdithmarschen  
Nordstrander Str. 26, 25746 Heide  
Tel.: 0481 9010  
E-Mail: m.schoop@wv-norderdithmarschen.de  
Internet: www.wv-norderdithmarschen.de

Dr. rer. nat. Bernd Bendinger  
DVGW-Forschungsstelle TUHH  
Schwarzenbergstr. 95 E  
21073 Hamburg  
Tel.: 040 42878-3095  
E-Mail: bendinger@tuhh.de  
Internet: www.tuhh.de/www

## Grabenlos gut!



**DIRINGER & SCHEIDEL**  
ROHR SANIERUNG



Aschaffenburg | Dessau | Freiburg  
Herne | Leipzig | Mannheim | München  
Nürnberg | Oldenburg | Saar | Wetzlar  
Frankreich | Italien | Luxemburg | Polen  
[www.dus-rohr.de](http://www.dus-rohr.de)