

# HYGIENE & MEDIZIN

*Infection Control and Healthcare*



Gesundheitliche Bedeutung,  
Prävention und Kontrolle  
Wasser-assoziiierter  
*Pseudomonas aeruginosa*-  
Infektionen

Empfehlung der  
Deutschen Gesellschaft für  
Krankenhaushygiene



**Offizielles Mitteilungsorgan**

Arbeitskreis Krankenhaus- und Praxishygiene der AWMF  
Deutsche Gesellschaft für Krankenhaushygiene e.V. (DGKH)  
Verbund für Angewandte Hygiene e.V. (VAH)  
Ständige Arbeitsgemeinschaft Allgemeine und Krankenhaushygiene und  
Fachgruppe Infektionsprävention und Antibiotikaresistenz in der Krankenhaushygiene  
der Deutschen Gesellschaft für Hygiene und Mikrobiologie e.V. (DGHM)



## Hygiene&Medizin ist offizielles Mitteilungsorgan von:

Arbeitskreis „Krankenhaus- und Praxishygiene“ der AWMF  
 Deutsche Gesellschaft für Krankenhaushygiene e. V. (DGKH)  
 Verbund für Angewandte Hygiene e. V. (VAH)  
 Ständige Arbeitsgemeinschaft (StAG) Allgemeine und Krankenhaushygiene  
 der Deutschen Gesellschaft für Hygiene und Mikrobiologie e. V. (DGHM)  
 Fachgruppe Infektionsprävention und Antibiotikaresistenz in der Krankenhaushygiene (FG PR)  
 der Deutschen Gesellschaft für Hygiene und Mikrobiologie e. V. (DGHM)

Titelbildquelle des Supplements 2/2016: *P. aeruginosa*. Thinkstock, www.thinkstockphotos.de

### Herausgeber

Prof. Dr. Marianne Borneff-Lipp, Halle/Saale  
 Prof. Dr. Martin Exner, Bonn  
 Prof. Dr. Petra Gastmeier, Berlin  
 Prof. Dr. Peter Heeg, Ammerbuch  
 Prof. Dr. Volker Hingst, Neckargemünd  
 Prof. Dr. Axel Kramer, Greifswald  
 Prof. Dr. Arne Simon, Homburg/Saar  
 Prof. Dr. Heike von Baum, Ulm

### Internationaler wissenschaftlicher Beirat

Prof. Dr. Bilal Al-Nawas, Mainz  
 Prof. Dr. Ojan Assadian, Huddersfield (UK)  
 Prof. Sally Bloomfield, London (UK)  
 PD Dr. Christian Brandt, Frankfurt/Main  
 Prof. Dr. Iris F. Chaberny, Leipzig  
 Dr. Bärbel Christiansen, Kiel  
 Dr. Christiane Cuny, Wernigerode  
 Dr. Inka Daniels-Haardt, Münster  
 Prof. Dr. Markus Dettenkofer, Radolfzell  
 Dr. Tim Eckmanns, Berlin  
 PD Dr. Maren Eggers, Stuttgart  
 Prof. Dr. Thomas Eikmann, Gießen  
 Prof. Dr. Steffen Engelhart, Bonn  
 Prof. Dr. Michael Faulde, Koblenz  
 Dr. Edith Fischnaller, Bonn  
 Prof. Dr. Alexander W. Friedrich, Groningen (NL)  
 Dr. Sabine Gleich, München  
 Prof. Dr. Philippe Hartemann, Vandoeuvre-Nancy (F)  
 PD Dr. Markus Hell, Salzburg (A)  
 Prof. Dr. Caroline Herr, Oberschleißheim  
 Prof. Dr. Ursel Heudorf, Frankfurt/Main  
 Hans Hirschmann, Feldkirch (A)  
 Prof. Dr. Christiane Höller, Oberschleißheim  
 Dr. Britt Hornei, Leverkusen  
 PD Dr. N.-O. Hübner, Greifswald  
 Dr. Christian Jäkel, Lübben/Spree  
 Prof. Dr. Lutz Jatzwauk, Dresden  
 Prof. Dr. Thomas Kistemann, Bonn  
 Prof. Dr. Walter Koller, Wien (A)  
 Outi Lyytikäinen MD, Helsinki (FIN)  
 Prof. Dr. Martin Mielke, Berlin  
 Barbara Nußbaum, Heidelberg  
 Dr. Yvonne Pfeifer, Wernigerode  
 PD Dr. Frank-Albert Pitten, Gießen  
 Prof. Dr. Walter Popp, Essen  
 Dr. Alfred Schneider, Pforzheim  
 Dr. Ingeborg Schwebke, Berlin  
 PD Dr. Miranda Suchomel, Wien (A)  
 Prof. Dr. Matthias Trautmann, Stuttgart  
 Prof. Dr. Lutz Vossebein, Mönchengladbach  
 Dr. Sebastian Werner, Schwerin  
 Dr. Nicoletta Wischnewski, Berlin

### Schriftleitung

Dr. Jürgen Gebel, Bonn  
 Prof. Dr. Constanze Wendt, Heidelberg (stellv.)

### Redaktion

Carola Ilschner, Dr. Barbara Springer (i.V.)  
 Anschrift wie Verlag  
 Tel: +49 (0)611 50593-33, Fax: -79  
 E-Mail: HygMed@mhp-verlag.com

### Verlag

mhp-Verlag GmbH  
 Kreuzberger Ring 46, D-65205Wiesbaden  
 Tel: +49 (0)611 50593-31, Fax: -79  
 E-Mail: info@mhp-verlag.com  
 Internet: www.mhp-verlag.de

### Geschäftsführung

Detlef Koenig, Anschrift wie Verlag  
 E-Mail: detlef.koenig@mhp-verlag.com

### Anzeigenverwaltung

Walter Bockemühl  
 Anschrift wie Verlag  
 Tel: +49 (0)611 50593-32  
 E-Mail: anzeigen@mhp-verlag.com  
 Es gilt die Anzeigenpreisliste Nr. 41/2016.

### Vertrieb

Traudel Jung  
 Anschrift wie Verlag  
 Tel: +49 (0)611 50593-31  
 E-Mail: vertrieb@mhp-verlag.com

### Erscheinungsweise

Monatlich (10 Ausgaben)

### Satz

Thomas Memmler, Hofheim am Taunus

### Druck

Laub GmbH & Co. KG  
 Brühlweg 28, 74834 Elztal-Dallau

### Bezugsbedingungen

Jahresabonnement: Print 100,80 €; Online 100,80 €; Kombi (Print + Online) 126,00 €; Einzelheft: 13,00 € (inkl. MwSt. zzgl. Versandkosten)  
 Das Abonnement läuft bis auf Widerruf, mindestens ein Kalenderjahr. Das Abonnement verlängert sich jeweils um ein Kalenderjahr sofern nicht eine Abbestellung bis zum 30.09. des laufenden Jahres erfolgt ist. Für die Mitglieder der DGKH ist der Bezug der Zeitschrift im Mitgliedsbeitrag enthalten.

## Wichtige Hinweise

Alle Beiträge und Abbildungen sind urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urhebergesetz zugelassen ist, bedarf der vorherigen schriftlichen Zustimmung des Verlags. Alle Rechte, auch die der auszugswweisen Vervielfältigung und Verbreitung sind dem Verlag vorbehalten. Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in dieser Zeitschrift auch ohne besondere Kennzeichnung, berechtigt nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften. Fotokopien dürfen nur für den persönlichen Gebrauch als Einzelkopien hergestellt werden. Jede im Bereich eines gewerblichen Unternehmens zulässig hergestellte oder benutzte Kopie dient gewerblichen Zwecken gem. § 54 (2) UrhG und verpflichtet zur Gebührenzahlung an die Verwertungsgesellschaft WORT, Abt. Wissenschaft, Goethestraße 49, D-80336 München.  
 © mhp-Verlag GmbH 2016.

## Haftung

Eine Haftung für die Richtigkeit der Veröffentlichungen können Schriftleitung, Herausgeber und Redaktion trotz sorgfältiger Prüfung nicht übernehmen. Mit Namen gekennzeichnete Artikel geben die Meinung des/der Verfasser/s wieder, die nicht mit der Meinung der Schriftleitung, Herausgeber und Redaktion identisch sein muss. Für den Inhalt außerhalb des redaktionellen Teils (insbesondere Anzeigen, Advertorials und Beiträge aus der Rubrik Industrie+Jobs) übernehmen Schriftleitung, Herausgeber, Redaktion und Verlag keine Gewähr. Autoren, die mit vollem Namen genannt werden und nicht Mitglied der Redaktion sind, veröffentlichen ihren Beitrag in alleiniger Verantwortung. Redaktion und Verlag haften für diese Beiträge nicht.

**JA,** ich abonniere die Zeitschrift Hygiene & Medizin



- Print-Abonnement (100,80 €, inkl. MwSt. zzgl. Versandkosten)
  - E-Paper-Abonnement (100,80 €, inkl. MwSt.)
  - Kombi-Version Print + E-Paper (126,00 €, inkl. MwSt. zzgl. Versandkosten)
- Das Abonnement verlängert sich automatisch um ein Jahr, wenn keine schriftliche Kündigung innerhalb von sechs Wochen vor Ende des Kalenderjahres bei uns eingeht. Die Bestellung ist innerhalb von zehn Tagen schriftlich widerrufbar. Es gilt das Fax- oder Poststempel-Datum.
- Ich bezahle nach Rechnungserhalt.

### Absenderangaben

Titel, Name, Vorname

Straße, Hausnummer

PLZ, Ort

E-Mail-Adresse (Wird bei Online- bzw. Kombi-Abonnement benötigt.)

Stempel, Unterschrift, Datum

# Vorwort

Liebe Kolleginnen und Kollegen,

Lange Zeit galt international die Grundprämisse in der Krankenhaushygiene, dass die wichtigste Infektionsquelle für das Gros von nosokomialen Infektionen der Mensch bzw. der Patient als Reservoir ist und es ausreichend sei, die Übertragung durch die „Händehygiene“ zu unterbrechen. Krankenhaushygienische Maßnahmen konzentrierten sich daher auf die Händehygiene. So wichtig und richtig die Bedeutung der Händehygiene ist, so resultierte hieraus in der Krankenhaushygiene eine Unterschätzung und fehlende wissenschaftliche Auseinandersetzung bzw. Beschäftigung mit anderen Reservoiren und Übertragungswegen. Folglich kam es auch zu einer nur unzureichenden Etablierung nachhaltiger Präventionsstrategien zur Kontrolle anderer Reservoire und Übertragungswege.

Trotz breiter Einführung und Implementierung von Händehygiene-Strategien zeigte sich, dass für Gram-negative Erreger wie Enterobacteriaceen, Pseudomonaden, Acinetobacter spp. und andere nicht-fermentierende Bakterien ein deutlicher Rückgang der Inzidenz für nosokomialen Infektionen nicht erkennbar ist. Die Inzidenz von 3–4fach resistenten Enterobacteriaceen steigt. Die Inzidenz nosokomialer Pseudomonaden-Infektionen ist seit Jahrzehnten auf einem stabil hohen Niveau geblieben. Auch bei nosokomialen Ausbrüchen mit diesen Erregern konnten mit den klassischen Strategien wie der Fokussierung auf Händehygiene, Isolierung und Surveillance bei diesen Erregern häufig keine nachhaltigen Erfolge bei der Kontrolle entsprechender Ausbrüche erzielt werden.

Aus diesem Grunde ist es jetzt an der Zeit, sich konsequent mit weiteren Infektionsreservoiren und Übertragungswegen zu befassen. Als wichtige, bislang jedoch unterschätzte Infektionsbereiche zählen Feuchtreservoire, insbesondere die Wasserver- und die Abwasserentsorgung. So werden Legionellen z. B. ausschließlich über wasserführende Systeme übertragen. Die Übertragung von Mensch zu Mensch hat bei diesem Erreger mit wenigen spezifischen Ausnahmefällen faktisch überhaupt keine Bedeutung.

*Pseudomonas aeruginosa* ist sicher heute in Deutschland neben Legionellen der prominenteste Wasser-assoziierte nosokomiale Infektionserreger. Insofern kann man *Pseudomonas aeruginosa* neben Legionellen auch als einen Indikator für Wasser-assoziierte Erreger, insbesondere in medizinischen Bereichen, ansehen.

Zu Wasser-assoziierten Erregern sind mittlerweile eine Fülle exzellenter wissenschaftlicher Erkenntnisse publiziert worden, sowohl zu Wasser-assoziierten Ausbrüchen und deren Kontrolle, aber auch zur komplexen Ökologie und der z. T. sehr aufwändigen technischen Kontrolle dieser Erreger. Weiterhin sind auf der Grundlage dieser Erkenntnisse mittlerweile eine Reihe detaillierter technischer Regeln seitens DVGW, DIN und VDI herausgegeben worden, die häufig in krankenhaushygienischen Fachkreisen nur unzureichend bekannt sind, aber an denen medizinische Einrichtungen, insbesondere im Falle von Ausbrüchen und der Frage der Berücksichtigung des aktuellen Standes der Wissenschaft, gemessen werden. Zudem ist davon auszugehen, dass mit der Umsetzung dieser technischen Regeln ein erhebliches Präventionspotential zum Nutzen unserer Patienten zur Vermeidung schwerer und lebensbedrohlicher Infektionen gewonnen werden kann.

Daher war es das Ziel des Autorenteams, diese Erkenntnisse zusammenzufassen und hierauf basierend Empfehlungen abzuleiten. Die komplexe Ökologie Wasser-assoziiierter Erreger wird insbesondere am Beispiel *Pseudomonas aeruginosa* erläutert, um die entsprechenden notwendigen Strategien zur Prävention nosokomialer Infektionen begründet umsetzen zu können.



A handwritten signature in black ink, appearing to read 'M. Exner'.

Prof. Dr. med. Dr. h.c. Martin Exner  
Präsident der Deutschen Gesellschaft für Krankenhaushygiene

# Inhalt

Vorwort .....	2
Inhaltsverzeichnis .....	3
1. Einleitung, Anlass und Geltungsbereich .....	3
2. Zur epidemiologischen Bedeutung von <i>P. aeruginosa</i> für die öffentliche Gesundheit .....	4
2.1 In medizinischen Einrichtungen erworbene <i>P. aeruginosa</i> -Infektionen .....	4
2.2 Epidemiologische Bedeutung von <i>P. aeruginosa</i> außerhalb medizinischer Einrichtungen.....	6
2.2.1 Otitis externa.....	6
2.2.2 Bakterielle Keratitis .....	6
2.2.3 Chronische Wundinfektionen .....	6
3. Trinkwasser-Installation als Reservoir für <i>P. aeruginosa</i> .....	6
3.1 Reduktion von nosokomialen Infektionen durch Kontrollmaßnahmen an der Trinkwasser-Installation .....	7
3.2 <i>P. aeruginosa</i> in anderen exogenen Reservoirien in medizinischen Einrichtungen.....	8
4. Hygienisch-ökologische Aspekte zum Vorkommen von <i>P. aeruginosa</i> im Trinkwasser-Installations-systemen .....	8
4.1 Biofilm.....	8
4.2 VBNC.....	8
4.3 Temperatur.....	9
4.4 Arten der Kontamination im Wasserversorgungssystem.....	10
4.4.1 Kontamination des externen zentralen Wasserversorgungssystems (Wasserverteilungssystems).....	10
4.4.2 Zentrale Kontamination des Trinkwasser-Installationsnetzes in Gebäuden .....	10
4.4.3 Teilzentrale Kontamination Wasserarmaturen und Duschen bzw. Duschschläuche .....	11
4.4.5 Waschbecken und Abflusssysteme (Siphon-Geruchsverschluss).....	11
4.4.6 Toilettenwässer .....	12
4.4.7 Medizinisch-technische Geräte.....	12
4.4.8 Reinigungs- und Desinfektionslösungen .....	12
4.4.9 Badewasser.....	12
4.4.10 Mineralwasser aus geschlossenen Mineralwasserflaschen .....	12
5. Maßnahmen zur Prävention und Kontrolle Trinkwasser-assoziiertes Pseudomonaden-Infektionen.....	13
5.1 Maßnahmen in medizinischen Einrichtungen .....	13
5.1.1 Etablierung eines Water Safety-Programms.....	13
5.1.2 Festlegung von Probenahmestellen und der Frequenz der Untersuchung.....	14
5.1.3 Festlegung von technischen Maßnahmewerten.....	14
5.1.4 Festlegung von Maßnahmenplänen bei Überschreitung der Maßnahmewerte.....	14
5.1.5 Grundprinzipien der Prävention in Wasser-führenden Systemen.....	15
5.1.6 Vorgehen bei Neubauten/Umbauten.....	15
5.1.7 Maßnahmen beim Betrieb der Trinkwasser-Installation .....	18
5.1.8 Hygienische Aspekte zur Konstruktion und Nutzung von Waschbecken, Duschen und Toiletten in medizinischen Bereichen .....	19
5.1.9 Mineralwasser aus original verschlossenen Flaschen.....	20
5.2 Wasserversorger .....	20
5.2.1 Versorgungsplan medizinischer Einrichtungen.....	20
5.2.2 Reinigung von Trinkwasserspeichern .....	20
5.2.3 Neue Rohrleitungen.....	20
5.2.4 Membranverfahren (Membranfiltration) .....	20
5.2.5 Hydranten.....	20
5.2.6 Übergabestellen in Krankenhäuser .....	20
5.4 Nicht-medizinische Bereiche .....	21
6. Maßnahmen zur Kontrolle .....	21
6.1 Verantwortlichkeiten für Befundempfang und Bewertung.....	21
6.2 Akute Maßnahmen zur Kontrolle bei Überschreitung des technischen Maßnahmewertes .....	21
6.2.1 Wasserversorger (öffentliche Wasserversorgung) .....	21
6.2.2 Zentrale und teilzentrale Kontamination von Trinkwasser-Installationssystemen in Gebäuden .....	23
6.2.3 Isolierte Kontamination von Wasserarmaturen bzw. Duschen .....	23
6.3 Maßnahmen bei Nachweis von <i>P. aeruginosa</i> im Badebeckenwasser.....	23
7. Ausbruchmanagement .....	23
8. Empfehlung zur Prävention von Wasser-assoziierten <i>P. aeruginosa</i> -Infektionen .....	23
8.1 Etablierung einer Wasserhygienekommission (Kat. IB).....	23
8.2 Umsetzung der allgemeinen anerkannten technischen Regeln und Erstellung eines Wasserhygieneplans (Water Safety Plan) (Kat. IB).....	23
8.3 Erstellung eines Maßnahmenplans bei Überschreitung des technischen Maßnahmewerts für <i>P. aeruginosa</i> (Kat. IV) .....	23
8.4 Maßnahmen bei Clustern von <i>P. aeruginosa</i> -Infektionen im Kontext mit der Trinkwasser-Installation (Kat. IV) .....	23
Anlage 1: Steckbrief <i>P. aeruginosa</i> .....	24
Anlage 2: Mögliche Risikopunkte der Dokumentation im Rahmen des Wasserhygieneplans.....	25
Anlage 3: Informationen an die Allgemeinbevölkerung .....	26
Anlage 4: Beispiel einer erfolgreichen Sanierung.....	27
Literaturverzeichnis .....	28

Die Herstellung und Verbreitung dieses Supplements wurde ermöglicht durch die freundliche Unterstützung der Deutschen Gesellschaft für Krankenhaushygiene.

Martin Exner<sup>1\*</sup>, Werner Nissing<sup>1</sup>, Katja Behringer<sup>1</sup>, Steffen Engelhart<sup>1</sup>, Stefan Pleischl<sup>1</sup>, Christoph Koch<sup>1</sup>, Matthias Trautmann<sup>2</sup>, Axel Kramer<sup>3</sup>, Peter Walger<sup>4</sup>, Heike Martiny<sup>5</sup> und Lutz Jatzwauk<sup>6</sup>

# Gesundheitliche Bedeutung, Prävention und Kontrolle Wasser-assoziiertes *Pseudomonas aeruginosa*-Infektionen

## 1. Einleitung, Anlass und Geltungsbereich

*Pseudomonas aeruginosa* zählt insbesondere im Krankenhaus zu einem der wichtigsten fakultativ-pathogenen Krankheitserreger mit hoher natürlicher Antibiotikaresistenz. Die Prävalenz durch *P. aeruginosa* ausgelöster nosokomialer Infektionen hat sich im Gegensatz zu anderen Krankheitserregern nicht vermindert, wobei in den letzten Jahren zusätzlich der Anteil gegenüber Antibiotika hoch resistenter *P. aeruginosa* zunimmt [1]. Aber auch außerhalb des Krankenhauses kann *P. aeruginosa* zu Infektionen wie Otitis externa, Keratitis insbesondere bei Trägern weicher Kontaktlinsen [2–7] sowie chronischen Wundinfektionen führen [8–17]. Bei der Mukoviszidose ist *P. aeruginosa* der häufigste Problemerkger.

**Somit haben auch außerhalb medizinischer Einrichtungen erworbene, d.h. ambulant erworbene, *P. aeruginosa*-Infektionen epidemiologische Bedeutung.**

**Aufgrund einer Neubewertung von Krankheitserregern wird zudem *P. aeruginosa* zu den Erregern mit höchster Priorität unter Berücksichtigung von Inzidenz, Letalität, Chronifizierung, öffentlicher Aufmerksamkeit, Präventions- und Therapiemöglichkeiten gezählt, die Maßnahmen zum Schutz der öffentlichen Gesundheit dringend erforderlich machen [18].**

2012 sind die Empfehlungen der KRINKO zu Gram-negativen Stäbchenbakterien erschienen, die in gleicher Weise die Bedeutung hoch resistenter *P. aeruginosa* herausstellen und Maßnahmen zu deren Prävention und Kontrolle benennen [19].

Es besteht daher die Notwendigkeit, die Möglichkeiten der Prävention und Kontrolle Wasser-assoziiertes *P. aeruginosa*-Infektionen besser auszuschöpfen, wobei der Frage nach Infektionsreservoirien und Übertragungswegen einschließlich der zentralen Trinkwasserversorgung eine eigenständige Bedeutung zukommt. Mittlerweile liegt eine Reihe gut dokumentierter Berichte über die Bedeutung von Trinkwasser sowie von Feuchtbereichen als relevante Infektionsreservoirie vor, ohne deren Beeinflussung eine Kontrolle von *P. aeruginosa* bedingten Infektionen nicht gelingt [20–43].

Prävention und Kontrolle Trinkwasser-assoziiertes Infektionen erfordern eine profunde Kenntnis hinsichtlich Ökologie, potentieller Infektionsquellen bzw. Reservoirie im Wasserversorgungssystem sowie detaillierte Kenntnisse über die notwendigen Maßnahmen zu deren Kontrolle. Nur unter Berücksichtigung dieser Zusammenhänge können gezielte kosteneffiziente Maßnahmen umgesetzt werden.

In den letzten Jahren haben sich unter Berücksichtigung moderner epidemiologischer und hygienisch-mikrobiologischer Verfahren einschließlich molekularer Typisierungsverfahren Trinkwasser- und Wasser-assoziiertes Feuchtigkeitsreservoirie als relevante Infektionsreservoirie herauskristallisiert, deren Kontrolle zu einer nachhaltigen Prävention von *P. aeruginosa*-assoziierten Infektionen führte [44–47].

Vor diesem Hintergrund sieht es die DGKH als notwendig an, sowohl den Bundesländern, den Gesundheitsämtern und Wasserversorgern als auch medizinischen Einrichtungen und letztendlich auch dem Verbraucher mit dieser Empfehlung notwendige



Deutsche Gesellschaft für Krankenhaushygiene e. V.

Verantwortlich:  
Prof. Dr. med. Martin Exner  
(Präsident)  
Prof. Dr. med. Walter Popp  
(Vizepräsident)

Deutsche Gesellschaft für Krankenhaushygiene / German Society of Hospital Hygiene

Joachimstaler Straße 10  
10719 Berlin, Germany  
Tel: +49 (0)30 8855 1615  
Fax: +49 (0)30 8855 1616  
E-Mail: info@krankenhaushygiene.de  
Internet: www.krankenhaushygiene.de

### \*Korrespondierender Autor

Prof. Dr. med. Martin Exner  
<sup>1</sup>Institut für Hygiene und Öffentliche Gesundheit  
Universität Bonn  
Universitätsklinikum  
Sigmund-Freud-Str. 25  
53105 Bonn  
E-mail:  
martin.exner@ukb.uni-bonn.de

<sup>2</sup>Institut für Krankenhaushygiene, Klinikum Stuttgart

<sup>3</sup>Institut für Hygiene und Umweltmedizin, Greifswald

<sup>4</sup>Johanniter-Krankenhaus, Bonn

<sup>5</sup>Technische Hygiene, Berlin

<sup>6</sup>Universitätsklinikum Carl-Gustav Carus, Dresden

Erstellt im Auftrag der Deutschen Gesellschaft für Krankenhaushygiene

Hinweise für die Risikoeinschätzung, das Risikomanagement und die Risikoregulierung Wasser-assoziiierter *P. aeruginosa*-Infektionen zu geben.

Dabei wird zwischen verschiedenen Eintragspfaden von *P. aeruginosa* in das Trinkwasser unterschieden:

- a) Wasserwerke  
(Wassergewinnung, Wasseraufbereitung)
- b) Wasserversorgungssysteme  
(Rohrnetz, Wasserspeicher)
- c) Wasserverwendung  
(Trinkwasser-Installation)
  - Medizinische Einrichtungen
  - Öffentliche und gewerbliche Einrichtungen
  - Privathäuser

## 2. Zur epidemiologischen Bedeutung von *P. aeruginosa* für die öffentliche Gesundheit

*P. aeruginosa* zählt zu den sog. fakultativ-pathogenen Erregern. Hierbei handelt es sich um Erreger, die zur Auslösung von Infektionskrankheiten spezifische Voraussetzungen benötigen, wie das Eröffnen des Zugangs zu normalerweise sterilen Körperbereichen, z. B. durch Kathetersysteme bzw. Fremdkörper. Sie können aber bei Immunsuppression auch bei oraler Wasseraufnahme z. B. Pneumonien auslösen.

Es wird im Folgenden unterschieden zwischen der Bedeutung von *P. aeruginosa* innerhalb medizinischer Einrichtungen und außerhalb medizinischer Einrichtungen.

### 2.1 In medizinischen Einrichtungen erworbene *P. aeruginosa*-Infektionen

In medizinischen Einrichtungen liegen bei einer Vielzahl von Patienten prädisponierende Faktoren wie Kathetersysteme oder auch synonym „Devices“ (z. B. intravasale Katheter, Harnwegkatheter, Beatmungstuben), verletzte Haut und Schleimhäute einschließlich Auge, und Antibiotikatherapie bzw. Chemotherapie vor. Ein sehr hohes Risiko haben Patienten mit strukturellen Veränderungen der Lunge, insbesondere bei einer COPD, aber auch als Sekundärinfektion nach primär viraler Genese. Eine Antibiotikatherapie führt zu einer Eradikation eines Teils der physiologischen bakteriellen Flora des Menschen, wodurch *P. aeruginosa* auf Grund seiner intrinsischen Antibiotikaresistenz einen Selektionsvorteil hat. Dadurch kann es zu einer Zunahme der Kolonisation mit *P. aeruginosa* kommen. Insbesondere die Besiedlung von

Fremdkörpern durch *P. aeruginosa*, eingebettet in Biofilme, kann unter derartigen Umständen zu lebensbedrohlichen Komplikationen führen. Es können sowohl sporadische Infektionen als auch nosokomiale Ausbrüche auftreten.

Das Spektrum der Erkrankungen umschließt Harnwegsinfektionen, Wundinfektionen, insbesondere bei Verbrennungswunden und diabetischem Fuß, SSI nach viszeralkirurgischen Operationen, selten auch nach neurochirurgischen Operationen, Pneumonien und dabei insbesondere beatmungsassoziierte Pneumonien, Blutstrominfektionen (Septikämie und Sepsis) und neonatale Infektionen, insbesondere die NEC, aber auch Endophthalmitiden, Konjunktivitiden und Keratitiden.

Darüber hinaus zählt *P. aeruginosa* zu den wichtigsten Erregern potentiell lebensbedrohlicher Infektionen bei Patienten mit zystischer Fibrose. Die epidemiologische Bedeutung von *P. aeruginosa* als nosokomialer Infektionserreger geht u. a. aus der Erhebung zur Punktprävalenz nosokomialer Infektionen in Europa der ECDC hervor (<http://ecdc.europa.eu/en/activities/surveillance/ESAC-Net/Pages/index.aspx#sthash.XWDSmX3Z.dpuf>).

Demzufolge betrug der Anteil von *P. aeruginosa* bei den insgesamt nachgewiesenen nosokomialen Erregern 8,9 %, davon 17,4 % bei nosokomialen Pneumonien und Infektionen der tiefen Atemwege, 7,6 % bei SSI, 8,4 % bei Harnwegsinfektionen, 6,1 % bei Blutstrominfektionen und 2,5 % bei Infektionen des Gastrointestinal-Trakts [1, s. Tabelle 1]. Mit 8,9 % ist *P. aeruginosa* der vierthäufigste nosokomiale Erreger nach *S. aureus*, Enterokokken und *E. coli*. 31,8 % der in dieser Prävalenzstudie isolierten *P. aeruginosa* waren resistent gegen Carbapeneme.

Nach einer Prävalenzstudie nosokomialer und mitgebrachter Infektionen in einer deutschen Universitätsklinik betrug 2013 der Anteil von *P. aeruginosa* innerhalb von 124 nosokomialen Infektionen 10 % [48].

Aus der KRINKO-Empfehlung „Hygienemaßnahmen bei Infektionen oder Besiedlung mit multiresistenten gramnegativen Stäbchen“ werden nachfolgend die relevanten Aspekte zu *P. aeruginosa* aus dieser Empfehlung – kursiv gekennzeichnet – zitiert [19].

„Auf deutschen Intensivstationen, die an SARI teilnahmen, lag der Anteil Imipenem-resistenter *P. aeruginosa* bei 25 % und der der Ciprofloxacin-resistenten Isolate bei 16 % ohne signifikante Veränderungen in den letzten Jahren. Bei den bereits dargestellten Untersuchungen mit konsequentem Screening der Patienten erlitten 16 % bis 25 % der koloni-

sierten Patienten Infektionen mit *P. aeruginosa*.

Die Mortalitätsrate der durch *P. aeruginosa* verursachten Bakteriämien ist hoch, insbesondere bei Patienten mit inadäquater empirischer Therapie, und übersteigt die Mortalität der *S. aureus*-Sepsis. Patientengruppen mit erhöhtem Risiko für *Pseudomonas*-bedingte Sepsis sind Senioren, Hämodialyse-Patienten, Organtransplantierte, Patienten mit Malignomen, Herzkrankte, HIV-Infizierte, Diabetiker und COPD-Patienten. Die 30-Tage-Mortalität lag bei Patienten mit Bakteriämie mit multiresistenten Isolaten und nicht adäquater Antibiotikatherapie bei 26,7 %; bei Patienten mit adäquater Antibiotikatherapie bei 22,6 %.

*P. aeruginosa* ist ein ubiquitär vorkommender Keim, dessen natürlicher Standort die Umwelt ist, der aber auch auf Lebensmitteln sowie vor allem in den Nass- und Feuchtbereichen des Krankenhauses zu finden ist. *P. aeruginosa* verursacht häufig nosokomiale Infektionen, insbesondere bei kritisch kranken oder immunkompromittierten Patienten. Besonders gefährdet durch eine Besiedlung mit *P. aeruginosa* sind Mukoviszidose-Patienten, bei denen sich eine *Pseudomonas*-Infektion statistisch lebensverkürzend auswirkt.

Eine Erregerübertragung von Mensch zu Mensch erfolgt praktisch nur im Krankenhaus. Dabei spielen kontaminierte Wasserauslässe auf Intensivstationen oder invasive Maßnahmen mit kontaminierten Geräten wie z. B. Bronchoskopen eine entscheidende Rolle. So berichtet Hota über einen Ausbruch mit einem multiresistenten *P. aeruginosa* auf einer Intensivstation mit 36 infizierten Patienten, von denen 17 innerhalb von 3 Monaten verstarben. Als Quelle konnten kontaminierte Abflussrohre der Waschbecken identifiziert werden. Auch das Überleben gramnegativer Keime auf unbelebten Oberflächen kann eine Übertragungsquelle sein.

Im Hinblick auf die Prävention von *P. aeruginosa*-Infektionen führt die KRINKO-Empfehlung aus:

**„Die Kontrolle von Umgebungsquellen (Leitungswasser) erwies sich auch im endemischen Setting) als erfolgreiche Maßnahme in der Kontrolle von *P. aeruginosa*-Infektionen.“**

Die KRINKO empfiehlt weiterhin, bei Auftreten von 3 MRGN oder 4 MRGN-*P. aeruginosa* mögliche Umgebungsquellen zu untersuchen und ggf. zu beseitigen (Kat III).“

Nach Angaben von Rumbauch hat sich in den USA der Anteil von *P. aeruginosa*-Isolaten im

Zusammenhang mit Pneumonien, SSI und Harnwegsinfektionen im Zeitraum von 1975–2009 nahezu verdoppelt [49].

Die Bedeutung von *P. aeruginosa* bei pädiatrischen Patienten wurde von Simon et al. zusammenfassend dargestellt [50].

Nach Untersuchungen von Gjodsbol et al. zählt *P. aeruginosa* mit über 50 % zu den am häufigsten nachgewiesenen Erregern bei chronischen Wunden. Ulzera mit *P. aeruginosa*

waren hierbei signifikant größer als Ulzera ohne den Nachweis von *P. aeruginosa* und waren mit einer Verzögerung der Wundheilung assoziiert [51].

Kritisch ist insbesondere die Zunahme von *P. aeruginosa* mit 3–4fach Resistenzen [13].

Es ist damit zu rechnen, dass die Anzahl Antibiotika-resistenter und multiresistenter *Pseudomonas* Isolate künftig noch weiter ansteigen wird, was u. a. mit der Zunahme von

älteren Patienten zu erklären ist, einer Population mit prädisponierenden Risikofaktoren insbesondere mit chronisch obstruktiven Lungenerkrankungen und vielfachen antibiotischen Vortherapien.

Die Kosten für *P. aeruginosa*-Ausbrüche können erheblich sein. So wird von Bou et al. von einem *P. aeruginosa*-Ausbruch auf einer Intensivstation in Spanien berichtet, bei dem 17 Patienten erkrankten. Unter diesen Pati-

**Tabelle 1.** Mikroorganismen, die bei nosokomialen Infektionen (NI) im Rahmen einer europäischen ECDC-Punkt-Prävalenzstudie 2011–2012 isoliert wurden [1].

	Gesamtzahl NI	Gesamt NI %	Pneumonie, Untere Atemwege	Postoperative Wundinfektionen (SSI)	Harnwegsinfektionen	Primäre Sepsis (BSI)	Magen-Darm-Trakt-Infektionen
Gesamtzahl der NI	15.000	100,0	3.516	2.941	2.848	1.585	1.134
Gesamtzahl der NI, mit Mikroorganismen	8.114	54,1	38,5	43,7	66,9	94,7	69,0
Anzahl der Mikroorganismen	10.076	100,0	1.777	2.351	2.168	1.722	889
Gram-positive Kokken	3.296	32,7	19,8	46,3	16,8	47,4	11,4
<i>Staphylococcus aureus</i>	1.243	12,3	12,6	17,9	1,8	15,9	0,8
Koagulase-negative Staphylokokken	752	7,5	1,7	9,6	1,4	18,5	1,7
<i>Enterococcus</i> spp.	969	9,6	2,2	14,5	12,5	8,2	7,5
<i>Streptococcus</i> spp.	246	2,4	2,7	3,6	0,7	2,8	1,0
Andere gram-positive Kokken	86	0,9	0,6	0,9	0,4	1,9	0,3
Gram-negative Kokken	41	0,4	1,2	0,2	0,1	0,3	0,0
Gram-positive Bacilli	78	0,8	0,5	1,2	0,2	1,0	0,9
Enterobacteriaceae	3.647	36,2	32,1	32,5	65,1	29,4	13,2
<i>Citrobacter</i> spp.	91	0,9	0,8	1,1	1,4	0,4	0,6
<i>Enterobacter</i> ssp.	422	4,2	5,0	5,4	3,9	3,4	2,2
<i>Escherichia coli</i>	1.601	15,9	8,8	14,0	36,2	11,0	5,6
<i>Klebsiella</i> spp.	872	8,7	11,4	6,0	12,0	9,8	3,9
<i>Proteus</i> spp.	380	3,8	2,4	3,6	7,9	2,0	0,3
<i>Serratia</i> spp.	115	1,1	2,6	0,7	0,6	1,6	0,3
Andere Enterobacteriaceae	166	1,6	1,1	1,8	3,1	1,3	0,1
Nicht-fermentierende Gram-negative Bakterien	1.593	15,8	35,3	12,8	11,1	13,0	4,7
<i>Acinetobacter</i> spp.	366	3,6	8,7	2,9	1,5	4,1	0,3
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	901	8,9	17,4	7,6	8,4	6,1	2,5
<i>Stenotrophomonas maltophilia</i>	100	1,0	3,2	0,6	0,0	1,0	0,6
<i>Pseudomonadaceae</i> , andere	82	0,8	1,4	0,9	0,8	0,5	0,4
<i>Haemophilus</i> spp.	72	0,7	3,5	0,1	0,0	0,1	0,2
<i>Legionella</i> spp.	3	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0
Andere nicht-Enterobacteriaceae	69	0,7	0,9	0,7	0,4	1,1	0,7

enten betragen die Letalität 47 %, die zusätzliche Verlängerung des Intensivstationsaufenthalts 70 Tage und die zusätzlichen Kosten mehr als 400.000 US-Dollar [52].

Besondere Risikobereiche mit hoher Rate von *P. aeruginosa*-Infektionen sind

- Intensivstationen
- hämato- onkologische Stationen
- neonatologische Intensivstationen
- Verbrennungsstationen.

## 2.2 Epidemiologische Bedeutung von *P. aeruginosa* außerhalb medizinischer Einrichtungen

Außerhalb medizinischer Einrichtungen sind nachfolgende Infektionen durch *P. aeruginosa* von epidemiologischer Bedeutung.

- Otitis externa
- Chronische Wundinfektionen
- Keratitis
- Folliculitis

### 2.2.1 Otitis externa

Die akute Otitis externa ist in der Regel assoziiert mit Wasserexposition und wird am häufigsten neben *Staphylococcus aureus* durch *P. aeruginosa* ausgelöst. Nach einer Untersuchung von Ninkovic et al. zur Epidemiologie der ursächlichen Erreger der Otitis externa im Vereinigten Königreich (UK) war *P. aeruginosa* der am häufigsten nachgewiesene Erreger mit 45,1% gefolgt von *S. aureus* mit 9 %, Anaerobiern (6,3 %), Beta-haemolisierenden Streptococcus Gruppe G (2,8 %) bzw. Gruppe A (1,4 %), *Streptococcus pneumoniae* (0,7 %), Methicillin-resistente *S. aureus* (0,7 %), *Candida* spp. (9,7 %), *Aspergillus* spp. (4,2 %) und *Absidia corymbifera* (0,7 %) [53].

Eine Analyse der CDC ergab, dass 2007 schätzungsweise 2,4 Millionen Besuche in Gesundheitseinrichtungen (8,1 Besuche/1.000 Einwohner) zur Diagnose einer akuten Otitis externa führten. Die geschätzte jährliche Rate von hausärztlichen Besuchen aufgrund einer akuten Otitis externa für die Jahre 2003–2007 war am höchsten bei Kindern zwischen 5–9 Jahren und 10–14 Jahren. 53 % der Visiten entfielen auf Erwachsene älter als 20 Jahre. Die direkten Gesundheitskosten für die Behandlung nicht hospitalisierungsbedürftiger akuter Otitis externa werden in den Vereinigten Staaten auf mehr als 0,5 Mrd. US-Dollar jährlich geschätzt und bei der ambulanten Behandlung wurden ca. 600.000 Stunden jährlich für die Behandlung der akuten Otitis externa aufgewandt. Zur Prävention wurden die Kontrolle der Wasserexposition des Außenohres empfohlen sowie die Untersuchung weiterer Präventionsmaßnahmen eingefordert [54].

### 2.2.2 Bakterielle Keratitis

In einer Studie über den Trend der mikrobiellen Ätiologie der Keratitis in Toronto wurden Koagulase-negative Staphylokokken als die häufigsten bakteriellen Erreger mit 36 % und als der häufigste Gram-positive Erreger (48 % aller bakteriellen Erreger) nachgewiesen. *P. aeruginosa* war der häufigste Gram-negative Erreger mit 10,1% aller bakteriellen Isolate. Während insgesamt Gram-positive Erreger rückläufig waren, nahm der Anteil Gram-negativer Erreger zu [55].

*P. aeruginosa* hat insbesondere im Zusammenhang mit dem Tragen von Kontaktlinsen als Erreger der bakteriellen Keratitis deutlich zugenommen [2, 56–64]. Als Risikofaktor für eine *P. aeruginosa*-assoziierte Infektion gilt die Reinigung der Kontaktlinsen mit *P. aeruginosa*-haltigem Leitungswasser sowie mit unzureichend mikrobizid wirksamen Kontaktlinsenpflegemitteln [65].

Eine unbehandelte *P. aeruginosa*-Keratitis kann rasch zur Perforation fortschreiten.

### 2.2.3 Chronische Wundinfektion

*P. aeruginosa* hat insbesondere bei chronischen Wunden erhebliche Bedeutung. Eine Studie von Gjodsbol et al. zum bakteriologischen Profil chronischer venöser Ulzera zeigte, dass nach *Staphylococcus aureus* und Enterokokken *P. aeruginosa* in 52,2 % der Ulzera nachgewiesen werden konnte [51]. Darüber hinaus waren – wie bereits erwähnt – Ulzera, die mit *P. aeruginosa* kolonisiert bzw. infiziert waren, wesentlich größer und gingen mit einer deutlichen Verzögerung des Heilungsprozesses einher.

Von besonderer Bedeutung ist, dass 1–2 % der Bevölkerung in entwickelten Ländern eine nicht heilende oder chronische Wunde während ihres Lebens entwickeln werden. Durch eine weitergehende Studie konnten Kireterp-Müller et al. unter Einbeziehung neuer kultureller Methoden in der Mehrzahl der Wunden *P. aeruginosa* nachweisen, die durch klassische kulturelle Methoden nicht nachgewiesen wurden [66]. Die Biofilmbildung der *P. aeruginosa* stellt eine Ursache für die schwierige Eradikation von Pseudomonaden aus chronischen Wunden dar [67].

Dies impliziert, dass offensichtlich *P. aeruginosa* wesentlich häufiger in chronischen Wunden vorkommt und damit von deutlich größere Bedeutung für die öffentliche Gesundheit ist, als bislang angenommen.

### 2.2.4 Zystische Fibrose

Auf die erhebliche Bedeutung von *P. aeruginosa* wird detailliert in der KRINKO- Empfehlung sowie in der der Empfehlung zugrunde

liegenden Monographie „Anforderungen an die Hygiene bei der medizinischen Versorgung von Patienten mit zystischer Fibrose (Mukoviszidose)“ eingegangen, worauf ausdrücklich verwiesen wird [68].

**Zusammenfassend ist festzustellen, dass *P. aeruginosa*-bedingte Infektionen sowohl in medizinischen Einrichtungen als auch außerhalb medizinischer Einrichtungen epidemiologische Bedeutung für die öffentliche Gesundheit haben. Dies bedeutet, dass erhebliche Anstrengungen zur Prävention und Kontrolle von Pseudomonaden-Infektionen und den wichtigsten Infektionsreservoirien und den wichtigsten Übertragungswegen notwendig sind.**

## 3. Trinkwasser-Installation als Reservoir für *P. aeruginosa*

Hierbei ist zwischen medizinischen Einrichtungen (z. B. Krankenhäusern, Arztpraxen) und öffentlichen Einrichtungen (z. B. Altenheime, Hotels) und Privathäusern zu unterscheiden.

*P. aeruginosa* lässt sich nach einer vom BMBF geförderten Studie von Kistemann et al. häufiger als bislang angenommen im Trinkwasser nachweisen [69]. Im Rahmen dieser Studie konnten insgesamt 110.000 Messergebnisse mit mikrobiologischen bzw. chemischen Daten aus 30.000 Probenahmen an 20.000 Zapfstellen in 4.600 Gebäuden und zu hausinstallationstechnischen Maßnahmen ca. 16.000 Einzeldaten aus über 1.000 Gebäuden ausgewertet werden. Basierend auf den Daten konnten die gesundheitsrelevanten Legionellen und *Pseudomonas* spp., die ein potentiell Gesundheitsrisiko für den Verbraucher darstellen, in quantitativ relevanten Zahlen nachgewiesen werden. Es ergab sich ein signifikantes Risiko für einen Nachweis von Pseudomonaden bei Vorhandensein von Eisenrohren in der Hausinstallation. Bezogen auf den Anteil der Gebäude, in denen Pseudomonaden nachgewiesen wurden, zeigte sich, dass Pseudomonaden vor allem in Krankenhäusern im Trinkwasser nachgewiesen werden. Bei 31,1% der Gebäude wurde bereits mindestens einmal im Untersuchungszeitraum 2003–2009 eine Kontamination mit Pseudomonaden nachgewiesen. Das liegt deutlich über dem durchschnittlichen Wert aller Gebäude (5,2 %). Insgesamt schnitten Krankenhäuser in der mikrobiologischen Gesamtbeurteilung am schlechtesten ab, was die besondere Bedeutung dieser Nutzungsart in der hygienischen Trinkwasserüberwachung unterstreicht.



Auch bei der Berechnung des RR (relativen Risikos) für das Vorkommen von *Pseudomonaden* wird die besondere Relevanz von Krankenhäusern unterstrichen. Gleichzeitig ergab sich, dass die Untersuchung auf die klassischen mikrobiologischen Indikatorparameter nach der TrinkwV 2001 (*E. coli*, coliforme Bakterien, Enterokokken, Koloniezahl) nicht geeignet ist, um Kontaminationen mit *P. aeruginosa* vorherzusagen bzw. zu erkennen bzw. auszuschließen.

Untersuchungen von Völker et al. zeigten, dass in 102 von 3.468 Proben P (2,9 %) *P. aeruginosa* nachgewiesen werden konnte [70]. In Kaltwassersystemen waren sowohl die Koloniezahl bei 36 °C als auch *Pseudomonas* spp. am häufigsten überschritten. Eine Untersuchung auf *P. aeruginosa* wurde jedoch deutlich seltener von Gesundheitsbehörden veranlasst als eine Untersuchung anderer Indikatororganismen wie *E. coli*, coliforme Bakterien und Legionellen sowie die Bestimmung der Koloniezahl [70].

In einer aktuellen Studie aus China konnten Zhou et al. auf einer Leber-Transplantationsstation *P. aeruginosa* in 8 % (11/136) der untersuchten Wasserentnahmestellen nachweisen. Nach Installation endständiger Filter wurden *P. aeruginosa* neben Legionellen und Mykobakterien nicht mehr in Leitungswasserproben nachgewiesen. Zusätzlich wurde die Kolonisations-/Infektions-Rate aufgrund von Gram-negativen Stäbchenbakterien um 47 % reduziert [71].

Weitere Untersuchungen **bei Erkrankungen** unter Einbeziehung moderner Typisierungsverfahren zur Abklärung einer Übereinstimmung zwischen gleichen Klonen von *P. aeruginosa* im Wasser und bei Patienten bestätigten, dass Wasser sowohl als Infektionsreservoir als auch als ein Vehikel für *P. aeruginosa* anzusehen ist [20, 38, 40, 47, 72].

Trautmann et al. geben einen Überblick über den aktuellen Kenntnisstand hinsichtlich der Bedeutung des Trinkwassers als Infektionsreservoir in **medizinischen Einrichtungen**. In dieser Zusammenstellung konnte gezeigt werden, dass Wasser als ursächliches Reservoir von *P. aeruginosa*-bedingten nosokomialen Infektionen auf Intensivstationen in bis zu 50 % feststellbar ist und Trinkwasser-Installationen als ein relevantes aber bisher unterschätztes Infektionsreservoir für *P. aeruginosa* anzusehen sind. Trautmann et al. führen explizit aus, dass es als relativ sicher gelten kann, dass ein großer Prozentsatz aller auf Intensivstationen auftretenden *P. aeruginosa* aus dem Trinkwasser übertragen wird. Aktivitäten, bei denen das geschehen kann, sind beispielsweise die Körperwaschung, die Mundpflege einschließlich Zähneputzen, die Reinigung von herausnehmbaren Vollprothesen der Patienten am Leitungswasserauslass, aber auch Manipulationen am Patienten, die seitens des Pflegepersonals oder der Ärzte mit gewaschenen anstatt mit desinfizierten Händen durchgeführt werden [38].

Venier et al. führten Untersuchungen zu den Risikofaktoren für den Erwerb von *P. aeruginosa* auf Intensivstationen im Rahmen einer prospektiven, multizentrischen Studie durch. Dabei befassten sie sich insbesondere mit der Frage, wie hoch der Anteil hinsichtlich endogen versus exogen erworbener Kolonisationen von *P. aeruginosa* war. Unter 1.314 Patienten ohne *P. aeruginosa*-Nachweis bei Aufnahme erwarben 201 Patienten (15 %) während ihres intensivmedizinischen Aufenthalts *P. aeruginosa*. Signifikant assoziiert mit dem Erwerb von *P. aeruginosa* waren – eine anamnestisch bekannte frühere Infektion oder Kolonisation mit *P. aeruginosa* – die kumulative Dauer der Beatmung und – die kumulative Anzahl der Behandlungstage

mit nicht gegen *P. aeruginosa* wirksamen Antibiotika.

Hinsichtlich der Umwelt-assoziierten Risikofaktoren für den *P. aeruginosa* Erwerb war neben dem Personalschlüssel die Exposition gegenüber kontaminiertem Leitungswasser im Behandlungszimmer der Patienten relevant (HR: 1,76; CL: 1.09-2.84). Die Autoren [67] schlussfolgern, dass individuelle Risikofaktoren und exogene Umgebungsfaktoren, die durch Intervention unter Kontrolle gebracht werden können, mit dem Erwerb von *P. aeruginosa* assoziiert sind. In einem Review wird dieser Sachverhalt auf der Basis der Analyse von Ausbrüchen untermauert [73].

In der Neonatologie sind Übertragungen während des Wannenbades beobachtet worden [74].

Zudem beschreiben Trautmann et al. eine Übertragungsmöglichkeit von *P. aeruginosa*, durch Bedeckung von Patienten bzw. von (wasserdurchlässigen) Wundverbänden mit wassergetränkten Baumwolltüchern zum Zwecke der Kühlung bei hohem Fieber [38].

Auch andere zusammenfassende Darstellungen weisen auf die hohe Bedeutung des Trinkwassers als Reservoir für *P. aeruginosa*-assoziierte Infektionen insbesondere in **medizinischen Einrichtungen** hin [38, 75].

Die Bedeutung von mit *P. aeruginosa*-kontaminiertem Trinkwasser im **häuslichen Bereich** ist bislang unzureichend untersucht, muss jedoch auch für die o. a. Infektionen (Otitis externa, Keratokonjunktivitis, Infektionen bei zystischer Fibrose, chronische Wundinfektionen) grundsätzlich angenommen werden. Eine weitergehende Abklärung setzt entsprechende Untersuchungen voraus, die bislang nicht systematisch durchgeführt wurden. Ursache hierfür ist, dass häufig keine finanziellen Mittel zur Verfügung stehen.

Eine besondere Bedeutung hat die sog. „häusliche Nachsorge“, d. h. die Entlassung von Patienten in den privathäuslichen Bereich, insbesondere bei Patienten mit Immunsuppression, worauf die KRINKO in ihrer Empfehlung: „Anforderungen an die Hygiene bei der medizinischen Versorgung von immunsupprimierten Patienten“ detailliert eingegangen [76].

### 3.1 Reduktion von nosokomialen Infektionen durch Kontrollmaßnahmen an der Trinkwasser-Installation

Um die Übertragung aus dem Wasser zu vermindern, wurden in den letzten Jahren drei verschiedene Ansätze gewählt.

Eine Arbeitsgruppe aus Lausanne reduzierte den Einsatz von Trinkwasser für die Gesichtswaschung und propagierte eine ver-

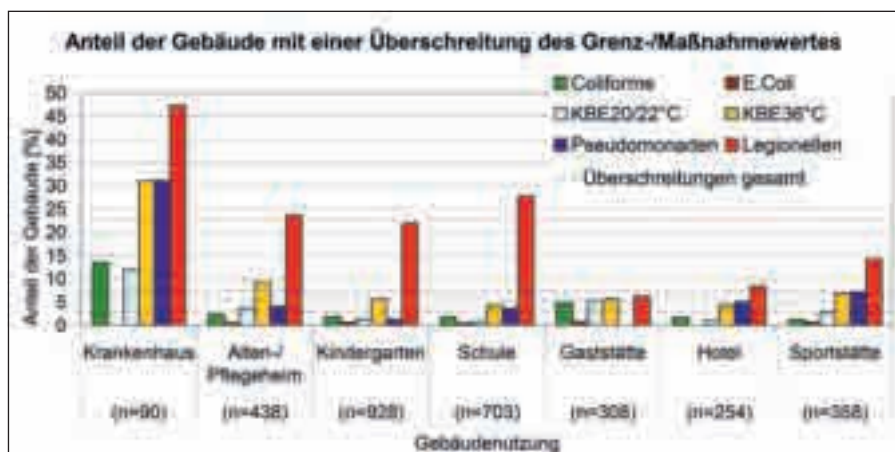


Abbildung 1: Anteil der Gebäude, in denen der Grenz- bzw. Maßnahmewert eines Parameters mindestens einmal überschritten wurde, nach Kistemann et al. [69].

stärkte hygienische Händedesinfektion und Flächenhygiene in der Umgebung des Patienten [34]. Durch Einführung dieser Maßnahme gelang es, die Infektionsrate von 59 Episoden pro 1.000 Aufnahmen (im Jahr 1998) auf 26,6 pro 1.000 Aufnahmen (im Jahr 2000) zu senken. Die Genotypisierung der Isolate zeigte, dass ausschließlich diejenigen Kolonisations- bzw. Infektionsereignisse reduziert wurden, bei denen der verursachende Klon identisch mit einem im Leitungswasser nachgewiesenen Klon war. Trotz Erhöhung der Wassertemperatur gelang es in dieser Studie nicht, die Kontaminationsrate an den Wasserentnahmestellen abzusenken. Die Übertragung von *P. aeruginosa* wurde somit ausschließlich durch Unterbrechung des Infektionsweges von der (weiterhin kontaminierten) Wasserentnahmearmatur auf den Patienten erreicht.

Einen weiteren Weg wählte die Arbeitsgruppe von Vianelli et al. in einer hämatologisch-onkologischen Behandlungseinheit in Verona. Auf dieser Station wurde im Jahr 2002 eine deutliche Zunahme von positiven Blutkulturen mit Nachweis von *P. aeruginosa* beobachtet [40]. In mikrobiologischen Untersuchungen des unbelebten Umfelds zur Identifizierung der Erregerquelle konnte nachgewiesen werden, dass Trockenareale wie Toilettensitze, Spültasten an Toiletten oder Türgriffe nicht mit *P. aeruginosa* kontaminiert waren. Im Gegensatz dazu konnte der Erreger von mehr als 50 % aller Duschköpfe, Wasserarmaturen an Handwaschbecken und Wasserarmaturen an Bidets nachgewiesen werden. Als Konsequenz Untersuchungsergebnissen wurde zunächst ein fünfminütiges Laufenlassen des Trinkwassers vor jeder Wasserentnahme angeordnet, wodurch jedoch kein Rückgang der Infektionsrate zu erzielen war. Duschen und Wasserarmaturen wurden daraufhin ab dem Jahr 2003 mit Einwegsterilfiltern ausgestattet, die wöchentlich gewechselt wurden. Hierdurch konnte eine hoch signifikante Verringerung der positiven Blutkulturen erreicht werden. Auch Abstrichuntersuchungen bei Patienten zeigten, dass die Patienten nach Einführung der Wasserfilter in signifikant geringerem Maße mit *P. aeruginosa* kolonisiert waren als in der Vorperiode [40].

Auch die Arbeitsgruppe von Trautmann et al. konnte mittels endständiger Sterilfiltration eine signifikante Verringerung von *P. aeruginosa*-Infektionen auf einer chirurgischen Intensivstation eines Schwerpunktkrankenhauses erreichen. Die Rate *P. aeruginosa*-positiver Patienten ging von 7 und 15,5 % in der Vorperiode ohne Filter auf 4,3 % in der Nachperiode unter Filtration zurück [37]. In dieser

Studie wurde jedoch kein Versuch gemacht, das Erregerreservoir Trinkwasser unter Kontrolle zu bringen – mit Ausnahme des Schutzes der Patienten auf der Intensivstation durch endständige Filter. Weiterhin auftretende Erkrankungsfälle waren möglicherweise auf Eintrag des Erregers von Patienten aus den übrigen Stationen des Krankenhauses zurückzuführen.

Die Untersuchungen zeigen, dass einerseits bei entsprechenden Maßnahmen wie endständigen Filtern die Rate Trinkwasserassoziiierter Infektionen statistisch signifikant verringert werden und andererseits hierdurch auch die Bedeutung des Infektionsreservoirs Trinkwasser belegt werden kann.

Ziel darf es jedoch nicht sein, nur durch endständige Filter zu einer Kontrolle Wasserassoziiierter *P. aeruginosa*-Infektionen zu gelangen, sondern durch betriebstechnische Maßnahmen ist sicher zu stellen, dass der Erreger in der Trinkwasser-Installation in 100 mL Trinkwasser nicht nachweisbar ist.

**Nach den allgemein anerkannten Regeln der Technik betriebene Trinkwasser-Installationssysteme bleiben in 100 mL ohne kulturellen Nachweis von *P. aeruginosa* [176].**

### 3.2 *P. aeruginosa* in anderen exogenen Reservoiren in medizinischen Einrichtungen

*P. aeruginosa* kommt auch in anderen Reservoiren in medizinischen Einrichtungen vor wie z. B. in Salaten [77, 78] oder in Inhalationslösungen [79] oder oralen Arzneimitteln. Diese müssen auch als potentielle Kontaminationsquellen Berücksichtigung finden bzw. bedürfen einer spezifischen Regulierung und Hygienemaßnahmen, die ggfls. den heutigen Erkenntnissen angepasst werden müssen. Diese sind jedoch nicht Gegenstand dieser Empfehlung.

## 4. Hygienisch-ökologische Aspekte zum Vorkommen von *P. aeruginosa* in Trinkwasser-Installationssystemen

Für die Kontrolle von *P. aeruginosa*-Kontaminationen in Trinkwasser-Installationen ist es notwendig, die hygienisch-ökologischen Grundlagen des Vorkommens von *P. aeruginosa* im Trinkwasser zu analysieren. Nachfolgend sollen wichtige ökologische Faktoren angesprochen werden, die das Vorkommen und die Persistenz von *P. aeruginosa* in Trinkwasser-Installationen maßgeblich begünsti-

gen und die zusätzlich beim Nachweis von *P. aeruginosa* zur Prävention und Kontrolle zu berücksichtigen sind.

### 4.1 Biofilm

*P. aeruginosa* zählt zu den fakultativ-pathogenen Mikroorganismen, die in der Lage sind, ausgedehnte Biofilme in wasserdurchströmten Systemen und in Trinkwasser-Installationssystemen zu bilden [45, 80–95]. Untersuchungen von Exner et al. ergaben, dass sich *P. aeruginosa* auf geeigneten Materialien innerhalb von 4 d zunächst als Mikroplaques ansiedelt, um sich dann zu einem flächendeckenden Biofilm auszubilden. In Wells von Mikrotiterplatten entsteht bei Mediumwechsel alle 8 h bereits nach 44 h ein festhaftender Biofilm [96].

Demzufolge beeinflusst das Oberflächenmaterial das Ausmaß der Biofilmbildung [97]. So konnten Exner und Pleischl auf Kupferrohrstücken aus einem mit *P. aeruginosa* belasteten Trinkwasser-Installationssystem einer neu eingerichteten Operationsabteilung nachweisen, dass die Ursache für eine nachhaltige *P. aeruginosa*-Kontamination nicht auf Biofilmbildung zurückzuführen war (Exner unveröffentlicht). Auf der Kupferrohrleitung ließ sich an einem zweimal gebogenen Kupferrohrstück *P. aeruginosa* ohne Biofilm in den schlecht durchströmten Abschnitten nachweisen. Nach Entfernen der Teile der Installation kam es zur vollständigen Kontrolle der *P. aeruginosa*-Kontamination in dem Trinkwasser-Installationssystem der Klinik.

### 4.2 VBNC

VBNC (Viable but not culturable)-Stadium bedeutet, dass Mikroorganismen mit kulturellen Verfahren (Flüssig- oder Festnährmedien) nicht nachweisbar sind, obwohl sie grundsätzlich lebensfähig sind und sich unter bestimmten Bedingungen mit den eingesetzten kulturellen Verfahren wieder nachweisen lassen. VBNC kann assoziiert sein mit dem Übergang in andere morphologische Formen (small colony variants) wie der Verlängerung der Generationszeit bzw. Veränderung des Generationsverhaltens [98, 99]. Im Rahmen eines seitens des BMBF durchgeführten Forschungsprojekts „Erkennung und Bekämpfung von vorübergehend unkultivierbaren Pathogenen in der Trinkwasser-Installation“ konnte gezeigt werden, dass *P. aeruginosa* nach Exposition im Leitungswasser des Labors nicht mehr kulturell nachzuweisen war. Es stellte sich heraus, dass der Kupfergehalt des Wassers dafür verantwortlich war, und es konnte eine klare Zeit- und Konzentrationsabhängigkeit dieser Inaktivierung gezeigt

werden [100–102]. Nach Aufhebung des Kupferstresses durch einen Chelator gewannen die Pseudomonaden ihre Kultivierbarkeit wieder zurück. Um zu überprüfen ob die „wiederbelebten“ *P. aeruginosa* infektiös waren, wurden Kulturen von Säugerzellen verwendet, die nach Exposition mit *P. aeruginosa* abstarben. Es konnte gezeigt werden, dass sie nach „Wiederbelebungs“ die Zytotoxizität des Ausgangsstamms erlangten, unter Kupfer-Stress dagegen nicht infektiös waren. Diese Ergebnisse sind von hoher hygienischer Relevanz und deuten darauf hin, dass sich Pseudomonaden u. a. in Kupferrohrleitungen in einem VBNC-Status befinden und bei Einbringung z. B. in invasive Systeme wie Katheter oder in den Körper des Patienten ihre Vermehrungsfähigkeit, Zytotoxizität und damit ihre Virulenz wiedererhalten können. Diese Faktoren sind bislang bei der Überprüfung von Trinkwässern nicht berücksichtigt worden.

#### 4.3 Temperatur

Untersuchungen von Völker et al. zeigten, dass zwischen Proben aus Kaltwasser und Warmwasser keine signifikanten Unterschiede hinsichtlich der Nachweishäufigkeit von *P. aeruginosa* bestanden [70]. Es muss davon ausgegangen werden, dass – anders als bei Legionellen – bei *P. aeruginosa* die Vermehrung über ein breites Temperaturspektrum von 4°C – 44°C möglich ist [103]. Aus diesem Grund muss das mögliche Vorkommen von *P. aeruginosa* in Kalt- und Warmwasserbereichen mit in die Risikobetrachtung einbezogen werden.

Untersuchungen zu *P. aeruginosa* in Trinkwassersystemen, deren Wachstumsansprüchen und nachhaltigen Gegenmaßnahmen wurden in einem DVGW-Förderprojekt veröffentlicht [104]. Der Schwerpunkt lag hierbei auf der Beurteilung der Vermehrung im Wasserkörper und auf unterschiedlichen Materialien. Darüber hinaus wurden die Auswirkungen von Desinfektions- und Spülmaßnahmen überprüft. Die Untersuchungsergebnisse zeigten, dass *P. aeruginosa* gut an die Nährstoffverhältnisse im Trinkwasser angepasst ist. In Reinkultur zeigte *P. aeruginosa* bei 10°C, 15°C und 20°C eine Vermehrung. Das Maximum wurde bei den niedrigeren Temperaturen jedoch erst nach 10–14 d, bei 20°C dagegen schon nach 2–3 d erreicht. In Anwesenheit einer natürlichen Trinkwasser-Mischbiozönose trat ein Konkurrenzeffekt um die Nährstoffe zwischen *P. aeruginosa* und der Mischbiozönose auf. Die Untersuchungen zeigten, dass bei einer Temperatur von 20°C *P. aeruginosa* in den untersuchten Wässern konkurrenzfähig ist, d. h. es fand eine

deutliche Vermehrung von *P. aeruginosa* bis ca. 10<sup>6</sup>/100 mL statt, bei 15°C trat dagegen nur noch eine Vermehrung um ca. eine log-Stufe auf, bei 10°C trat bei gleichzeitiger Anwesenheit einer Mischbiozönose keine Vermehrung mehr auf.

Die Untersuchung von **unterschiedlichen Materialklassen** wie Edelstahl, PE, Polypropylen, PVC sowie verschiedene Dichtmaterialien u. a. Ethylen-Propylen-Dien-Kautschuk (EPDM) und Weich-PVC zeigten, dass bei einer Animpfung durch *P. aeruginosa* alle Materialklassen besiedelt wurden. Sofern kein Trinkwasserbiofilm vorhanden war, wurden EPDM-Materialien stärker durch *P. aeruginosa* besiedelt als andere Materialien. Ein vorhandener Trinkwasserbiofilm führte insbesondere bei EPDM-Materialien zu einer geringeren Vermehrung von *P. aeruginosa* nach Animpfung. Bei allen Materialien mit oder ohne Trinkwasserbiofilm kam es im Durchfluss zu einer exponentiellen Abnahme der Besiedlungsdichte von *P. aeruginosa*, wobei ein vorhandener Trinkwasserbiofilm eine schnellere Verringerung bewirkte. In Abhängigkeit von der Startbesiedlung blieb *P. aeruginosa* im Durchfluss über lange Zeiträume (Monate) im Biofilm nachweisbar.

Die Versuche zur Desinfektion im Wasserkörper zeigten, dass sowohl mit Chlor als auch mit Chlordioxid eine gute Abtötung von mehr als 4 log-Stufen bereits mit den Mindestkonzentrationen nach Trinkwasser-Verordnung nach 0,5 h erreicht werden konnte. Bei Chloramin bzw. bei Chlorung mit gleichzeitiger Anwesenheit von Ammonium war dagegen erwartungsgemäß eine längere Einwirkzeit notwendig.

Die Versuche zur Überprüfung der Wirksamkeit von Desinfektionsmitteln auf *P. aeruginosa* auf Materialien zeigten, dass durch Desinfektionsmittelkonzentrationen nach Trinkwasser-Verordnung eine Reduktion um ca. 4 log-Stufen in Batch-Versuchen erreicht wird. Eine Ausnahme stellten Dichtungsmaterialien und Weich-PVC dar, auf denen nur maximal eine log-Stufe Reduktion erreicht wurde. Im Durchfluss führte die Desinfektionsmittelrestkonzentration von 0,1 mg/L Chlor nach wenigen Tagen zu einer vollständigen Beseitigung von *P. aeruginosa* von den Oberflächen mit Ausnahme von EPDM. Dort war selbst nach einer Expositionsdauer von zwei Wochen die Reduktion mit < 1 log gering. Die Ergebnisse für Chlordioxid mit einer Restkonzentration von 0,05 mg/L waren weitgehend vergleichbar.

Bei einer Desinfektion entsprechend der Vorgabe für eine Anlagendesinfektion kam es ohne und mit einem Trinkwasserbiofilm mit

den Desinfektionsmitteln Chlor, Chlordioxid und Wasserstoffperoxid mit Ausnahme der EPDM-Materialien zu einer vollständigen Beseitigung der Besiedlung mit *P. aeruginosa*. Bei den EPDM-Materialien wurde unter Berücksichtigung aller Versuchsansätze nur in weniger als 50 % der Versuche eine vollständige Beseitigung von *P. aeruginosa* von den Oberflächen erreicht. Ein Einfluss des verwendeten Desinfektionsmittels war nicht zu verzeichnen.

Spülversuche mit Schläuchen bzw. Rohren aus den Materialien PE, PP, PVC und EPDM zeigten, dass ein vollständiger Austrag von *P. aeruginosa* durch keines der Verfahren erreicht werden konnte. Bei der überwiegenden Anzahl der Versuche lag die Verringerung im Bereich von maximal einer log-Stufe.

Die Materialversuche zeigten, dass auch für *P. aeruginosa* die W270-Kriterien aussagekräftig sind. In Batch-Versuchen zeigte sich insbesondere bei Kurzzeitversuchen und ohne autochthonen Biofilm jeweils eine deutlich stärkere und im Zeitverlauf über 14 d noch zunehmende Besiedlung mit *P. aeruginosa* bei den Materialien ohne generelle Zulassung nach W270.

Insgesamt ergaben die Untersuchungen, dass *P. aeruginosa* ausgehend vom Wasserkörper die Oberflächen aller getesteten Materialien als Biofilm besiedeln kann. Die stärkste Besiedlung zeigte neues EPDM. Somit besitzt dieses Material spezifische Oberflächeneigenschaften, die eine Anheftung von *P. aeruginosa* aus der Wasserphase an die Oberfläche gegenüber anderen Materialien begünstigt.

*P. aeruginosa* geht auf Oberflächen eine derart hohe Haftung ein, dass eine kurzfristige vollständige Beseitigung durch Wasserspülungen oder Luft-/Wasserspülungen nicht erreichbar ist. Dementsprechend ist eine mechanische Spülung nur geeignet, um in der Wasserphase befindliche Bakterien bzw. Kontaminationen oder Verschmutzungen aus dem System auszutragen.

Sofern ein Eintrag von *P. aeruginosa* z. B. über Verunreinigungen z. B. bei Rohrbrüchen oder im Rahmen von Baumaßnahmen in das System erfolgt ist, sollte eine Wasserspülung ausreichend sein, wenn Spülgeschwindigkeiten von mehr als 1,5 m/s erreicht werden. Lassen sich die Spülgeschwindigkeiten nicht realisieren, sollte eine Luft-/Wasserimpulsspülung durchgeführt werden. Sofern es im Rohr zu Stagnationen von mit *P. aeruginosa*-kontaminiertem Wasser kommt, führt das zu einer persistierenden Besiedlung der Rohroberflächen aus dem Wasserkörper. In derartigen Fällen sollte das zweifache Volumen der Lei-

tung ausgetauscht werden. Sofern keine festen Bestandteile auszutragen sind, sind hierfür keine hohen Spülgeschwindigkeiten erforderlich. Um eine Beseitigung der Oberflächenkontamination zu erreichen, ist eine Anlagendesinfektion entsprechend DVGW-Regelwerk durchzuführen. Entsprechend den Ergebnissen des DVGW-Forschungsprojekts wird davon ausgegangen, dass – mit Ausnahme von Dichtungsmaterialien – bei allen Materialien eine vollständige Beseitigung der Oberflächenkontamination erreicht wird, sofern die Oberflächen mit dem Desinfektionsmittel in Kontakt kommen. Für Verdichtungsmaterialien ist jedoch nur eine unvollständige Beseitigung der Oberflächenkontamination möglich.

#### 4.4 Arten der Kontamination im Wasserversorgungssystem

Bei der Besiedlung von Trinkwasser-Installationssystemen durch *P. aeruginosa* lassen sich vier Kontaminationsarten unterscheiden (siehe auch 1.).

1. Kontamination des externen zentralen Wasserversorgungssystems
2. Kontamination des gesamten Trinkwasser-Installationssystems (systemische Kontamination des Trinkwasser-Installationssystems)
3. Teilzentrale Kontamination des Trinkwasser-Installationssystems
4. Dezentrale Kontamination einzelner Duschköpfe oder Wasserentnahmearmaturen.

##### 4.4.1 Kontamination des externen zentralen Wasserversorgungssystems (Wasserverteilungssystems)

Van der Wielen et al. fanden in den Niederlanden bei Untersuchungen des nicht gechlorten Wasserversorgungsnetzes von 8 unterschiedlichen Wasserversorgungen *P. aeruginosa* in 0 – 30 %, *Stenotrophomonas maltophilia* in 0 – 36 %, *Legionella pneumophila* in 0 – 48 % und *Mycobacterium* spp. in 100 % der untersuchten Wasserverteilungsnetze [105].

In insgesamt vier mittlerweile gut dokumentierten Kasuistiken in drei Kliniken und in einem Altenheim in Deutschland konnte als Ursache für die nachhaltige Kontamination des Trinkwasser-Installationssystems von medizinischen Einrichtungen das zentrale Wasserversorgungssystem (öffentliche Wasserversorgung) mit klonal-identischen *P. aeruginosa* in der Trinkwasser-Installation und im zentralen Wasserversorgungssystem identifiziert werden (Exner, noch unveröffentlichte Daten siehe auch Anlage 4).

Die nachhaltige Sanierung der Trinkwas-

ser-Installation gelang in allen Fällen erst, nachdem es zu einer Kontrolle des Eintrags von *P. aeruginosa* aus dem zentralen Wasserversorgungssystem gekommen war. Die Kasuistiken weisen darauf hin, dass vor einer Sanierung eines Trinkwasser-Installationsnetzes mit systemischer Kontamination der Trinkwasser-Installation immer abgeklärt werden muss, inwieweit die Ursache für die Kontamination auf eine Einschwemmung aus dem öffentlichen Wasserversorgungsnetz zurückzuführen ist. Hierzu ist die Untersuchung von Wasserproben vor dem Wasserzähler im Zuständigkeitsbereich des Wasserversorgers Voraussetzung.

In allen o. a. Fällen war die Kontamination von *P. aeruginosa* dem Wasserversorger nicht bekannt, da entsprechend Trinkwasserverordnung eine Untersuchung auf *P. aeruginosa* routinemäßig nicht erfolgte. Die Trinkwasserverordnung sieht eine derartige Untersuchung des öffentlichen Wasserversorgungsnetzes nicht bzw. nur anlassbezogen vor. Zum Teil gelang der Nachweis von *P. aeruginosa* aus der zentralen Wasserversorgung nicht in 100 mL, jedoch in 1 L. Dabei ist zu beachten, dass in vielen Fällen *P. aeruginosa* nicht ständig, sondern nur in statistisch verteilten Zeitabständen nachweisbar ist. Dies dürfte u. U. auf die unterschiedlichen Betriebsbedingungen der Verteilungsnetze zurückzuführen sein.

Durch die Kontamination aus dem zentralen Wasserversorgungsnetz war eine nachhaltige Kontamination des zentralen Trinkwasser-Installationssystems und zum Teil der Wasserentnahmearmaturen erfolgt. Es muss jedoch darauf hingewiesen werden, dass zum Teil auch andere Klone von *P. aeruginosa* nachgewiesen wurden, die in dem zentralen Wasserversorgungsnetz in diesen Fällen nicht nachgewiesen werden konnten. In jedem Fall war die nachhaltige Sanierung des Trinkwassernetzes der medizinischen Einrichtung erst nach Ausschluss des Eintrags von *P. aeruginosa* aus dem zentralen Wasserversorgungssystem möglich.

Mögliche Kontaminationsquellen im zentralen Wasserversorgungssystem sind

- neue Rohrleitungssysteme, Bauarbeiten bzw. Verlegearbeiten von Rohren des zentralen Leitungsnetzes
- Hochbehälter insbesondere nach Reinigungsarbeiten
- Hydranten (Oberflur- und Unterflurhydranten)
- Reinigungs- und Spülsysteme (Spülluftbeschaffenheit bei der Luft-/Wasserspülung, Spülschläuche etc.)
- Wasserzähler an der Übergabestelle

– Sicherungseinrichtungen an der Übergabestelle

Inwieweit Ultrafiltrations-Membranverfahren in der Trinkwasseraufbereitung eine bedeutende Rolle für eine Kontamination des zentralen Wasserversorgungssystems durch Besiedlung der Wandungen auf der Filtratseite mit *P. aeruginosa* spielen können, ist bislang nicht geklärt. Hier besteht erheblicher Forschungsbedarf.

Erfahrungen aus der Praxis zeigen, dass *P. aeruginosa* häufig bei neu verlegten Rohrleitungen im Trinkwasser nachgewiesen werden kann. Entsprechende Berichte liegen insbesondere aus den Jahren vor Novellierung der Trinkwasserverordnung 2001 vor, da zu diesem Zeitpunkt mit der verwendeten Nachweismethode für *E. coli* und coliforme Bakterien auch *P. aeruginosa* leichter nachweisbar war. So berichtet Schwenk über den Nachweis von *P. aeruginosa* nach Neuverlegung von Trinkwasserrohren (Polyethylen) im Ortsnetz einer Ortschaft aufgrund von Routinekontrollen. Erst nach Chlorung des Netzes mit Konzentrationen von 0,1 mg/L freiem Chlor, gemessen an den Entnahmestellen der Trinkwasser-Installation, und ausgiebigen Spülungen konnte nach ca. 70 d Chlorung und schrittweiser Reduktion der Chlorkonzentration sichergestellt werden, dass *P. aeruginosa* im öffentlichen Trinkwassernetz nicht mehr nachweisbar war [106].

##### 4.4.2 Zentrale Kontamination des Trinkwasser-Installationsnetzes in Gebäuden

Mögliche Risikopunkte für eine Kontamination von *P. aeruginosa* sind

- Hydranten auf dem Außengelände eines Gebäudes, z. B. auf dem Klinikgelände medizinischer Einrichtungen, sowie Wandhydranten innerhalb von Gebäuden (Wasserverteilungssysteme nach dem Einspeisen von Trinkwasser aus dem öffentlichen Wasserversorgungssystem)
- Rohrleitungen (fachgerechte Installation; Knickstellen in Kupferrohrleitungen (siehe oben))
- Armaturen und Sicherungseinrichtungen
- Anlagen zur Wasserbehandlung (mechanische Filter, Dosier-, Enthärtungsanlagen, Aktivkohle- und Entchlorungsfilter, leitungsgebundene Wasserspender)
- Druckausgleichssysteme
- Notduschen in Laborgebäuden
- unsachgemäße Befüllung (z. B. mit Nicht-Trinkwasser)
- längere Stillstandsphasen vor der Inbetriebnahme
- nicht fachgerechte Inbetriebnahme nach Neubau oder Erweiterung

- kein bestimmungsgemäßer Betrieb
- mangelnde oder unzureichende Wartung und Instandhaltung

**Hydranten** müssen als Kontaminationsquelle grundsätzlich bei einer Gefährdungsbeurteilung berücksichtigt werden. Selbst wenn stehendes Wasser in Hydranten vermieden wird, ist nicht auszuschließen, dass in Feuchtigkeitsbereichen der Hydranten *P. aeruginosa* verbleiben kann. In jedem Fall ist die sichere Abschieberung der Hydranten sicherzustellen.

**Oberflurhydranten** im Wasserversorgungssystem (öffentliche Wasserversorgung)

- können Kontaminationsquellen für das gesamte Versorgungsnetz und das Netz von medizinischen Einrichtungen darstellen, weswegen bei entsprechenden Untersuchungen über die Ursache einer zentralen Kontamination auch Proben an Wasserzählern entnommen werden und diese bei positivem Nachweis ggf. ausgetauscht werden sollten.

**Oberflurhydranten** auf dem Außengelände von medizinischen Einrichtungen

- sollen zukünftig nicht für das zentrale Wasserversorgungsnetz in medizinischen Einrichtungen genutzt werden; zum Objektschutz sollten eigene Feuerlöschleitungen mit Hydranten verwendet werden, die keine Verbindung zur Trinkwasser-Installation haben (DIN 1988-600).

**Enthärtungsanlagen** haben sich aufgrund ihrer großen Oberfläche als relevante Kontaminationsquelle für *P. aeruginosa* herausgestellt [107] (Exner unveröff.). Es muss daher sichergestellt werden, dass nur gereinigte und desinfizierte Enthärteranlagen in Trinkwasser-Installationssystemen eingebaut werden und eine regelmäßige hygienisch mikrobiologische Überwachung durch Einrichtung von Probenahmestellen vor und hinter der Enthärteranlage möglich ist. Enthärtungsanlagen müssen den DIN EN 14743 und DIN 19636-100 entsprechen.

Im Zusammenhang mit der zentralen

Kontamination eines Teilgebäudes konnte ein **Magnetventil** als isolierte Kontaminationsquelle festgestellt werden, die zu einer Kontamination des gesamten Trinkwasser-Installationssystems führte. Nach Entfernung dieses Magnetventils blieb das System dauerhaft ohne Nachweis von *P. aeruginosa*.

#### 4.4.3 Teilzentrale Kontamination

Sofern bei entsprechenden Untersuchungen nur eine teilzentrale Kontamination festgestellt wird, müssen entsprechende Risikopunkte wie unter 4.4.2 systematisch abgeklärt werden.

#### 4.4.4 Wasserarmaturen und Duschen bzw. Duschschläuche

Es sind die Festlegungen und Hinweise der DIN 1988-200 zu beachten. Wasserarmaturen, Duschköpfe und Duschschläuche können isoliert Kontaminationsquelle für *P. aeruginosa* sein. Ungeeignete Materialien und die Vielzahl von Kunststoffsystemen und Dichtungen innerhalb von Wasserarmaturen können für *P. aeruginosa*-Kontaminationen begünstigend sein. Flexible Schlauchleitungen müssen der DIN EN 13618 und der DVGW W 543 entsprechen.

Als häufig mit *P. aeruginosa* aber auch mit Legionellen kontaminiert erwiesen sich berührungslose Wasserarmaturen [21, 42, 84, 108, 109]. In einem Altenheim war es im Kontext mit einer zentralen Kontamination zu einer nachhaltigen Kontamination auch der Wasserarmaturen gekommen. In Abbildung 2 wird eine auseinander gelegte Wasserarmatur aus diesem System gezeigt. In nahezu allen Teilen der Wasserarmatur ließen sich durch Abstriche *P. aeruginosa* nachweisen. Trotz erfolgreicher Sanierung des zentralen Wasserversorgungssystems und der Trinkwasser-Installation gelang es nicht, die Wasserarmaturen nachhaltig zu sanieren. Aus diesem Grunde wurden alle Wasserarmaturen (120 Armaturen) in diesem System ausgetauscht. Hiernach konnte *P. aeruginosa* dau-

erhaft nicht mehr nachgewiesen werden (Anlage 4).

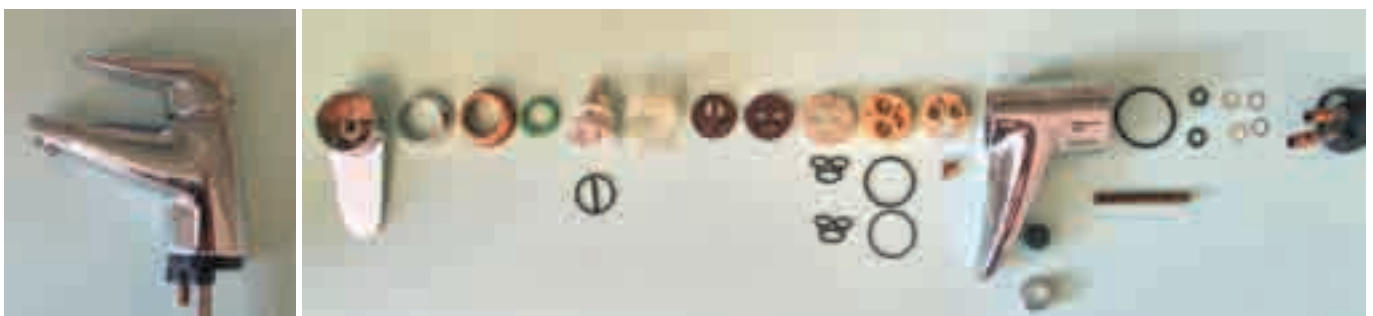
Es kann nicht ausgeschlossen werden, dass bereits **fabrikneue Wasserarmaturen** u. a. bei Prüfung oder bei der Herstellung mit *P. aeruginosa* kontaminiert werden können. Aus diesem Grunde wird es für notwendig erachtet, dass bei der Herstellung von Wasserarmaturen in Verantwortung des Wasserarmaturenherstellers eine Prüfung nur mit Wasser von Trinkwasserqualität durchgeführt wird, das *P. aeruginosa* nicht in 100 mL enthält. Die Hersteller von Wasserarmaturen sind aufgefordert, entsprechende Voraussetzungen sicherzustellen.

#### 4.4.5 Waschbecken und Abflusssysteme (Siphon-Geruchsverschluss)

Durch eine Kontamination der Trinkwasser-Installation mit *P. aeruginosa* kann es zu einer nachhaltigen Kontamination auch von Waschbecken und Abflüssen kommen. In den Waschbeckenabflüssen finden Pseudomonaden ähnlich wie Enterobacteriaceae und weitere Gram-negative, nicht fermentierende Bakterien wie *Acinetobacter*, *Burkholderia cepacia*, *Stenotrophomonas maltophilia* ideale Vermehrungsmöglichkeiten in organischen Ablagerungen und Biofilmen [110–116].

Eine Reihe von Kasuistiken zeigen, dass Ausbrüche mit *P. aeruginosa* und anderen Gram-negativen Mikroorganismen erst unter Kontrolle gebracht werden konnten, nachdem es zu einer Sanierung der betroffenen Wasserarmaturen u. a. durch Ausstattung mit endständigen Filtern kam [25, 27, 37, 38, 40, 71, 117].

In gleicher Weise müssen auch Waschbecken und Drainagesysteme (Siphons oder Geruchsverschlüsse) als potentielle Reservoir in Betracht gezogen werden, die bei Häufungen von *P. aeruginosa*-Infektionen untersucht werden sollten. In den Siphonabwässern können z. T. extrem hohe Konzentrationen von *P. aeruginosa*, aber auch anderer Gram-negativer Stäbchenbakterien (*Acineto-*



**Abbildung 2:** Mit *P. aeruginosa* kontaminierter Wasserhahn (links), bei dem nach Zerlegung auf einer Vielzahl unterschiedlicher Kunststoffteile in Abstrichen *P. aeruginosa* im Biofilm nachweisbar war.

bacter, Klebsiellen, *Enterobacter* spp.) von bis zu 109/mL nachgewiesen werden [118–122]. Bei derart hohen Konzentrationen reichen nicht sichtbare Spritzer auf umliegende Flächen, Utensilien und Hände aus, um Kontaminationen zu verursachen. So konnten Döring et al. bereits 1991 mit Typisierungsverfahren zeigen, dass 81% aller Waschbeckenabflüsse mit *P. aeruginosa* kontaminiert waren. Weiterhin konnte gezeigt werden, dass es bei Öffnen des Wasserhahns zur Aerosolbildung kam, wodurch die Hände des medizinischen Personals mit *P. aeruginosa* kontaminiert wurden. Durch Implementierung von Siphonheizsystemen mit Erzeugung von Temperaturen von 70°C wurde die Vermehrung von *P. aeruginosa* unter Kontrolle gebracht und die Hände blieben beim Waschen *P. aeruginosa*-frei [110].

In der Folgezeit wurden weitere Kasuistiken berichtet, im welchen Siphons von Waschbecken als Reservoir für Blutstrominfektionen durch *P. aeruginosa* ebenso wie Abwassersysteme als Reservoir für *P. aeruginosa* Ausbrüche beschrieben wurden [112, 116, 123, 124].

Die Bedeutung der Abwasserkanalisation in medizinischen Einrichtungen ist bislang nicht eindeutig charakterisiert. Es liegen jedoch mittels Verfahren zur Ganz-Genom-Sequenzierung Hinweise dafür vor, dass insbesondere bei Verstopfungen oder horizontal verlaufenden Schlepplleitungen Ausbrüche durch *P. aeruginosa* nicht auszuschließen sind [124, 125].

#### 4.4.6 Toilettenwässer

Untersuchungen von Engelhart et al. ergaben den Nachweis von 4fach-resistenten *P. aeruginosa* gleicher Klonalität wie im Rektalabstrich von Patienten einer hämato-onkologischen Station in einer größeren Anzahl untersuchter Toilettenwässer bzw. Abstrichen aus der Toilettenschüssel unterschiedlicher Zimmer der gleichen Station [126]. Nach Austausch der Toiletten sistierten die Neukolonisationen. Dieses Kontaminationsreservoir ist bislang nicht beschrieben. Die Bedeutung als Infektionsquelle muss weiter abgeklärt werden, sollte jedoch zukünftig bei Häufungen von *P. aeruginosa*-Infektionen als potentiell Infektionsreservoir mit berücksichtigt werden.

#### 4.4.7 Medizinisch-technische Geräte

Bei bestehender Kontamination des Trinkwasser-Installationsnetzes kann es zu einer nachhaltigen Kontamination von medizinisch-technischen Geräten wie Endoskopen [31, 127–136], Dialysemaschinen [137–146] und zahnärztlichen Behandlungseinheiten [147–

151] kommen. Hierdurch mit assoziierte *P. aeruginosa*-Infektionen sind im Zusammenhang mit Endoskopen dokumentiert.

Trotz einer Vielzahl von Berichten zur mikrobiellen Kontamination von Kühlwässern zahnärztlicher Behandlungseinheiten mit *P. aeruginosa* und Legionellen sind Berichte über Infektionen, die mit der mikrobiellen Kontamination zahnärztlicher Behandlungseinheiten unter Berücksichtigung von Typisierungsverfahren assoziiert sind, spärlich geblieben [152–156], weil sich bei einer Infektion des Respirationstrakts im Normalfall kein Hinweis auf einen möglichen Zusammenhang zu einer vorausgehenden zahnärztlichen Behandlung ergibt. Für Legionellosen sind jedoch Infektionsrisiken für Patienten und zahnärztliches Personal dokumentiert [156, 157].

Exner et al. berichteten 1981 über die sehr hohe Kontamination des Kühlwassers zahnärztlicher Behandlungseinheiten mit *P. aeruginosa*. Durch Ausspülen des Kühlwassers über einen Zeitraum von 1 min konnte eine vorübergehende Verminderung unter die Nachweisgrenze erreicht werden [158], weswegen das Ausspülen des zahnärztlichen Kühlwassers vor zahnärztlicher Behandlung als ein wichtiges einfach durchzuführendes Verfahren zur Infektionsprävention durch vorübergehende Verminderung der Konzentrationen von *P. aeruginosa* und Ausspülen von Biofilmpaquen in den Kühlwassersystemen angesehen und in den entsprechenden Empfehlungen der KRINKO empfohlen wird [159].

Zudem konnte gezeigt werden, dass bei zahnärztlicher Behandlung an einer mit *P. aeruginosa* hoch kontaminierten zahnärztlichen Behandlungseinheit trotz Nachweis der gleichen Serotypen von *P. aeruginosa* im Mundspülwasser der behandelten Person eine halbe Stunde nach zahnärztlicher Behandlung *P. aeruginosa* nicht mehr nachweisbar war, was auf die vorhandene physiologische interferierende Mundflora zurückgeführt wird [158]. Dennoch muss bei prädisponierten Patienten wie Patienten mit cystischer Fibrose [68], Patienten unter Immunsuppression oder vor immunsuppressiver Behandlung bzw. unter antibiotischer Therapie sichergestellt sein, dass diese Patienten an Behandlungseinheiten behandelt werden, die *P. aeruginosa* in 100 mL Kühlwasser nicht enthalten. Fischer et al. berichten über vergleichende Untersuchungen zur Wirksamkeit unterschiedlicher Verfahren zur Desinfektion zahnärztlicher Behandlungseinheiten und deren ökonomischer Implikationen [160].

#### 4.4.8 Reinigungs- und Desinfektionslösungen

*P. aeruginosa* kann sich grundsätzlich in Reinigungs- und Desinfektionslösungen mit bestimmten Desinfektionswirkstoffen in zu niedrigen Konzentrationen (z. B. quaternären Ammoniumverbindungen) vermehren [161–175]. Da diese Desinfektionslösungen mit Trinkwasser angesetzt werden, kann es bei bestehender Kontamination des Trinkwassers bzw. des Trinkwasser-Installationsnetzes zu einer nachhaltigen Kontamination von Reinigungs- und Desinfektionslösungen sowie von Tuchspendersystemen kommen. Bei Desinfektion oder Reinigung mit unzureichenden Desinfektionsmittelkonzentrationen von patientennahen Oberflächen und Geräten kann das zu einer Übertragung von *P. aeruginosa* auf den Patienten führen [167].

#### 4.4.9 Badewasser

Badewasser-assoziierte Pseudomonaden-Infektionen wie Otitis externa, Folliculitis bzw. Badermatitis sind gut dokumentiert [12, 16, 176–187]. In einer aktuellen Studie konnten Lutz et al. zeigen, dass 96 % der aus Schwimmbädern isolierten Pseudomonaden eine Multiresistenz gegen Antibiotika (Amikacin (intermediär), Aztreonam, Ceftriaxon, Gentamicin, Imipenem, Meropenem (intermediär), Ticarcillin/Clavulansäure, Tobramycin (intermediär), und Trimethoprim/Sulfamethoxazol) aufwiesen, was auf die essentielle Bedeutung einer guten Schwimmbadhygiene hinweist [182].

Badewasser darf nach DIN 19623 nur mit Füll- bzw. Thermalwasser von Trinkwasserqualität ohne Nachweis von *P. aeruginosa* in 100 mL gefüllt werden. Bei Nachweis von *P. aeruginosa* im Badewasser muss auch an das Füllwasser als potentielle Kontaminationsquelle für *P. aeruginosa* gedacht werden. Für die Wartung und den Betrieb gilt die DIN 19643 in der aktuellen Fassung sowie die Empfehlung der Badebeckenwasserkommission beim UBA in der jeweils gültigen Fassung.

#### 4.4.10 Mineralwasser aus geschlossenen Mineralwasserflaschen

Eckmanns et al. berichteten 2008 über einen *P. aeruginosa* Ausbruch in einem Klinikum der Tertiärversorgung bei 19 Patienten in 6 Intensivstationen mit 15 Infektionen und 4 Kolonisationen, wobei der genetisch identische Klon des Ausbruchstammes ausschließlich in original verschlossenen Mineralwasserflaschen nachgewiesen werden konnte und die Kontamination offensichtlich bei Abfüllung beim deutschen Mineralwas-

serproduzenten erfolgte [188]. Nach Entsorgung der Mineralwasserflaschen konnte der Ausbruch unter Kontrolle gebracht werden.

## 5. Maßnahmen zur Prävention und Kontrolle Trinkwasser-assoziiertes Pseudomonaden-Infektionen

Nachfolgend wird zwischen Maßnahmen zur Prävention in medizinischen und nicht medizinischen Bereichen unterschieden.

Der Wasserversorger muss *P. aeruginosa* im Trinkwasser grundsätzlich bei einer erweiterten Risikobewertung seines Wasserversorgungssystems einschließlich Trinkwasserverteilungsnetz und Trinkwasserspeicher berücksichtigen, insbesondere dann, wenn sich in seinem Versorgungsbereich medizinische Einrichtungen sowie pharmazeutische Betriebe befinden.

### 5.1 Maßnahmen in medizinischen Einrichtungen

Zu medizinischen Einrichtungen zählen Krankenhäuser sowie andere medizinische Einrichtungen und Pflegeeinrichtungen (Krankenhäuser und Pflegeeinrichtungen Altenpflegeheime, Pflegeheime, Kinderkrippen) sowie Einrichtungen für ambulantes Operieren, Dialyseeinrichtungen, Tageskliniken, Entbindungseinrichtungen sowie Einrichtungen zur Rehabilitation. Reha-Einrichtungen, die über eine Frührehabilitation oder Intensivstation oder neurologische Patienten mit Tracheostoma oder Dauerkatheterisierung der Harnwege verfügen, werden wie Krankenhäuser gewertet.

In medizinischen Bereichen ist hinsichtlich des *P. aeruginosa*-Risikos zu unterscheiden zwischen Bereichen

- **(1) mit Risiko** (Normalstationen für Patienten mit invasiven Devices und Patienten zur postoperativen Versorgung)
- **(2) mit erhöhtem Risiko** aufgrund der bestimmungsgemäßen Verwendung von Wasser für diagnostische und therapeutische Maßnahmen (HNO-ärztliche und zahnärztliche Bereiche unter Verwendung von Wasser, Endoskopie, Dialyse sowie Physiotherapie mit Bädern, Gebärräumen)
- **(3) mit sehr hohem Risiko** (Transplantationsstationen, Frühgeborenenstationen, Intensivstationen, Stationen mit Schwerbrandverletzten, Mukoviszidose-Stationen, hämato-onkologische Stationen).

### 5.1.1 Etablierung eines Water Safety-Programms

Entsprechend der WHO-Monographie „Water Safety in Buildings“ und „Essential Environmental Health Standards in Health Care“ sollte ein Water Safety-Plan (Wasserhygieneplan (WSP) in medizinischen Einrichtungen aufgestellt werden. Das Grundprinzip des von der WHO vorgeschlagenen Water Safety Plans ist in Abbildung 3 nach dem WHO-Dokument „Water Safety in Buildings“ dargestellt. Nachfolgend wird der deutsche Begriff: „Wasserhygieneplan“ anstelle „Water Safety Plan“ verwendet. Häufig wird auch der Begriff Wassersicherheitsplan verwendet.

Erster Schritt im Rahmen des Wasserhygieneplans ist die Festlegung der **Wasserhygienekommission** z. B. als Unterkommission der Krankenhaushygienekommission.

In Krankenhäusern sollten als Mitglied zur Wasserhygienekommission angehören:

- der Krankenhaushygieniker
- der technische Leiter
- die Hygienefachpflegekraft.

Zu den Aufgaben des Wasserhygieneteams zählen

- die Übernahme der Verantwortlichkeit für die Erstellung und das Funktionieren des Wasserhygieneplans
- die Beschreibung des Wasserversorgungssystems unter Einbeziehung des Wasserversorgers, der die Einrichtung versorgt (siehe Anlage Dokumentation)
- die Identifizierung von Risikobereichen
- die Festlegung von Kontrollmaßnahmen und Risikopunkten
- die Festlegung von Probenahmestellen
- die Festlegung von Maßnahmen bei Überschreitung und bei Nachweis von Krankheitserregern insbesondere Legionellen und *P. aeruginosa* oder anderer Wasser-assoziiertes nosokomialer Erreger wie *Stenotrophomonas maltophilia* [189]
- die Festlegung des Monitorings und der Frequenz der Untersuchungen
- die regelmäßige Überprüfung und Verifizierung der Wirksamkeit des Wasserhygieneplans
- die Anpassung des Wasserhygieneplans nach Störfällen und Ausbrüchen.

Dyck et al. berichten in Deutschland über ihre Erfahrungen mit der Etablierung eines Wasserhygieneplans in einem Universitätsklinikum [190]. Über einen 3-Jahreszeitraum trat mit Inkrafttreten des Wasserhygieneplanes keine Legionellen-Infektion mehr auf. Die Sepsisrate bei Neonaten wurde 2004 um 46 % und 2005 um 11 % gesenkt. Zudem konnte in dieser Arbeit die Kosteneffizienz belegt werden.

### 5.1.2 Festlegung von Probenahmestellen und der Frequenz der Untersuchung

In Abhängigkeit von den Risikobereichen ist zur Verifizierung eines hygienisch unbedenklichen Trinkwassers die Festlegung von geeigneten Probenahmestellen im Trinkwasser-Installationssystem der medizinischen Einrichtung und die Festlegung der Frequenz der Untersuchungen von entscheidender Bedeutung.

An folgenden Stellen sollten neben den für Legionellen hauptsächlich im Warmwassersystem festgelegten Probenahmestellen zusätzliche Probenahmestellen im Kaltwassersystem festgelegt werden.

- Unmittelbar vor und hinter der Hauptübergabestelle des Trinkwassers vom Wasserversorger an die medizinische Einrichtung (vor dem Wasserzähler im Zuständigkeitsbereich des Wasserversorgers)
- Eintrittsstellen in die einzelnen Gebäude der medizinischen Einrichtungen
- bei Enthärtungsanlagen vor und nach einer Enthärtungsanlage
- Festlegung von Probenahmestellen an strategisch ausgewählten Eckventilen (leichte Zugänglichkeit zur Probenahme)
- Probenahmestellen an ausgewählten Stellen in der Peripherie, die – ähnlich wie bei der Festlegung von Probenahmestellen für Legionellen – das Trinkwasser-Installationssystem hinsichtlich einer möglichen systemischen Kontamination abbilden lassen (Sicherstellung der Abflammbarkeit der Probenahmestellen an Wasserarmaturen).

**Einrichtungen mit Risiko (1)** sollten entsprechend den Empfehlungen des Umweltbundesamts nach Anhörung der Trinkwasserkommission des Bundesministeriums für Gesundheit „Hygienisch-mikrobiologische Untersuchung im Kaltwasser von Wasserversorgungsanlagen nach § 3 Nr. 2 Buchstabe c TrinkwV 2001, aus denen Wasser für die Öffentlichkeit im Sinne des § 18 Abs. 1 TrinkwV 2001 bereit gestellt wird“ sowohl an der Übergabestelle als auch an peripher gelegenen Entnahmestellen (möglichst jeder Kaltwassersteigstrang bzw. jede Kaltwasserringleitung) jährlich auf *P. aeruginosa*/100 mL untersucht werden [191, 192].

Zusätzlich werden mit der gleichen Probenahme weitere Parameter wie Koloniezahl bei 22 °C und 36 °C/mL, *E. coli* und coliforme Bakterien/100 mL mit untersucht [191, 192].

Die Probenahme in diesen Bereichen (1) erfolgt mindestens für den Probenahmезweck b entsprechend DIN EN ISO 19458, d. h. mit Entfernen von angebrachten Vorrichtungen und Einsätzen sowie Abflammen bzw. Desinfektion des Auslasses. Die Wasserhygiene-

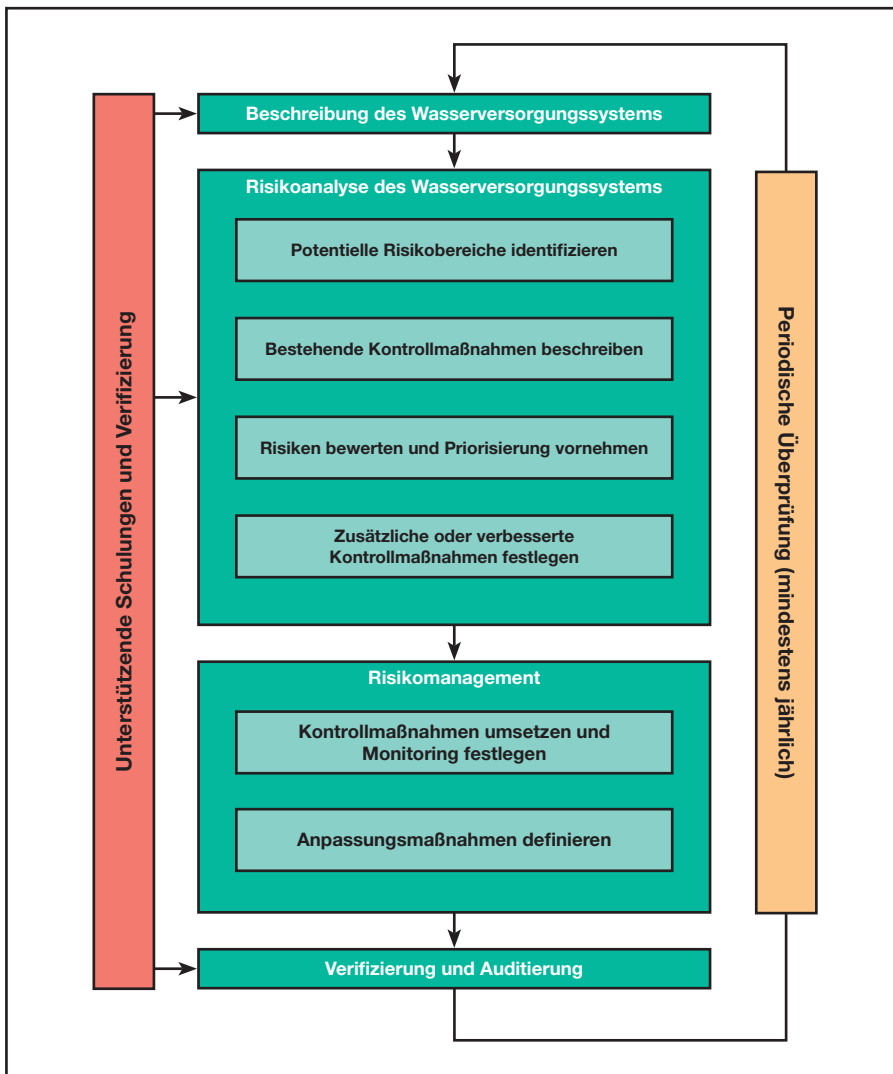


Abbildung 3: Dokumentation des Managementverfahrens für den Wasserhygieneplan nach dem WHO-Dokument: Water Safety in Buildings (Original-Quelle: [http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/76145/1/9789241548106\\_eng.pdf](http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/76145/1/9789241548106_eng.pdf)).

kommission kann nach Risikoanalyse entscheiden, ob sie in bestimmten Bereichen von (1) eine Probenahme wie in Bereichen mit sehr hohem Infektionsrisiko (3) durchführt, d. h. mittels Direktentnahme ohne Abflammen, Ablauflassen entsprechend Probenahmeweck c etc.

Sofern mittels beider Probenahmeverfahren ein Nachweis von *P. aeruginosa* erfolgt, spricht das für eine systemische Kontamination. Sofern *P. aeruginosa* nur in der Probenahme mittels Direktentnahme erfolgt, spricht das eher für eine lokale Kontamination der Wasserarmatur. Das muss durch eine differenzierte Analyse abgeklärt und durch den Krankenhaushygieniker bewertet werden.

**Für Einrichtungen mit erhöhtem Risiko (2)** gelten die spezifischen Vorgaben für die jeweilige Einrichtung (Endoskopie, Dialyse, Zahnärztliche Einrichtung).

**Bäder und Wannenbäder sowie Gebärdewannen** sollten in medizinischen Einrichtungen

in Ergänzung zu den in DIN 19643 genannten Parametern auf *S. aureus*/100 mL untersucht werden.

**Für medizinische Einrichtungen mit hohem Risiko (3)** erfolgt die Untersuchung halbjährlich. Die Probenahme in diesen Bereichen (3) erfolgt für den Probenahmeweck c entsprechend DIN EN ISO 19458, d. h. ohne Entfernen von angebrachten Vorrichtungen und Einsätzen, ohne Ablauflassen des Wassers sowie ohne Abflammen bzw. Desinfektion.

### 5.1.3 Festlegung von technischen Maßnahmenwerten

An der Probenahmestelle unmittelbar vor der Übergabestelle aus dem zentralen Wasserversorgungsnetz in ein Trinkwasser-Installationssystem sowie an zentralen Stellen vor Einspeisung in das Trinkwasser-Installationssystem der medizinischen Einrichtung z. B. hinter zentralen Enthärteranlagen gilt für

*P. aeruginosa* im Kaltwassersystem der technische Maßnahmewert von <1 KBE/1 L Trinkwasser.

An den übrigen Entnahmestellen wird als technischer Maßnahmewert < 1KBE/100 mL festgelegt, bei dessen Auftreten Maßnahmen – nach Risikoanalyse – zur Abklärung der Ursachen und zur Kontrolle durch die Wasserhygienekommission eingeleitet werden müssen [191].

Bei systemischer Kontamination des Trinkwasser-Installationssystems sowie in Badewässern medizinischer Einrichtungen ist das Gesundheitsamt unverzüglich zu informieren. Die zu treffenden Maßnahmen zur Ursachenanalyse und zur Kontrolle erfolgen seitens der Wasserhygienekommission und sind mit dem Gesundheitsamt abzustimmen [103, 193].

Das Ministerium für Soziales, Gesundheit, Familie und Gleichstellung Schleswig-Holstein hat als erstes Bundesland hierzu eine Empfehlung „Beprobung von Wasser für den menschlichen Gebrauch zur mikrobiologischen Untersuchung in medizinischen Einrichtungen, Altenheimen und Pflegeeinrichtungen Empfehlung des in Abstimmung mit der Trinkwasser-Hygienekommission des Landes Schleswig-Holstein und dem Medizinaluntersuchungsamt vom 26. März 2013“ erlassen.

Die Anforderungen an die hygienisch-mikrobiologische Wasserqualität für unterschiedliche Risikobereiche und Verwendungszwecke sowie die Art der Probenentnahme ist unter Berücksichtigung weiterer Indikatormikroorganismen in Tabelle 2 aufgeführt.

### 5.1.4 Festlegung von Maßnahmenplänen bei Überschreitung der Maßnahmewerte

In den Maßnahmenplänen ist die Verantwortlichkeit für die einzelnen Aufgaben zu regeln. Bei Auftreten von Überschreitungen der Maßnahmewerte sind umgehend Maßnahmen durch die Verantwortlichen nach Wasserhygieneplan festzulegen, zu veranlassen und deren Umsetzung sicherzustellen sowie die Information der ärztlichen Verantwortlichen und des Gesundheitsamts zu regeln.

Für Risikobereiche der Kategorie 3 (Intensivstation, Hämato-Onkologie, Neonatologie, Verbrennungsstation) müssen – sofern nicht routinemäßig endständige Filter verwendet werden – in ausreichender Zahl Filter vorrätig sein, um im Falle des Auftretens von *P. aeruginosa* in zentralen Bereichen umgehend diese Bereiche mit endständigen Filtern ausstatten zu können.

Es müssen **Maßnahmenpläne und Einrichtungen zur Desinfektion des Trinkwas-**



**ser-Installationssysteme** festgelegt werden bzw. vorrätig sein.

In Abhängigkeit von der Kontamination muss entweder über fest installierte oder mobile Desinfektionsanlagen eine Desinfektion des jeweiligen Systems möglich sein. Dabei sind die Besonderheiten von Chlor bzw. Chlordioxid und die Zehrung sowie insbesondere die Verringerung der Chlorkonzentration durch UV-Desinfektionsanlagen zu berücksichtigen (siehe auch DVGW-Arbeitsblatt W 557).

Die Probenahmestellen sind zu dokumentieren.

Die Meldungs- und Vertretungsregelung im Fall von Erkrankungen bzw. Urlaub der Verantwortlichen ist festzulegen.

Gleiche Regelungen gelten sinngemäß auch für Schwimmbadwasser in medizinischen Einrichtungen,

### 5.1.5 Grundprinzipien der Prävention in Wasser führenden Systemen

Grundprinzipien der Prävention zur Vermeidung von *P. aeruginosa* in wasserführenden Systemen sind die

- Vermeidung von Stagnation
- Vermeidung der unkontrollierten Bildung von Biofilmen
- Einhaltung der allgemein anerkannten Regeln der Technik [44].

Zur Vermeidung der Stagnation ist insbesondere in Risikobereichen eine periodische Wasserentnahme durch einen **Spülplan** unter besonderer Berücksichtigung nicht genutzter Entnahmestellen sicherzustellen.

### 5.1.6 Vorgehen bei Neubauten/Umbauten

Folgende relevante Risikofaktoren für eine zum Teil über lange Zeit persistierende bzw. eine wieder aufflammende Kontamination der Kaltwasserleitung mit *P. aeruginosa* wurden identifiziert [44]:

- Einspeisung von *P. aeruginosa* mit dem Füllwasser in Trinkwasser-Installationsleitungen, u. a. aus der zentralen Wasserversorgung in das Trinkwasser-Installationsnetz bei Neubefüllung
- nicht sachgerechte Planung (z. B. Überdimensionierung, lange Sticleitungen)
- mangelhafte, nicht fachgerechte Installation
- Verwendung ungeeigneter Materialien und Bauteile
- nicht bestimmungsgemäßer Betrieb
- erhöhte Temperatur im Kaltwasserbereich von deutlich mehr als 20 °C
- nicht regelmäßig genutzte Leitungsteile mit stagnierendem Wasser
- werkstoff- und betriebsseitig begünstigte Biofilmbildung

- Biofilmbildung (z. B. auf Bauteilen aus organischen Werkstoffen wie Kunststoffe, Membran)
- nicht sachgerechte Dichtigkeitsprüfung von Inbetriebnahme
- nicht sachgerechte Inbetriebnahme
- mangelhafte und unzureichende Wartung und Instandhaltung.

Die Bedeutung von sog. „Pressverbindungen“ als möglichem eigenständigem Infektionsreservoir ist bislang nicht ausreichend abgeklärt. Bislang konnte kein Hinweis für eine Rekontamination des Kaltwassersystems ausgehend von Pressfittings gefunden werden [194].

Ist es zu einer Kontamination des Trinkwasser-Installationssystems mit *P. aeruginosa* gekommen, muss mit erheblichen Problemen bei der Sanierung gerechnet werden, die ggf. bis zur vollständigen Neuinstallation mit erheblichen ökonomischen Konsequenzen führen kann. Vor diesem Hintergrund kommt der Prävention einer Kontamination des Trinkwasser-Installationssystems erhebliche Bedeutung zu.

Insofern müssen bei Neubau und Umbauten die bereits vorhandenen einschlägigen technischen Regeln konsequent berücksichtigt werden.

Hierzu zählen

- DIN EN 806 Teil 1 bis 5 (Technische Regeln für Trinkwasser-Installationen)
- Nationale Ergänzungsnormen DIN 1988-100 bis DIN 1988-600 (Technische Regeln für Trinkwasser-Installationen) DIN EN 1717 (Schutz des Trinkwasser vor Verunreinigung in Trinkwasser-Installationen und allgemeine Anforderungen an Sicherheits-Einrichtungen zur Verhütung von Trinkwasserverunreinigungen durch Rückfließen)
- Technische Regeln des DVGW
- DVGW-Arbeitsblatt W 557 (Reinigung und Desinfektion von Trinkwasser-Installationen)
- VDI-Richtlinie 6023 (hygienebewusste Planung, Ausführung, Betrieb und Instandhaltung von Trinkwasseranlagen)
- DVGW-Arbeitsblatt W 291 (Reinigung und Desinfektion von Wasserverteilungsanlagen)
- DVGW-Arbeitsblatt W 404 (Wasseranschlussleitungen)

Weitere Informationen und Empfehlungen enthalten Informationsschriften vom Bundesindustrieverband Heizung-, Klima-, Sanitärtechnik/Technische Gebäudesysteme, Köln, und dem Zentralverband Sanitär, Heizung, Klima, Sankt Augustin.

Im Kontext mit Umbauten wird insbesondere auf die Ergebnisse der Expertenanhö-

rungen verwiesen:

- erste Expertenanhörung: „Hausinstallationen, aus denen Wasser für die Öffentlichkeit bereitgestellt wird, als potentiell Infektionsreservoir mit besonderer Berücksichtigung von Einrichtungen zur medizinischen Versorgung – Kenntnisstand, Prävention und Kontrolle (2006)“ [44]
  - zweite Expertenanhörung: „Hygienische Probleme von Trinkwasser-Installationen – Vermeidung und Sanierung (2008)“ [195]. Die wichtigsten Kriterien für Planung und Installation sind in der Expertenanhörung 2004 aufgeführt [44]. Hiernach wird darauf hingewiesen, dass
    - Leitungen, Apparate und Armaturen für die festgelegten Nutzungen und den daraus ermittelten Bedarf dimensioniert werden müssen,
    - die Werkstoffauswahl nach den allgemein anerkannten Regeln der Technik zu erfolgen hat,
    - nur saubere und trockene Installationsmaterialien verwendet werden dürfen,
    - Sticleitungen kurz sein sollten,
    - Strang- oder Ringleitungssysteme zu installieren sind,
    - Entnahmestellen am Endpunkt einer Stockwerksleitung einer regelmäßigen Nutzung unterliegen müssen,
    - eine Wärmeübertragung zwischen Warm- und Kaltleitung minimiert werden muss. Leitungen für Trinkwasser (kalt) dürfen nur dann in Installationsschächten, -kanälen und -gängen vorgesehen werden, wenn sichergestellt ist, dass dadurch eine Trinkwassertemperatur von 20 °C regelmäßig und 25 °C im Ausnahmefall nicht überschritten wird.
    - Einzelsicherungen zu bevorzugen sind (Strangentlüftungen sollen vermieden werden),
    - wegen der häufigen Nachweise sowohl von Legionellen als auch von Pseudomonaden keine berührungslosen Wasserarmaturen für Waschbecken im Patientenbereich verwendet werden sollten.
- Außerdem ist zu beachten:
- Es muss eine periodische Spülung in Krankenhäusern, Arztpraxen oder Hotels sichergestellt sein, unabhängig davon, ob Zimmer belegt sind oder nicht.
  - Berührungslose Entnahmearmaturen können mit Pseudomonaden und Legionellen besiedelt sein und bedürfen der besonderen Aufmerksamkeit und Wartung.
  - By-pass-Leitungen, die im Normalbetrieb nicht durchströmt werden, sind nicht zulässig.

Fortsetzung auf Seite 16

Tabelle 2: Grenz-, Richt- und Maßnahmewerte für bakterielle Indikatoren einschli. *P. aeruginosa* in Abhängigkeit von unterschiedlichen Bereichen mit Hinweisen zur Methode, Frequenz und zu den Maßnahmen.

Bereich	Indikator	Überwachungsart und -ort	Methode und Parameter	Frequenz	Grenz-, Richt- und Maßnahmewert	Maßnahmen bei Überschreitung	Literatur Grundlage
1. Wasser	Regelmäßige Verifizierung der hygienischen Unbedenklichkeit des verwendeten Wassers für medizinische Zwecke	Überprüfung mittels kultureller Wasseruntersuchung an festgelegten Probenahmestellen	Kulturelle hygienisch-mikrobiologische Untersuchung	in Abhängigkeit vom Bereich	s. u.	s. u.	– TrinkwV – Technische Regeln
1.1 Übergabestelle	Verifizierung der Wasserqualität vor Einleitung in Trinkwasserinstallation der medizinischen Einrichtung	Unmittelbar hinter Wasserzähler an geeigneter Probenahmestelle nach DIN 19458 Zweck A	– KBE / mL bei 22 °C + 36 °C – <i>E. coli</i> in 100 mL – Coliforme in 100 mL – <i>P. aeruginosa</i> in 100 mL – ggf. weitere Indikatoren	1/2-jährlich	– < 20 KBE / mL – < 1 <i>E. coli</i> /100 mL – < 1 Coliforme/100 mL – < 1 <i>P. aeruginosa</i> /100 mL	– Meldung Gesundheitsamt – Nachbeprobung – Beurteilung durch FA Hygiene – Einbeziehung des Wasserversorgers – ggf. endständige Filter – Abklärung der Ursache bis in zentrales Versorgungsnetz	– TrinkwV – DIN 19458
1.2 Kaltwasser-Trinkwasserinstallation	Verifizierung der Eignung der Wasserqualität des Kaltwassers innerhalb der Trinkwasser-Installation in der medizinischen Einrichtung	Systemische Überprüfung an repräsentativen Entnahmestellen des Kaltwasser-Installationssystems nach DIN 19458 Zweck B	– KBE / mL bei 22 °C + 36 °C – <i>E. coli</i> /100 mL – Coliforme/100 mL – <i>P. aeruginosa</i> /100 mL	1/2-jährlich	– < 20 KBE / mL – < 1 <i>E. coli</i> /100 mL – < 1 Coliforme/100 mL – < 1 <i>P. aeruginosa</i> /100 mL	– Meldung Gesundheitsamt – Nachbeprobung – ggf. endständige Filter im Patientenbereich	
1.3 Warmwasser-Trinkwasserinstallation für Normalstation	Verifizierung der Qualität bezogen auf Legionellen und <i>P. aeruginosa</i> in Warmwassersystem	– Überprüfung an repräsentativen Entnahmestellen – weitergehende Untersuchung – nach DIN ISO 19458 Zweck B	– <i>Legionella</i> spp. / 100 mL – <i>P. aeruginosa</i> / 100 mL	jährlich	Normalstation < 100 KBE Legionellen/ 100 mL < 1 KBE <i>P. aeruginosa</i> / 100 mL	– Bewertung durch FA für Hygiene – Meldung Gesundheitsamt	– VDI 6022 – DVGW W551 – DVGW W556
1.4 Wasser auf Hochrisikostationen wie Intensivstation, hämatologische Station, Verbrennungsstation	Verifizierung der Wasserqualität	– Überprüfung an festgelegten Stellen am Zapfhahn nach nach DIN ISO 19458 Zweck C a) Kaltwasser b) Warmwasser	– Coliforme/100 mL – nicht fermentierende Bakterien/100 mL ( <i>P. aeruginosa</i> / <i>Acinetobacter</i> etc.) – Legionellen spp./100 mL	1/2-jährlich	a) – < 1 KBE Coliforme/100 mL < 1 KBE nicht fermentierende Bakterien/100 mL b) < 1 KBE Legionellen spp./100 mL	– Bewertung durch FA für Hygiene – endständige Filter	– VDI 6022 – DVGW W551 – DVGW W556

Fortsetzung Tabelle 2: Grenz-, Richt- und Maßnahmewerte für bakterielle Indikatoren einschl. *P. aeruginosa* in Abhängigkeit von unterschiedlichen Bereichen mit Hinweisen zur Methode, Frequenz und zu den Maßnahmen.

Bereich	Indikator	Überwachungsart und -ort	Methode und Parameter	Frequenz	Grenz-, Richt- und Maßnahmewert	Maßnahmen bei Überschreitung	Literatur Grundlage
1.5 Dialyse	Wasser für Dialysezwecke Verifizierung der Wasserqualität	– nach Umkehrosomose – an repräsentativen Stellen der Ringleitung	– Kulturelle hygienisch-mikrobiologische Untersuchung und Koloniezahl und <i>P. aeruginosa</i> – Endotoxinuntersuchung	1/2-jährlich	– < 100 KBE / mL bei 36 °C – bei online Hämofiltration: < 0,1 KBE / 1 mL – < 1 KBE <i>P. aeruginosa</i> / 100 mL – Endotoxin – 0,25 IU / mL – 0,03 IU / mL bei online Hämofiltration	Bewertung durch FA Hygiene	Leitlinie für angewandte Hygiene in der Dialyse
1.6 Zahnärztliche Behandlungsstühle und HNO-Behandlungsstühle	Verifizierung der Wasserqualität	– an Austrittsstelle – bei mehreren Einleitungen repräsentative Auswahl	– Koloniezahl / mL bei 36 °C – <i>P. aeruginosa</i> / 100 mL – Legionellen spp. / 100 mL	jährlich	– KBE / mL bei 36 °C: 100 – < 1 KBE <i>P. aeruginosa</i> / 100 mL – < 100 KBE Legionellen / 100 mL	– Spülen – ggf. Austausch der Schlauchsysteme	
1.7 Schwimmbadwasser	Verifizierung der Badewasserqualität	– hyg.-mikrobiologische Wasseruntersuchung – Tauchwasserprobe an repräsentativen Stellen	– <i>E. coli</i> / 100 mL – <i>P. aeruginosa</i> / 100 mL – <i>S. aureus</i> / 100 mL	monatlich	< 1 KBE / 100 mL <i>E. coli</i> , <i>P. aeruginosa</i> und <i>S. aureus</i>	Maßnahmen nach DIN 19643 und Empfehlung des UBA	siehe auch – DIN 19643 – UBA-Empfehlung
1.8 Verdunstungskühlanlage	Verifizierung der Wasserqualität	hyg.-mikrobiologische kulturelle Untersuchung	– Koloniezahl – <i>Legionella</i> spp. – <i>P. aeruginosa</i>	1/2-jährlich	– 10.000 KBE/mL – < 100 KBE / 100 mL – < 100 KBE / 100 mL	Siehe VDI 2047 Bl. 2	VDI 2047 Bl. 2
1.9 Wasser aus Trinkbrunnen	Verifizierung der Wasserqualität	hyg.-mikrobiologische kulturelle Untersuchung	– Koloniezahl / mL – <i>E. coli</i> / 100 mL – Coliforme / 100 mL – <i>P. aeruginosa</i> / 100 mL	mindestens jährlich	– < 100 KBE / mL – < 1 KBE <i>E. coli</i> / 100 mL – < 1 KBE Coliforme / 100 mL – < 1 KBE <i>P. aeruginosa</i> / 100 mL		Empfehlung DGKH

– Feuerlöschleitungen „nass“, die an Trinkwasseranlagen angeschlossen sind, können nicht hygienisch sicher betrieben werden. Feuerlöschleitungen, die an Trinkwasseranlagen angeschlossen werden, sollen in Abstimmung mit den zuständigen Aufsichtsbehörden bevorzugt als „nass/trockene“ Feuerlöschleitungen geplant werden. Feuerlöschleitungen „nass“ sind nur dann zu planen, wenn sie von den für den Brandschutz zuständigen Behörden ausdrücklich gefordert werden. Es muss ein ausreichender Wasseraustausch in der Praxis gewährleistet sein. Feuerlöschleitungen „trocken“ dürfen keine Verbindung zur Trinkwasser-Installation haben. Die Hinweise und Anforderungen der DIN 1988-600 sind zu beachten.

#### Prüfung auf Dichtheit

Eine Prüfung auf Dichtheit des Trinkwasser-Installationssystems bei Inbetriebnahme mit Wasser nach DIN EN 806-4 darf nur mit Wasser von Trinkwasserqualität erfolgen, das außerdem *P. aeruginosa* in 100 mL nicht enthält. Nach der Prüfung muss die Inbetriebnahme der Trinkwasseranlage unmittelbar danach erfolgen. Eine Prüfung mit Trinkwasser und anschließendem Absperren und Entleeren ist aus hygienischen Gründen nicht zulässig (DIN 1988-200; VDI 6023; ZVSHK-Merkblätter).

Trinkwasseranlagen, die nicht unmittelbar nach Fertigstellung in Betrieb genommen werden, sind unter Beachtung der Sicherheitsanforderungen mit ölfreier Druckluft bzw. Stickstoff bis maximal 3 bar zu prüfen. Aus hygienischer und korrosionschemischer Sicht wird die Verwendung von trockenen, inerten Gasen empfohlen (Korrosion durch Kondensatbildung in der Rohrleitung als Folge der Feuchtigkeit der Druckluft). Diese Maßnahmen sind in Gebäuden, in denen ein erhöhter hygienischer Schutz gewährleistet werden muss, erforderlich.

Eine Dichtheitsprüfung mit Wasser kann nur erfolgen, wenn sichergestellt ist, dass

- der Hausanschluss gespült und für den Anschluss und Betrieb freigegeben wurde
- der Bauwasseranschluss für die Befüllung aus hygienischer Sicht geeignet ist und ggf. hygienisch-mikrobiologisch vor Anschluss überprüft wurde
- die Befüllung des Trinkwasser-Installationssystems über hygienisch einwandfreie Bauteile und Komponenten erfolgt
- von der Dichtheitsprüfung bis zur Inbetriebnahme die Anlage voll gefüllt bleibt
- der Zeitraum der Dichtheitsprüfung bis zur Inbetriebnahme maximal 48 h beträgt
- bei längeren Zeiträumen zwischen Dicht-

heitsprüfung und Inbetriebnahme regelmäßige Spülungen erfolgen.

In Einzelfällen – insbesondere bei medizinischen Einrichtungen – kann eine Zugabe von Desinfektionsmitteln (z. B. Wasserstoffperoxid, Natriumhypochlorit oder Chlordioxid) beim Befüllen und Spülen entsprechend der Liste der Aufbereitungsstoffe und Desinfektionsverfahren gemäß § 11 TrinkwV 2001 zielführend sein. Aus korrosionstechnischen Gründen sind längere Stillstandszeiten mit hohen Desinfektionsmittel-Konzentrationen zu vermeiden. Desinfektionsmittelreste sind durch ausreichende Spülung mit Trinkwasser zu entfernen.

#### Inbetriebnahme

Die Inbetriebnahme der Anlage sollte zu dem Zeitpunkt erfolgen, der den anschließenden Dauerbetrieb gewährleistet. Die Inbetriebnahme setzt auch die Übergabe an den Betreiber/Nutzer voraus. Der Vertreter des Betreibers/Nutzers übernimmt bei der Übernahme der Anlage auch die Verantwortung für den hygienisch einwandfreien Betrieb, der durch die Wasserhygienekommission koordiniert wird.

Der Bau der Anlage und Vorschriften für ihren Betrieb sowie von entsprechenden Komponententeilen oder Wasserbehandlungsanlagen (z. B. Dosieranlagen, Enthärtungsanlagen) sind vom jeweiligen Hersteller zu dokumentieren. Insbesondere sind Hinweise zur Reinigung und Desinfektion von Komponententeilen und zusätzlichen Anlagen beizufügen (Enthärtungsanlage). Die Dokumentation ist dem Betreiber bei Inbetriebnahme der Anlage zu übergeben.

Zusätzliche Anlagen innerhalb der Trinkwasser-Installation müssen mit der Inbetriebnahme übergeben werden um zu vermeiden, dass sich entsprechende Anlagen in einer Übergangszeit bis zur Abnahme ihrer Leistung nicht in einem hygienisch ungesicherten Zustand befinden. Das ergab sich insbesondere aus Fällen, die im Zusammenhang mit Enthärtungsanlagen standen.

#### Spülen der Trinkwasser-Anlage

Der Spülvorgang sollte nach DIN EN 806, DIN 1988-200, DIN 1988-400 erfolgen. Entsprechende praktische Hinweise sind den ZVSHK-Merkblättern zu entnehmen. Es darf nur Trinkwasser oder Druckluft in hygienisch einwandfreier Qualität eingesetzt werden, das *P. aeruginosa* in 100 mL nicht enthält. Das zur Spülung verwendete Wasser muss auf seine Trinkwasserqualität kontrolliert werden. Grundsätzlich sollte auf *P. aeruginosa* untersucht und das Vorkommen in 100 mL ausge-

schlossen werden. Die Spülung der Anlage muss unmittelbar vor der Inbetriebnahme einer Neuanlage erfolgen und sollte auch bei Wiederinbetriebnahme der Trinkwasseranlage sowie von Anlagenabschnitten, die aus betrieblichen Gründen längere Zeit nicht genutzt wurden, durchgeführt werden. Der Spülvorgang muss protokolliert werden.

In medizinischen Einrichtungen sollte erst nach Vorliegen eines einwandfreien hygienisch-mikrobiologischen Untersuchungsergebnisses einschließlich der Kontrolle des Nachweises, dass *P. aeruginosa* in 100 mL nicht nachweisbar ist, die Trinkwasser-Anlage zur Benutzung freigegeben werden.

#### Weitere Anforderungen bei Inbetriebnahme

Die Verbindung der Anschlussleitungen vom Wasserversorger in die Trinkwasser-Installation muss ungebraucht und starr sein. Schlauchverbindungen sind nicht zulässig.

Sofern eine Desinfektion des Wassers bei Erstbefüllung notwendig ist, muss der Nachweis der ausreichenden Desinfektionskapazität an endständigen Entnahmestellen erfolgen. Die in der Trinkwasserverordnung (Liste § 11) festgelegten Höchstkonzentrationen sind einzuhalten.

An endständigen Stellen sollte die Kontrolle der mikrobiologischen Wasserbeschaffenheit entsprechend den Vorgaben der Trinkwasserverordnung einschließlich der Untersuchung auf *P. aeruginosa* erfolgen.

#### 5.1.7 Maßnahmen beim Betrieb der Trinkwasser-Installation

Bei der Übergabe ist der verantwortliche Betreiber auf seine Informationspflicht, Organisationshaftung und Verkehrssicherungspflicht hinzuweisen. Die Verantwortung für den Betrieb der Trinkwasser-Installation obliegt der Trinkwasserhygienekommission.

Die Übergabe/Übernahme erfolgt auf der Grundlage eines Betriebs- und Einweisungsprotokolls, ggf. mit dem Nachweis der einwandfreien Wasserbeschaffenheit. Das Protokoll soll von den Verantwortlichen unterschrieben werden.

Bei der Übergabe ist der Betreiber insbesondere darauf hinzuweisen, dass er für einen regelmäßigen vollständigen Austausch des Trinkwassers an allen Entnahmestellen bis zum bestimmungsgemäßen Betrieb der Anlage zu sorgen hat.

Der Betreiber ist insbesondere auf die DIN EN 806, die nationalen Ergänzungsnormen DIN 1988-100 bis DIN 1988-600, VDI/DVGW 6023, DVGW-W 557 sowie DVGW-W 551 und DVGW-W 553 hinzuweisen.

Für einen bestimmungsgemäßen Betrieb einer Trinkwasser-Installation ist sicherzustellen, dass

- erforderliche Maßnahmen zum Schutz des Trinkwassers nach DIN 1717 sowie nach DIN 1988-100 und DIN 1988-200 durchgeführt werden
- erforderliche Wartungs- und Instandhaltungsmaßnahmen an der Trinkwasseranlage nach Vorgabe regelmäßig nach DIN EN 806-5 durchgeführt werden
- die Trinkwasseranlage niemals unmittelbar mit einem Leitungssystem verbunden wird, das kein Trinkwasser führt (TrinkwV)
- keine länger dauernden Betriebsunterbrechungen erfolgen
- Stagnation auf ein Minimum beschränkt bzw. möglichst vermieden wird
- die oberen Temperaturgrenzen für kaltes Trinkwasser und die unteren Temperaturgrenzen für erwärmtes Trinkwasser eingehalten werden
- für nicht genutzte Entnahmestelle, die nicht rückgebaut werden können, durch einen Spülplan sichergestellt ist, dass 3 ×/Woche für 5 min die Entnahmestellen gespült werden.

Der Betreiber ist verantwortlich für regelmäßige Inspektionen und Wartung aller Anlagenteile, bevorzugt durch Fachunternehmen (DIN EN 806-5).

Bei der in besonderen Fällen erforderlichen Anwendung von Desinfektionsverfahren sind entsprechend § 11 der TrinkwV nur zugelassene Stoffe und Konzentrationen zu verwenden sind. Nach Sanierungsmaßnahmen in Risikobereichen von Krankenhäusern und weiteren öffentlichen Einrichtungen muss die hygienisch-mikrobiologische Qualität durch ein unabhängiges akkreditiertes Institut in Einrichtungen des Gesundheitswesens mit krankenhaushygienischer Expertise überprüft und dokumentiert werden.

### Schulungen

Schulungen sind nach VDI/DVGW 6023 durchzuführen. Schulungsmaßnahmen müssen sowohl für solche Institutionen durchgeführt werden, die an Planung, Bau und Inbetriebnahme von Trinkwasser-Installationen beteiligt sind als auch für Betreiber von Trinkwasser-Installationsanlagen, insbesondere in medizinischen Einrichtungen. Schulungen sollten nicht nur mit technischen Mitarbeitern, sondern auch für das ärztliche Personal und für das Pflegepersonal und den Mitarbeitern in der Physiotherapie sowie ggfls. Patienten und deren Angehörige durchgeführt werden. Hierzu wird nachfolgend eingegangen.

### 5.1.8 Hygienische Aspekte zur Konstruktion und Nutzung von Waschbecken, Duschen und Toiletten in medizinischen Bereichen

Waschbecken mit Wasserarmatur und der Abfluss müssen als wichtiges Infektionsreservoir im Bewusstsein aller Mitarbeiter des medizinischen Personals einschließlich von Physiotherapeuten verankert sein, um die nachfolgenden Maßnahmen konsequent umzusetzen.

- Beim Einbau von Wasserarmaturen sollten zukünftig nur Wasserarmaturen verwendet werden, die seitens des Herstellers nachweislich nur mit Prüfwasser untersucht wurden, das frei von *P. aeruginosa* war. Viele Hersteller prüfen Wasserarmaturen nur mit Wasser, das der Trinkwasser-Verordnung entspricht, wobei jedoch *P. aeruginosa* nicht erfasst ist. Von daher besteht das Risiko, dass trotz Verwendung von Prüfwässern, die nach Trinkwasser-Verordnung einwandfrei sind, Pseudomonaden im Prüfwasser enthalten sein können. Diese Anforderung sollte bei Ausschreibungen für Wasserarmaturen zukünftig gestellt werden. Der Hersteller sollte verpflichtet werden, hierüber einen Nachweis zu führen.
- **Elektronische berührungsfreie Wasserarmaturen** sollten bis auf weiteres nicht in medizinischen Bereichen genutzt werden, da das Kontaminationsrisiko deutlich höher ist. Stattdessen sollten Wasserarmaturen verwendet werden, die über einen u. a. mit dem Ellenbogen oder Unterarm zu bedienenden Schwenkarm verfügen.
- Der **Wasserdruck** sollte so eingestellt sein, dass es auch bei vollständigem Öffnen des Wasserhahns nicht zu einem Verspritzen aus dem Waschbecken in die Umgebung kommt.
- Die **Konstruktion des Waschbeckens** sollte so ausgelegt sein, dass es nicht zu einem Verspritzen von einlaufendem Wasser in die Umgebung kommt.
- Ein **Überlauf** sollte nicht vorhanden sein, da dieser sehr häufig stark kontaminiert ist. Dies entspricht bereits jetzt den entsprechenden Empfehlungen.
- Der **Abstand zwischen Waschbecken und Wasserarmatur** muss so hoch sein, dass ein ausreichender Abstand zwischen Wasserarmatur und Waschbecken vorhanden ist, sodass die Hände oberhalb des Waschbeckens frei gewaschen werden können.
- Der **Wasserstrahl** darf nicht direkt in den Abfluss gerichtet sein. Der Abfluss als wichtiges Infektionsreservoir für eine Vielzahl unterschiedlicher nosokomialer Infektionserreger darf in keinem Fall direkt unter dem Wasserstrahl installiert sein, da hierdurch

ein sehr hohes Kontaminationsrisiko besteht.

- Zukünftig sollten möglichst Waschbecken verwendet werden, deren Abfluss im hinteren Teil der Waschbeckenkonstruktion, ggf. durch einen Überhang, implementiert ist.
- Der **Geruchsverschluss (Siphon)**, der bestimmungsgemäß mit Wasser gefüllt ist und damit Mikroorganismen ideale Vermehrungsvoraussetzungen bietet, sollte konstruktiv zukünftig nicht direkt unterhalb des Waschbeckens installiert sein, sondern das Abflussrohr sollte nach hinten in leichtem Gefälle in den hinter dem Waschbecken gelegenen Siphon geführt werden. Hierdurch kann das Kontaminationsrisiko nochmals vermindert werden.
- In Hochrisikobereichen der Stufe 3 wie hämato-onkologische Stationen sowie in Verbrennungseinrichtungen und in Einrichtungen für Frühgeborene sollten desinfizierbare Siphons vorgesehen werden, sofern nicht durch die Konstruktion des Waschbeckens ein Zurückspritzen ausgeschlossen ist.
- Im direkten Umgebungsbereich des Waschbeckens sollten **keine Abstellflächen** vorhanden sein, auf denen Patienten ihre persönlichen Utensilien o. a. transmissionsrelevante Materialien (Zahnbürsten, Crèmes etc., Verbandmaterial) lagern können.
- Bereiche, in denen Infusionen oder andere invasiv zu applizierende Lösung oder Injektionen zubereitet werden, müssen geschützt werden, indem – sofern in weniger als 2 m Entfernung befindlich – diese Waschbecken über einen Spritzschutz (ausreichend große Trennwand) verfügen. Grundsätzlich sollten Waschbecken jedoch nicht in direkter Nähe von Bereichen sein, in denen infektionsrelevante Tätigkeiten, wie die Herstellung von Infusionen und Injektionsflüssigkeiten, durchgeführt werden.
- In Hochrisikobereichen sollten **keine Waschbecken in direkter Nähe des Patientenbereiches** vorgesehen werden.
- In Hochrisikobereichen sollten grundsätzlich nach dem Händewaschen die Hände nochmals mit einem alkoholischen Händedesinfektionsmittel desinfiziert werden.

### Duschen

Das Material für Duschschräuche muss den KTW/DVGW-Kriterien entsprechen.

Im Wasserhygieneplan ist festzulegen, in welchem zeitlichen Intervall Duschschräuche auszuwechseln sind.

Grundsätzlich sollte eine Dusche vor dem Duschvorgang durch den Patienten mindestens eine Minute ablaufen gelassen werden, um im Schlauch vorhandene Mikroorganismen

men einschließlich *P. aeruginosa* und Biofilmpaquen auszuspülen.

Spülwassersysteme in medizinischen Systemen, insbesondere Kühlwässer zahnärztlicher Behandlungseinheiten und Spülwässer bei HNO-ärztlichen Arbeiten, sollten vor Arbeitsbeginn und vor jedem neuen Patienten mindestens jedoch zweimal arbeitstäglich und nach Stagnationszeiten von mehreren Stunden über eine Minute ausgespült werden, um vorhandene Mikroorganismen und Biofilmpaquen auszuspülen.

## Toiletten

Ein Reservoir für Pseudomonaden u. a. fakultativ-pathogene Gram-negative Mikroorganismen können Spülwasser sowie das Toilettenbecken und dessen Spülrand sein.

Sowohl Mitarbeiter, Mitarbeiter des Reinigungsdienstes als auch Patienten sollten darüber aufgeklärt werden, dass grundsätzlich der Toilettendeckel vor dem Spülen zu schließen ist, um eine Kontamination des Umfelds und des aktuellen Benutzers mit dem kontaminierten Spülaerosol zu vermeiden.

In Hochrisikobereichen wie hämatologischen Stationen sollten Patienten angehalten werden, vor Benutzung die Toilette mit geschlossenem Deckel zu spülen, um vorhandene Mikroorganismen und Pseudomonaden mit diesem Spülvorgang zu reduzieren.

## 5.1.9 Mineralwasser aus original verschlossenen Flaschen

Bei Verwendung von Mineralwasser aus original verschlossenen Flaschen in Hochrisikobereichen wie Intensiv-Stationen oder hämatologischen Stationen (z. B. zum Ausfeuchten des Mund-Rachen Raumes) müssen diese mit in den Wasserhygieneplan einbezogen werden und Flaschen dieser Stationen regelmäßig hygienisch-mikrobiologisch auf *P. aeruginosa* und andere nicht-fermentierende Bakterien untersucht werden. Es ist nicht ausreichend, sich seitens des Produzenten die hygienisch-mikrobiologische Unbedenklichkeit bescheinigen zu lassen, da nicht-fermentierende Bakterien sich erst während der Standzeiten im Krankenhaus vermehren können.

## 5.2 Wasserversorger

Derzeit enthält die Trinkwasserverordnung nicht die Anforderung, abgegebenes Trinkwasser auf *P. aeruginosa* zu untersuchen.

Der Trinkwasserversorger sollte sich jedoch mit den kritischen Punkten und Kontaminationsquellen bzw. Risikosituationen für

das Einschwemmen von *P. aeruginosa* in das zentrale Trinkwasserversorgungssystem befassen.

Der Wasserversorger muss in den Fällen, in denen ihm das Vorkommen von *P. aeruginosa* im zentralen Trinkwasserversorgungssystem bekannt wird, z. B. im Zusammenhang mit der Abklärung von *P. aeruginosa*-Vorkommen im Trinkwasser an der Übergabestelle aus dem öffentlichen Trinkwassernetz in medizinische Einrichtungen oder große Wohngebäude, unmittelbar das zuständige Gesundheitsamt unterrichten [196]. Das Gesundheitsamt hat entsprechend § 10 (8) nach Beurteilung einer Gesundheitsgefährdung sicherzustellen, dass die von einer möglichen Verwendungseinschränkung betroffene Bevölkerung sowie die Unternehmer oder der sonstige Inhaber einer betroffenen anderen Wasserversorgungsanlage unverzüglich und angemessen auf Maßnahmen zum eigenen Schutz hingewiesen werden. Außerdem hat das Gesundheitsamt sicherzustellen, dass bestimmte Bevölkerungsgruppen, für die die Abweichung eine besondere Gefahr bedeuten könnte, informiert und ggf. auf Maßnahmen zum eigenen Schutz hingewiesen werden.

Einrichtungen und Bevölkerungsgruppen, für die das Vorkommen von *P. aeruginosa* in der zentralen Wasserversorgung von besonderer Bedeutung ist, sind

- medizinische Einrichtungen
- Personen mit schwerer Immunsuppression und
- Patienten mit zystischer Fibrose (Mukoviszidose).

Folgende Maßnahmen sollte der Wasserversorger proaktiv sicherstellen.

### 5.2.1 Versorgungsplan medizinischer Einrichtungen

Der Wasserversorger sollte einen Plan mit Ansprechpartnern der wichtigsten medizinischen Einrichtungen mit Telefonnummer bzw. E-Mail-Adresse in seinem Versorgungsgebiet verfügbar haben, um ggf. die notwendigen Informationen unverzüglich weitergeben zu können. Diese Pläne sind mit der zuständigen Behörde (Gesundheitsamt) abzustimmen.

### 5.2.2 Reinigung von Trinkwasserspeichern

Trinkwasserspeicher (z. B. Hochbehälter) können durch Baumaßnahmen, Einschwemmungen aus dem Rohrnetz, nicht sachkundige Inspektion, Biofilmbildung auf Behälterwänden etc. mit *P. aeruginosa* kontaminiert werden. Außerdem kann bei Reinigungsmaßnahmen von Trinkwasserspeichern eine Kontamination aufgrund einer mit *P. aeruginosa*

verunreinigten Reinigungslösung oder Reinigungsutensilien resultieren. Vor Wiederanschluss des Hochbehälters an das Trinkwassernetz sollte daher das Trinkwasser neben den Anforderungen nach Trinkwasserverordnung (Koloniezahl, *E. coli*, coliforme Bakterien) auch auf das Vorkommen von *P. aeruginosa* in 100 mL untersucht werden.

### 5.2.3 Neue Rohrleitungen

Da neue Rohrleitungen erfahrungsgemäß häufig mit *P. aeruginosa* kontaminiert sein können, sollte, ähnlich wie bei der Reinigung von Hochbehältern, das entsprechende Trinkwasser vor Einbindung in das Trinkwassernetz auf das Vorkommen von *P. aeruginosa* untersucht werden (siehe DVGW-W 291).

### 5.2.4 Membranverfahren (Membranfiltration)

Membranfiltrationsanlagen zur Trinkwasseraufbereitung weisen große Kunststoffoberflächen auf. Über das Vorkommen von *P. aeruginosa* in derartigen Systemen gibt es bislang keine systematischen Untersuchungen. Sofern eine Membranfiltration zur Herstellung von Trinkwasser verwendet wird, sollte das abgegebene Trinkwasser stichprobenartig vor der Zudosierungsstelle des Desinfektionsmittels auf das Vorkommen von *P. aeruginosa* in 100 mL untersucht werden.

### 5.2.5 Hydranten

Hydranten können ein Infektionsreservoir für *P. aeruginosa* sein.

Vor Einbau von Hydranten sollten diese mit Natriumhypochlorit-Lösung (Chlorbleichlauge) gespült werden.

Hersteller von Hydranten sollten die Dichtigkeit und Funktionsfähigkeit von Hydranten nur mit Wasser von Trinkwasserqualität durchführen, das in 100 mL frei von *P. aeruginosa* ist. Der Nachweis ist für jeden Hydranten zu dokumentieren.

Nach der entsprechenden Prüfung sollte der Hydrant mit Pressluft getrocknet werden.

Um eine Kontamination des Trinkwassernetzes zu vermeiden, muss darauf geachtet werden, dass der Hydrant sicher vom übrigen Netz abgeschiebert ist.

### 5.2.6 Übergabestelle in Krankenhäuser

An der Übergabestelle sollte **unmittelbar nach dem Wasserzähler eine Probenahmestelle** eingerichtet sein.

Es wird empfohlen, dass neben den klassischen bakteriologischen Parametern auch auf *P. aeruginosa* in 1 L untersucht wird. Bei Hinweisen auf Kontaminationen sollte unmittelbar mit dem Wasserversorger Kontakt auf-

genommen werden, um im vorgelagerten Wasserversorgungsnetz nach Kontaminationsquellen zu suchen.

#### 5.4 Nicht medizinische Bereiche

Alle Personenkreise, die Wasser für andere Menschen zur Verfügung stellen und/oder Wasser an anderen Menschen anwenden, sind zur Trinkwasseruntersuchung verpflichtet. Die Betreiber von Trinkwasserinstalltionen d. h. Trinkwasseranlagen jenseits des Übergabepunktes in die Hausanlage, sind zur regelmäßigen Untersuchung der Installationen und des angebotenen Wassers verpflichtet. Hierbei wird zwischen Groß- und Kleinanlagen differenziert. Weist der Warmwasserspeicher ein Volumen > 400 L auf und/oder das Leitungsvolumen zwischen Trinkwassererwärmungsanlage und der weitest entfernten Zapfstelle ein Volumen > 3 L, liegt eine Großanlage vor. Für Betreiber von Großanlagen besteht die Verpflichtung zur jährlichen Untersuchung der Anlage, des angebotenen Wassers und zur Dokumentation der Untersuchungsergebnisse. Der Betreiber von Kleinanlagen ist nur zur Untersuchung verpflichtet, sofern ihm Abweichungen des Wassers oder Mängel innerhalb der Trinkwasseranlage zur Kenntnis gelangen. In Wohnungseigentümergeinschaften und Mietshäusern mit mehr als 10 Wohnparteien sollte nach Risikoanalyse an der Übergabestelle sowie in der Peripherie die Wasserqualität alle 3 Jahre auf Trinkwasserqualität überprüft werden. Die Probenahme erfolgt in Anlehnung an die Vorgaben der DIN EN ISO 19458 Zweck b. Der Nachweis erfolgt nach DIN EN ISO 16266.

Bei der ambulanten Versorgung schwer immunabwehrgeschwächter Patienten sollte entsprechend der KRINKO-Richtlinie u. a. wegen des Risikos einer Pseudomonaden-Infektion im häuslichen Bereich das Wasser, das von den immunsupprimierten Patienten verwendet wird, auf *P. aeruginosa* in 100 mL untersucht werden. Dabei sind sowohl die jeweilige Wasserarmatur als auch die vom Immunsupprimierten verwendete Dusche zu untersuchen.

Die Kosten für diese Untersuchung sollten von der Krankenkasse übernommen werden, da die Vermeidung einer Pseudomonaden-Infektion wesentlich kostengünstiger ist als die Kosten für eine aufgetretene Pseudomonaden-Infektion.

Eine Untersuchung ist nicht erforderlich, sofern für diese Personen austauschbare endständige Filter verwendet werden.

Sofern an den entsprechenden Entnahmestellen *P. aeruginosa* nachgewiesen wird,

sollten endständige austauschbare Filter verwendet werden.

## 6. Maßnahmen zur Kontrolle

Unter Maßnahmen zur Kontrolle werden alle Maßnahmen und Strukturen verstanden, die bei Feststellung von Überschreitung des technischen Maßnahmenwertes notwendig sind.

Der technische Meßwert ist < 1 KBE *P. aeruginosa* /100 mL.

### 6.1 Verantwortlichkeiten für Befundempfang und Bewertung

Bei Feststellung von Überschreitungen des Maßnahmewerts für *P. aeruginosa* muss das untersuchende Labor unverzüglich den Befund direkt an den Krankenhaushygieniker (bzw. den Koordinator der Wasserhygienekommission) per E-Mail oder Anruf weitergeben. Da unverzüglich Maßnahmen zu veranlassen sind, darf es hierbei nicht zu einer Verzögerung der Befundweiterleitung und Kenntnisnahme kommen. Der Hygieneverantwortliche der Wasserhygienekommission muss die Befunde bewerten und die notwendigen weitergehenden Maßnahmen veranlassen.

Grundlage für die entsprechenden Maßnahmen sind der Steckbrief entsprechend der Leitlinien zum Vollzug der §§ 9 und 10 der Trinkwasserverordnung (TrinkwV 2001) (Anlage 1).

### 6.2 Akute Maßnahmen zur Kontrolle bei Überschreitung des technischen Maßnahmewerts

#### 6.2.1 Wasserversorger (öffentliche Wasserversorgung)

Sofern der Wasserversorger in seinem Wasserversorgungssystem eine systemische Kontamination mit *P. aeruginosa* in 100 mL (d. h. an mehreren Stellen in einem umschriebenen Wasserversorgungssystem) feststellt,

- muss nach der Plausibilitätsprüfung das zuständige Gesundheitsamt informiert werden
- müssen die isolierten *P. aeruginosa* asserviert werden zwecks ggfls. später notwendiger Typisierung
- entscheidet das Gesundheitsamt, inwieweit medizinische Einrichtungen sowie die betroffene Bevölkerung im Versorgungsgebiet über geeignete Maßnahmen zum Schutz der Personen informiert werden soll, für die eine Kontamination des Wasserversorgungsnetzes mit *P. aeruginosa* in besonderes Risiko darstellt
- muss eine systematische Quellensuche vorgenommen werden

– müssen Spül- und Desinfektionsmaßnahmen durchgeführt werden [103, 196].

In Abstimmung und auf Veranlassung des Gesundheitsamtes ist sicher zu stellen, dass medizinische Einrichtungen sowie bestimmte Bevölkerungsgruppen, für die die Abweichung eine besondere Gefahr bedeuten könnte, informiert werden und ggf. auf Maßnahmen zum eigenen Schutz hingewiesen werden.

In medizinischen Einrichtungen sollte an der Übergabestelle (hinter dem Wasserzähler) eine Untersuchung auf das Vorkommen von *P. aeruginosa* durchgeführt werden. Sofern an diesen Entnahmestellen *P. aeruginosa* in 100 mL nachgewiesen wird, müssen nach Risikoanalyse durch den Krankenhaushygieniker besondere Hochrisikobereiche wie

- Intensivstationen
- hämato-onkologische Stationen
- neonatologische Stationen
- Verbrennungsstationen

besonders z. B. durch Installation endständiger Filter geschützt werden. Durch Einbau endständiger Filter an Wasserarmaturen und Duschköpfen konnte in klinischen Studien die Rate von *P. aeruginosa*-bedingten Infektionen gesenkt und deren Sicherheit belegt werden [40, 29, 37, 45, 197, 198].

Das gilt jedoch nicht für endständige Filter mit aktivierter Kohle zur Entfernung chemischer Schadstoffe, durch die die Konzentration von *P. aeruginosa* und anderer Mikroorganismen sogar erhöht wird [117, 199].

In diesen Fällen sind in Abstimmung mit dem zuständigen Krankenhaushygieniker die Wasserentnahmestellen für die Versorgung gefährdeter Patienten mit endständigen Mikrofiltern zu versehen. Hierbei wird auf die Empfehlungen der KRINKO „Anforderungen an die Hygiene bei der medizinischen Versorgung von immunsupprimierten Patienten“ und „Prävention nosokomialer Infektionen bei neonatologischen Intensivpflegepatienten mit einem Geburtsgewicht unter 1500 g“ hingewiesen.

Die Personen außerhalb medizinischer Einrichtungen, für die die Abweichung eine besondere Gefahr bedeutet, sind zu informieren und auf Maßnahmen zum eigenen Schutz hinzuweisen.

Hierzu dient das beispielhaft aufgeführte Merkblatt (Anlage 2).

Neben der Information ist eine systematische Quellensuche im Wasserversorgungssystem durchzuführen um festzustellen, ab welchem Punkt *P. aeruginosa* im Trinkwasserversorgungssystem nachgewiesen wird. Es muss abgeklärt werden, wo mögliche Ein-

tragspfade bzw. Infektionsreservoir vorhan- den sind und in welchen Bereichen entspre- chende weitergehende Maßnahmen zur Kon- trolle durchzuführen sind.

Die Pseudomonaden sollten bei Nachweis asserviert und eine Typisierung (z. B. mittels Pulsfeldgelelektrophorese) vorgesehen wer- den.

Ggf. sind höhere Volumina zur Aufde- ckung des Infektionsreservoirs notwendig, wobei aus dem zentralen Wasserversorgungs- system 1-Liter-Proben zu untersuchen sind.

Die Bewertung obliegt dem Gesundheits- amt bzw. einem hinzugezogenen Arzt für Hy- giene bzw. einem Krankenhaushygieniker.

Nach Entnahme der Wasserproben sind zusätzlich Spülmaßnahmen und Desinfekti- onsmaßnahmen mit Chlorkonzentrationen von 0,3 mg/L im Netz durchzuführen.

In Abhängigkeit vom Ausmaß der Konta- mination sind fortlaufende Kontrolluntersu- chungen durchzuführen und insbesondere bei Reduktion der Chlorung engmaschige bakteriologische Kontrollen notwendig.

### 6.2.2 Zentrale und teilzentrale Kontamination von Trinkwasser- Installationssystemen in Gebäuden

Wird eine systemische Kontamination des Trinkwasser-Installationssystems in Gebäu- den festgestellt, wird eine unmittelbare Un- tersuchung an der Übergabestelle von der zentralen Wasserversorgung in das Trinkwas- sernetz des Gebäudes, insbesondere in me- dizinischen Einrichtungen durchgeführt.

Sofern an der Übergabestelle des zentra- len Wasserversorgers in die Trinkwasser-In- stallation auch in 1 L kein *P. aeruginosa* nach- weisbar ist, kann davon ausgegangen werden, dass der zentrale Wasserversorger nicht die Ursache der *P. aeruginosa*-Kontamination des Trinkwasser-Installationssystems ist.

In medizinischen Einrichtungen müssen – wie bereits oben angegeben – insbesonde- re in Abhängigkeit von der Kontamination des Systems nicht nur Hochrisikobereiche mit endständigen Filtern, sondern ggf. auch wei- tergehende Bereiche durch endständige Fil- ter solange geschützt werden, bis die Ursa- che der Kontamination geklärt und diese be- seitigt ist.

Eine systematische Quellsuche ist un- ter Berücksichtigung klassischer Infektions- reservoir im Trinkwasser-Installationssystem unter Koordination des Leiters der Wasserhy- gienekommission zu veranlassen.

Ein Plan für die Probenahme ist vorzuse- hen.

Treten in Trinkwassersystemen anhalten- de *P. aeruginosa*-Befunde auf, ist davon auszu-

gehen, dass eine Nährstoffquelle vorliegt, die zu einer anhaltend hohen Vermehrung von *P. aeruginosa* führt. Entsprechend den Ergebnis- sen mit EPDM (Ethylen-Propylen-Kautschuk) ist eine vollständige Beseitigung mit üblichen Desinfektionsverfahren in einem solchen Fall eher unwahrscheinlich. Somit müssen die Kontaminationsquelle identifiziert und das Anlagenteil vollständig ausgetauscht werden.

Anlagenteile mit Dichtungsmaterialien wie z. B. Schieber oder Klappen sollten vor dem Einbau desinfiziert werden. Hierfür kön- nen z. B. Sprühdesinfektionsmittel zum Ein- satz kommen. Im Rahmen der Versuche des DVGW-Forschungsprojektes mit EPDM konn- ten zum Teil in einem Arbeitsgang keine voll- ständigen Beseitigungen der Oberflächen- kontamination erreicht werden. Bei solchen Bauteilen erhöhen mehrfache Desinfektionen die Chance auf eine vollständige Beseitigung von *P. aeruginosa*.

Für die Sanierung bei hygienisch-mikro- biologischen Auffälligkeiten in Trinkwasser- Installationen gilt die technische Regel des Arbeitsblattes DVGW W556 (A) von Dezem- ber 2015.

Hinsichtlich der Maßnahmen und Sanie- rungsschritte sowie ihrer vermuteten Effekti- vität in Abhängigkeit vom festgestellten Man- gel gilt bei *P. aeruginosa*-Kontaminationen die Sicherstellung des bestimmungsgemäßen Betriebs, Vermeidung von Stagnation, die An- lagenreinigung durch Spülen mit Wasser oder Wasser/Luftgemisch, die Entfernung von Tot- leitungen, der Ersatz von Anlagenteilen und die Entfernung von kontaminierten Quellen als unabdingbare Maßnahme. Ungeeignet oder nicht praktikabel sind Maßnahmen wie hydraulischer Abgleich, Temperatur gemäß DVGW W551 oder Änderungen der Leitungs- führung und Dimensionierung sowie Däm- mung.

Geeignet als unterstützende Maßnahmen gelten Wasseraustausch, Anlagendesinfekti- on, Trinkwasserdesinfektion und Straffung des Systems auf das notwendige Mindestmaß (schlankes System).

Als fragliche Maßnahmen bzw. Maßnah- men, deren Wirkung bislang unbekannt ist, gilt die thermische Desinfektion.

Vorübergehende Maßnahmen zur Sicher- stellung der Trinkwasserbeschaffenheit sind sowohl die Trinkwasserdesinfektion, die end- ständige Filtration unter Einhaltung der Vor- gaben des Herstellers bezüglich Standzeit, Wechsel, Handhabung, Einsatzzweck, Chemi- kalienbeständigkeit und für den vorgesehenen Zweck validierte endständige Filtersysteme.

Die Überprüfung der Wirksamkeit der Sa- nierung von mikrobiellen Mängeln sollte bei

*P. aeruginosa* nach 2, 6 Wochen und 12 Wo- chen überprüft werden.

Die weitergehenden Maßnahmen richten sich nach dem Ausmaß der Kontamination. In medizinischen Einrichtungen richten sich die Maßnahmen in Abstimmung mit dem Ge- sundheitsamt nach dem Ermessen der Was- serhygienekommission.

Sofern durch Spül- und Desinfektions- maßnahmen keine nachhaltige Sanierung er- reichbar ist, muss versucht werden, durch ab- schnittsweise Untersuchung des Trinkwas- ser-Installationssystems die entsprechende Kontaminationsquelle aufzudecken und zu eliminieren.

Wenn aufgrund der systemischen Konta- mination des Trinkwasser-Installationssys- tems Chlorkonzentrationen zur Desinfektion eingesetzt werden, müssen vor Entscheidung zur Reduktion der Chlorkonzentrationen er- höhte Volumina des Trinkwassers untersucht werden. Hierzu sollen Volumina von 1 L un- tersucht werden, die unter Chlorung in 1 L keine nachweisbaren *P. aeruginosa* enthalten. Bei der Desinfektion mit Chlordioxid ist sinn- gemäß zu verfahren.

Sofern unter diesen Bedingungen an aus- gewählten Probeentnahmestellen, die eine repräsentative Übersicht über das Trinkwas- ser-Installationssystem geben sollten, *P. ae- ruginosa* in 1 L nicht nachweisbar ist, können die Konzentrationen von Chlor sukzessiv re- duziert werden.

**Ziel muss es sein, dass ein Trinkwasser- Installationssystem ohne Desinfektions- mittelzugabe betrieben werden kann und *P. aeruginosa* in 100 mL Trinkwasser nicht nachweisbar ist.**

Zusätzlich zu den Kontrollmaßnahmen soll- te abgeklärt werden, inwieweit Hinweise für das gehäufte **Auftreten von *P. aerugi- nosa*-Infektionen** unter den Patienten in medizinischen Einrichtungen festzustellen sind. Hierbei sollten die Stämme von Pati- enten wie auch aus dem Wasserversor- gungssystem asserviert und eine Typisie- rung zur Klärung einer möglichen Assozi- ation vorgenommen werden.

Die **Typisierung** dient dazu abzuklären, ob das Trinkwasser-Installationssystem – mit unterschiedlichen oder einem einhei- lichen Klon von *P. aeruginosa* befallen ist – aufgrund der klonalen Identität von Pseu- domonaden als Infektionsreservoir identi- fiziert werden kann.

Insofern ist eine Typisierung der im Trinkwas- ser nachgewiesenen *P. aeruginosa* unverzicht- barer Bestandteil der Kontrollmaßnahmen.



### 6.2.3 Isolierte Kontamination von Wasserarmaturen bzw. Duschen

Sofern ausgeschlossen ist, dass es sich um eine zentrale bzw. teilzentrale Kontamination des Trinkwasser-Installationssystems handelt und sichergestellt ist, dass nur eine Wasserarmatur betroffen ist, sollte diese desinfizierend gereinigt oder ausgetauscht werden.

### 6.3 Maßnahmen bei Nachweis von *P. aeruginosa* im Badebeckenwasser

Der Nachweis von *P. aeruginosa* muss umgehend an die Verantwortlichen des Wasserhygiene-Management-Teams weitergegeben, von diesem unverzüglich bewertet und Maßnahmen zur Kontrolle eingeleitet werden. Die Maßnahmen richten sich nach den Empfehlungen der Badebeckenwasserkommission und der DIN 19643 in der jeweils gültigen Fassung.

## 7. Ausbruchsmanagement

Sofern im medizinischen Bereich gehäuft *P. aeruginosa*-Infektionen oder Kolonisationen auftreten, muss – je nach epidemiologischer Analyse, bei welchen Patienten und welchen assoziierten Risikobereichen – das Trinkwasser-Installationssystem, Badewasser, Wannenbäder, Waschbecken, Wasserentnahmemarmaturen, Siphons, Duschen, ggfls. Toiletten bzw. weitere medizinische Geräte und Produkte (Endoskope, Dialyse, zahnärztliche Behandlungseinheiten, Desinfektionsmittel, Reinigungslösungen) mit in die abklärenden Untersuchungen einbezogen werden. Hierbei sind systematische Untersuchungen zum Ausschluss einer Kontamination des Trinkwasser-Installationssystems wie o. a. durchzuführen [200]. In derartigen Fällen ist eine Erhöhung des Untersuchungsvolumens auf 1 L häufig zielführend.

## 8. Empfehlung zur Prävention von Wasser-assoziierten *P. aeruginosa*-Infektionen

Die DGKH nimmt bei ihren Empfehlungen Bezug auf die von der KRINKO empfohlene Kategorisierung der Evidenz.

### 8.1 Etablierung einer Wasserhygienekommission (Kat. IB)

Entsprechend den WHO-Empfehlungen soll jede medizinische Einrichtung eine „Wasserhygienekommission“ z. B. als Unterkom-

mission der Krankenhaushygienekommission etablieren.

Aufgaben der Wasserhygienekommission sind die Durchführung einer Gefährdungsanalyse des Trinkwasser-Installationssystems, die Festlegung von geeigneten Probenahmestellen, Veranlassung der Probenahmen, Bewertung der Ergebnisse der mikrobiologischen Untersuchung, Interpretation der Untersuchungsergebnisse, Weitergabe der Interpretation und Veranlassung von Maßnahmen in Abhängigkeit von den Untersuchungsergebnissen.

Zusätzlich obliegt der Wasserhygienekommission die Koordination von Maßnahmen bei Neu- und Umbauten der Trinkwasser-Installation, die Koordination von Maßnahmen bei Überschreitung des technischen Maßnahmewerts für *P. aeruginosa* sowie bei Clustern von *P. aeruginosa*-Infektionen im Zusammenhang mit dem Trinkwasser-Installationssystem.

Die Mitglieder der Wasserhygienekommission sind Ansprechpartner für alle Fragen im Zusammenhang mit der Trinkwasser-Installation für die Hygienekommission der Einrichtung, das Gesundheitsamt und das Wasserversorgungsunternehmen.

Mitglieder der Wasserhygienekommission sind der Krankenhaushygieniker, der Technische Leiter der medizinischen Einrichtung und die Hygiene Fachpflegekraft bzw. der Krankenhaushygiene-Ingenieur/Hygienetechniker.

### 8.2 Umsetzung der allgemeinen anerkannten technischen Regeln und Erstellung eines Wasserhygieneplans (Water Safety Plan) (Kat. IB)

Die verbindlich zu berücksichtigenden allgemein anerkannten technischen Regeln für die Trinkwasser-Installation in medizinischen Einrichtungen bei der Prävention von Wasser-assoziierten *P. aeruginosa*-Infektionen sind – die VDI Richtlinie „Hygiene in Trinkwasser-Installationen“ VDI 6023 – die DVGW Regel W 556 (A): Mikrobiologische Auffälligkeiten im Trinkwasser-Installationen; Methodik und Maßnahmen zu deren Behebung.

Diese technischen Regeln sind Grundlage für die Erstellung des Wasserhygieneplans (Kat. IV)

### 8.3 Erstellung eines Maßnahmeplans bei Überschreitung des technischen Maßnahmewerts für *P. aeruginosa* (Kat. IV)

Der technische Maßnahmewert für *P. aeruginosa* ist  $< 1$  KBE *P. aeruginosa*/100 mL. Seitens der Wasserhygienekommission muss ein de-

taillierter Maßnahmeplan unter Bezug auf die DVGW Regel 556 (A) erstellt werden, worin geregelt ist, welche Maßnahmen bei Überschreitung des technischen Maßnahmewerts durchzuführen sind.

### 8.4 Maßnahmen bei Clustern von *P. aeruginosa*-Infektionen im Kontext mit der Trinkwasser-Installation (Kat. IV)

Bei Hinweisen für Cluster von *P. aeruginosa*-Infektionen muss eine Abklärung der möglichen Ursachen unter Berücksichtigung des Trinkwasser-Installationssystems entsprechend der Empfehlung der KRINKO „Ausbruchmanagement und strukturiertes Vorgehen bei gehäuftem Auftreten nosokomialer Infektionen“ durchgeführt werden.

Die entsprechenden Maßnahmen sind mit dem Gesundheitsamt abzustimmen.

## Anlage 1

### Steckbrief „*P. aeruginosa*“

**1. Gesetzliche Anforderungen:** *P. aeruginosa* darf nach § 5 TrinkwV 2001 nicht in Konzentrationen im Trinkwasser enthalten sein, die eine Schädigung der menschlichen Gesundheit besorgen lassen.

**2. Untersuchungsverfahren:** Gemäß DIN EN ISO 16266

**3. Charakterisierung des Krankheitserregers:** Die Gattung *Pseudomonas* umfasst 1,5–5,0 x 0,5–1,0 µm große Gram-negative Stäbchenbakterien, die eine oder mehrere polare Geißeln besitzen.

*P. aeruginosa* zählt zu den nicht fermentierenden Stäbchen (Nonfermenter).

*P. aeruginosa* gilt als sehr guter Biofilmbildner. Aufgrund seiner geringen Nährstoffsprünge, seines breiten Spektrums der Vermehrungstemperatur (in der Regel von 4 °C bis 42 °C) und seiner Fähigkeit zur Biofilmbildung ist er in der Lage, über das Wasser andere Bereiche z. B. in medizinischen Einrichtungen zu kontaminieren. Beispielhaft wären das Desinfektionsmittellösungen, Reinigungs- und Desinfektionsmittelgeräte und insbesondere medizinisch-technische Geräte wie Endoskope.

**4. Indikatorfunktion:** *P. aeruginosa* kommt autochthon im Wasser in geringen Konzentrationen vor (typischerweise < 1 KBE/100 mL).

Daher haben die gemäß Trinkwasserverordnung zu überwachenden bakteriellen Indikatoren im Trinkwasser bezüglich *P. aeruginosa* eine eingeschränkte Indikatorfunktion. Der Nachweis von *P. aeruginosa*/100 mL Wasser ist ein Hinweis auf mögliche Einschwemmung, Vermehrungsmöglichkeiten oder Stagnationsprobleme in der Trinkwasser-Installation, die bei Nichtbeachten der a. a. R. d. T. auftreten können. In den Biofilmen wasserführender Systeme kann sich *P. aeruginosa* über Jahre aufhalten und systemische Kontaminationen der Trinkwasser-Installation hervorrufen. In neuerlegten Rohrleitungen kann *P. aeruginosa* nach externer Kontamination ebenfalls nachgewiesen werden.

**5. Gesundheitliche Bedeutung:** *P. aeruginosa* gilt als fakultativ pathogener Erreger. Eine Gefährdung der menschlichen Gesundheit ist bei einem Nachweis von *P. aeruginosa* vor allem für Personen mit prädis-

ponierenden Faktoren zu besorgen. Solche Faktoren umfassen z. B. invasive Fremdkörpersysteme (Harnwegkatheter, Venenkathetersysteme oder Beatmungstuben), offene akute und chronische Wunden, Verbrennungen oder bestimmte Grundkrankheiten wie Mukoviszidose (zystische Fibrose). Fremdkörper wie Kontaktlinsen oder invasive Kathetersysteme sind ein wichtiger Risikofaktor für die Ansiedlung von *P. aeruginosa*, wenn diese mit Wasser gespült und hierdurch besiedelt werden. Zu den relevanten *P. aeruginosa* bedingten Infektionen bei Personen ohne prädisponierende Faktoren zählen Otitis externa und Folliculitis. *P. aeruginosa* ist von hoher Bedeutung als Erreger nosokomialer Infektionen.

**6. Handlungsempfehlungen:** Kontaminationen mit *P. aeruginosa* (Nachweis/100mL) sind ein vermeidbares Risiko. Ihre Minimierung erfordert die Behebung hygienisch-technischer Mängel in der Trinkwasser-Installation entsprechend den a. a. R. d. T.

Eine konsequente Ursachenklärung und die Feststellung über die räumliche Ausdehnung der Kontamination im Versorgungsgebiet sind erforderlich. Bei Einzelbefunden von *P. aeruginosa* sollte zunächst abgeklärt werden, ob es sich um eine systemische Kontamination handelt.

Bei systemischem Nachweis von *P. aeruginosa* im Trinkwasser sollte eine Gefährdungsanalyse erfolgen, die insbesondere klärt, inwieweit risikominimierende Maßnahmen notwendig sind.

Mögliche Maßnahmen zur Gefahrenabwehr sind z. B. Verwendungseinschränkungen sowie Spül- und Desinfektionsmaßnahmen. Der intermittierende Einsatz von Spül- und Desinfektionsmaßnahmen hat sich dabei bewährt. In medizinischen Einrichtungen sind die erforderlichen speziellen Maßnahmen vom zuständigen Krankenhaushygieniker zu veranlassen und ggf. mit dem Gesundheitsamt abzustimmen.

Weitere Hinweise sind der Empfehlung des UBA nach Anhörung der TWK „Hygienisch-mikrobiologische Untersuchung im Kaltwasser von Wasserversorgungsanlagen nach § 3 Nr. 2 Buchstabe c TrinkwV 2001, aus denen Wasser für die Öffentlichkeit im Sinne des § 18 Abs. 1 TrinkwV 2001 bereitgestellt wird“ zu entnehmen.

**Anlage 2****Mögliche Risikopunkte der Dokumentation im Rahmen des Wasserhygieneplans****1. Herkunft des Wassers**

- a) Quellwasser, Brunnenwasser, Oberflächenwasser, Flusswasser
- b) Wasserversorger mit Ansprechpartner
- c) Art der Aufbereitung
- d) Desinfektion des Wasserversorgungsnetzes
- e) Hochbehälter im direkten Wasserversorgungsnetz
- f) Ort der Übergabe in das Trinkwasserversorgungsnetz der Einrichtung

**2. Allgemeine Angaben zur Trinkwasser-Installation und Vorgeschichte des Objektes:**

- a) Anzahl und Art der versorgten Wohneinheiten und Entnahmestellen
- b) Anzahl der Gebäudenutzer
- c) Anlagenart, Hersteller und Baujahr der Trinkwassererwärmungsanlage
- d) Anzahl und Größe von Warmwasserspeichern (Parallel- oder Reihenschaltung)
- e) Strangschemata (Kalt- und Warmwasser)
- f) Angaben über Temperaturen in Speicher, Vorlauf und Zirkulation und in der Peripherie aus den Betriebsaufzeichnungen
- g) Angaben zum Zirkulationssystem (Pumpen in Dauer- oder Temporärbetrieb, hydraulischer Abgleich des Systems)
- h) Löschwassersysteme, Art der Absicherung gegenüber trinkwasserführenden Systemen
- i) Verweis auf einschlägige Dokumente sowie ggf. fehlende Dokumente (Ergebnis der Dokumentenprüfung)
- j) Angaben über Ergebnisse vormaliger sowie im Rahmen der Gefährdungsanalyse veranlasster Trinkwasseruntersuchungen
- k) Angabe zur Dimensionierung der Anlage in Relation zum Warmwasserverbrauch
- l) Angaben zu regelmäßigen Wartungen (Betriebstagebuch) und zur Instandhaltungsplanung gemäß VDI 6023

**3. Feststellung, ob die a. a. R. d. T. eingehalten werden und Auflistung von Mängeln. Beispiele für Mängel:**

- a) Keine bestimmungsgemäße Nutzung der Trinkwasser-Installation und/oder des Gebäudes

- b) Überdimensionierung des Leitungsnetzes
- c) Stagnation in wenig oder ungenutzten Gebäudebereichen
- d) Leitungen oder Bauteile der Trinkwasser-Installation, in denen das Wasser stagniert (z. B. nicht zwangsdurchströmte Membranausdehnungsgefäße)
- e) Temperaturen niedriger als in DVGW W 551 gefordert
  - Fehlender hydraulischer Abgleich (siehe DVGW W 553)
  - Unzureichende oder keine Isolation der Kalt- und Warmwasserverteilungssysteme
- f) Ungeeignete Werkstoffe (z. B. EPDM)
- g) defekte Anlagenteile (z. B. Wärmetauscher, Zirkulationspumpen)
- h) fehlende oder defekte Rückflussverhinderer zu Kaltwasserleitungen
- i) zentrale Durchgangsmisch- und Regelarmaturen
- j) Missachtung der 3-Liter-Regel (siehe DVGW W 551)
- k) Unzureichende Nutzung von (einzelnen) Entnahmestellen, Strängen oder gesamten Anlagen (z. B. Ferienwohnblocks in Zeiten ohne Belegung)
- l) Anlagenteile (einschließlich Rohre und Armaturen) ohne Prüfzeichen
- m) Mangelhafte Wartung und Instandhaltung
- n) Mangelhafte Zugänglichkeit von Anlagenteilen

**4. Gesamtbewertung der Ergebnisse und Befunde****5. Vorschläge für Sanierungsmaßnahmen und erweiterte Untersuchungen**

- Zeitliche Priorisierung von Maßnahmen als Entscheidungshilfe
  - Sofortmaßnahmen, z. B. thermische Desinfektion, Spülungen
  - nachhaltige betriebs- und bautechnische Maßnahmen, z. B. hydraulischer Abgleich gemäß DVGW W 553

### Anlage 3

## Information an die Allgemeinbevölkerung bei Nachweis von *P. aeruginosa* im zentralen Wasserversorgungsnetz

Im Rahmen von Sonderuntersuchungen wurden im Wasserversorgungsnetz für die Region [...] Bakterien (*Pseudomonaden*) nachgewiesen.

*Pseudomonaden* stellen für die gesunde Bevölkerung in aller Regel kein Risiko dar.

Für bestimmte Patientengruppen kann ein Risiko bestehen, das jedoch durch Beachtung von selbst durchführbaren Schutzmaßnahmen beherrscht werden kann.

### Welche Patientengruppen sollten besondere Schutzmaßnahmen beachten?

- Patienten mit Mukoviszidose
- Pflegebedürftige mit offenen Wunden, Harnwegkathetern oder einer Magensonde zur Ernährung (Perkutane Endoskopische Gastrotomie)
- Patienten, die Inhalationsgeräte mit Trinkwasser reinigen
- Stark abwehrgeschwächte Personen (Rücksprache mit dem Hausarzt) bzw. Patienten, die mit Immunsuppressiva behandelt werden
- Kontaktlinsenträger, soweit sie die Kontaktlinsen mit Leitungswasser reinigen

### Wie erfolgt die Übertragung?

Die Übertragung kann erfolgen

- durch Kontakt von Wasser mit Wunden, vorgeschädigter Haut oder der Eintrittsstellen von Kathetern o. ä.
- über mit *Pseudomonaden* verunreinigte Inhalationsgeräte, aus denen Medikamente bzw. Flüssigkeiten inhaliert werden.
- über das Reinigen von Kontaktlinsen mit *Pseudomonaden*-haltigem Wasser (Belagsbildung auf den Kontaktlinsen, die zu einer Hornhautinfektion/Keratitis führen kann).
- im Ausnahmefall über Verbleiben von kontaminiertem Wasser nach dem Duschen/Baden im äußeren Gehörgang (Außenohrinfektionen möglich).

### Wie erfolgt die Übertragung nicht?

- Trinken von Wasser
- Anwendung von Wasser auf intakter Haut
- Händewaschen
- Wäschewaschen und -trocknen

### Welche Schutzmaßnahmen sollten von o. g. Patientengruppen beachtet werden?

- Personen, die Inhalationsgeräte verwenden, sollten zur Bedienung und Reinigung der Geräte nur zuvor abgekochtes Wasser oder Wasser vergleichbarer Qualität verwenden.
- Personen mit offenen Wunden oder Harnwegkathetern sollten zur Reinigung dieser Wunden bzw. der Kathetereintrittsstelle nur zuvor abgekochtes Wasser oder Wasser vergleichbarer Qualität verwenden.
- Kontaktlinsen sollten nur mit zuvor abgekochtem Wasser gereinigt werden.
- Ohren nach dem Reinigen/Duschen/Baden mit Wasser gut abtrocknen.
- Säuglingsnahrung mit zuvor abgekochtem oder abgepacktem Wasser zubereiten
- Prothesen und Zahnspangen in Gefäßen, aufgefüllt mit zuvor abgekochtem oder abgepacktem Wasser, aufbewahren

### Maßnahmen, die durch das Gesundheitsamt und / oder den Wasserversorger vorgenommen werden:

- Einrichtung einer Kommission unter Einbeziehung des Wasserversorgers
- Spülung des Wassernetzes durch den Wasserversorger
- Erhöhung der Chlordioxidkonzentration zur Sicherstellung einer ausreichenden Desinfektionsmittelwirkung im Trinkwasser
- Fortlaufende engmaschige mikrobiologische Kontrolle
- Maßnahmen gelten so lange, bis durch entsprechende Untersuchungen keine Belastung der Bakterien mehr besteht

## Anlage 4

## Beispiel für eine erfolgreiche Sanierung nach Feststellen einer systemischen Kontamination der Trinkwasserinstallation in einem Altenpflegeheim (Hyg Med 2012; 37 – Supplement: DGKH-Kongress 2012)

M. Exner<sup>1</sup>, K. Behringer<sup>1</sup>, S. Pleischl<sup>1</sup>,  
J. Gebel<sup>1</sup>, C. Koch<sup>1</sup>, U. Teichert-Barthel<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Institut für Hygiene und Öffentliche Gesundheit der Universität Bonn; <sup>2</sup>Gesundheitsamt Ahrweiler

**Einleitung:** Vor Inbetriebnahme eines Altenpflegeheims wurde bei Kontrolle des Trinkwasserinstallationssystems eine systemische Kontamination nahezu aller Wasserentnahmestellen in unterschiedlichen Gebäudeteilen einschließlich der Übergabestelle vom zentralen Wasserversorger mit *P. aeruginosa* in 100 ml Trinkwasser festgestellt. Nachfolgend wurden akute und langfristige Maßnahmen durchgeführt und die Nachhaltigkeit des Erfolges der Maßnahmen über mehr als 2 Jahre überprüft.

**Maßnahmen:** 1) Einrichtung einer Störfallkommission unter Koordination des zuständigen Gesundheitsamtes; 2) Ausstattung aller Bewohner bezogenen Wasserentnahmestellen mit endständigen Filtern zum akuten Gesundheitsschutz; 3) systematische Ermittlung des Ausmaßes und der Herkunft der *P. aeruginosa*-Kontamination sowohl in der Trinkwasserinstallation und im zentralen Wasserversorgungsnetz mittels kultureller und molekularer Typisierungsverfahren (PFGE), Rasterelektronenoptischen Untersuchungen; 4) Durchführung von Sanierungsmaßnahmen zunächst im zentralen Wasserversorgungsnetz und konsekutiv in der Trinkwasserinstallation mittels Spülung, Desinfektion auf Chlorbasis, Austausch von Wasserarmaturen; 5) Kontrolle des Erfolges durch einen sog. Hygiene-Monitor und langfristig angelegte hygienisch-mikrobiologische Kontrollen.

**Ergebnis:** Die Untersuchungen zeigten, dass eine Teilkontamination mit einem von 2 Klonen von *P. aeruginosa* durch den Wasserversorger verursacht worden war, dessen Wasserversorgungsnetz mit diesem Klon kontaminiert war. Daher wurde zunächst das zentrale Wasserversorgungsnetz saniert durch Spülung und Desinfektion. Nachdem dies erfolgreich gelang, wurde die Sanierung des Trinkwasserinstallationssystem durchgeführt. Der Erfolg wurde durch den Einsatz des Hygiene-Monitors überprüft. Trotz dieser Maßnahmen gelang es nicht, die Wasserentnahmehähne zu dekontaminieren. Erst nach Austausch aller Wasserentnahmehähne durch neue gelang eine nachhaltige Kontrolle der systemischen *P. aeruginosa*-Kontamination

**Fazit:** Eine systemische *P. aeruginosa*-Kontamination eines Trinkwasserinstallationssystems kann durch den Wasserversorger mit verursacht sein. Nur wenn dies ausgeschlossen ist, kann konsekutiv eine nachhaltige Sanierung der Trinkwasserinstallation gelingen. Die Kontrolle gelingt mit einem neu entwickelten Hygienemonitor. Wasserhähne lassen sich bei ausgedehnter Biofilmbildung nicht durch Spülung und Desinfektion sanieren und müssen ausgetauscht werden. Eine langfristige hygienisch-mikrobiologische Kontrolle des Erfolges ist notwendig. Die Erkenntnisse müssen zukünftig bei Wasserhygiene-Plänen berücksichtigt werden.

## Literatur

- ECDC. Point prevalence survey of healthcare-associated infections and antimicrobial use in European acute care hospitals. Stockholm: ECDC, 2013.
- Bruinsma GM, van der Mei HC, Busscher HJ. Bacterial adhesion to surface hydrophilic and hydrophobic contact lenses. *Biomaterials* 2001;22(24):3217–24.
- Efron N. Contact Lens Complications. Edinburgh: Butterworth-Heinemann; 2004;76:176.
- Kramer A HH, Roth H-W, Rudolph P, Schnell D, Tost F, Werner H-P. Häufigkeit, Ursachen und Prävention der Kontaktlinsen-assoziierten infektiösen Keratitis. *Hyg Med* 2002;11:439–449.
- Kramer A RP, Werner H-P. Antimicrobial efficacy of contact lens care products and critical comment on ISO/FDIS 14729. *Dev Ophthalmol* 2002;33:343–361.
- Micallef C. CP, Bonnici MR. Contamination of contact-lens-related sources with *Pseudomonas aeruginosa*. *Ophthalmologica* 2000;214:324–31.
- Grünauer-Kloevekom C, Wilhelm F, Duncker GIW, Hammer T. Nosokomiale *Pseudomonas aeruginosa*-assoziierte Keratitis nach Tragen weicher Kontaktlinsen. *Klinische Monatsblätter für Augenheilkunde* 2004;221:52–55.
- Feder HM, Jr., Grant-Kels JM, Tilton RC. *Pseudomonas* whirlpool dermatitis. Report of an outbreak in two families. *Clin Pediatr (Phila)* 1983;22(9):638–42.
- Hatchette TF, Gupta R, Marrie TJ. *Pseudomonas aeruginosa* community-acquired pneumonia in previously healthy adults: case report and review of the literature. *Clin Infect Dis* 2000;31(6):1349–56.
- Hollyoak V, Allison D, Summers J. *Pseudomonas aeruginosa* wound infection associated with a nursing home's whirlpool bath. *Commun Dis Rep CDR Rev* 1995;5(7):R100–2.
- Huhulescu S, Simon M, Lubnow M, Kaase M, Wewalka G, Pietzka AT, et al. Fatal *Pseudomonas aeruginosa* pneumonia in a previously healthy woman was most likely associated with a contaminated hot tub. *Infection* 2011;39(3):265–9.
- Jacobson JA, Hoadley AW, Farmer JJ, 3rd. *Pseudomonas aeruginosa* serogroup 11 and pool-associated skin rash. *Am J Public Health* 1976;66(11):1092–3.
- Malterud K, Thesen J. [Whirlpool and *Pseudomonas* infection—a local outbreak]. *Tidsskr Nor Laegeforen* 2007;127(13):1779–81.
- Parker PC, Boles RG. *Pseudomonas* otitis media and bacteremia following a water birth. *Pediatrics* 1997;99(4):653.
- Penn C, Kain KC. *Pseudomonas* folliculitis: an outbreak associated with bromine-based disinfectants—British Columbia. *Can Dis Wkly Rep* 1990;16(7):31–3.
- Reid TM, Porter IA. An outbreak of otitis externa in competitive swimmers due to *Pseudomonas aeruginosa*. *J Hyg (Lond)* 1981;86(3):357–62.
- Salmen P, Dwyer DM, Vorse H, Kruse W. Whirlpool-associated *Pseudomonas aeruginosa* urinary tract infections. *JAMA* 1983;250(15):2025–6.
- N.N. Priorisierung übertragbarer Infektionserreger unter dem Aspekt der Surveillance und epidemiologischen Forschung. *Epi. Bull.* 2011(44):397–404.
- KRINKO. Hygienemaßnahmen bei Infektionen oder Besiedlung mit multiresistenten gramnegativen Stäbchen. *Bundesgesundheitsblatt Gesundheitsforschung Gesundheitsschutz* 2012;55:1311–1354.
- Anaissie EJ, Penzak SR, Dignani MC. The hospital water supply as a source of nosocomial infections: a plea for action. *Arch Intern Med* 2002;162(13):1483–92.
- Assadian O, El-Madani N, Seper E, Mustafa S, Aspöck C, Koller W, et al. Sensor-operated faucets: a possible source of nosocomial infection? *Infect Control Hosp Epidemiol* 2002;23(1):44–6.
- Aumeran C, Paillard C, Robin F, Kanold J, Baud O, Bonnet R, et al. *Pseudomonas aeruginosa* and *Pseudomonas putida* outbreak associated with contaminated water outlets in an oncohaematology paediatric unit. *J Hosp Infect* 2007;65(1):47–53.
- Baghal Asghari F, Nikaeen M, Mirhendi H. Rapid monitoring of *Pseudomonas aeruginosa* in hospital water systems: a key priority in prevention of nosocomial infection. *FEMS Microbiol Lett* 2013.
- Bert F, Maubec E, Bruneau B, Berry P, Lambert-Zechovsky N. Multi-resistant *Pseudomonas aeruginosa* outbreak associated with contaminated tap water in a neurosurgery intensive care unit. *J Hosp Infect* 1998;39(1):53–62.
- Blanc DS, Nahimana I, Petignat C, Wenger A, Bille J, Francioli P. Faucets as a reservoir of endemic *Pseudomonas aeruginosa* colonization/infections in intensive care units. *Intensive Care Med* 2004;30(10):1964–8.
- Bonten MJ, Weinstein RA. Transmission pathways of *Pseudomonas aeruginosa* in intensive care units: don't go near the water. *Crit Care Med* 2002;30(10):2384–5.
- Cervia JS, Farber B, Armellino D, Klocke J, Bayer RL, McAlister M, et al. Point-of-use water filtration reduces healthcare-associated infections in bone marrow transplant recipients. *Transpl Infect Dis*;12(3):238–41.
- Cholley P, Thouvez M, Floret N, Bertrand X, Talon D. The role of water fittings in intensive care rooms as reservoirs for the colonization of patients with *Pseudomonas aeruginosa*. *Intensive Care Med* 2008;34(8):1428–33.
- Holmes C, Cervia JS, Ortolano GA, Canonica FP. Preventive efficacy and cost-effectiveness of point-of-use water filtration in a subacute care unit. *Am J Infect Control* 2009;38(1):69–71.
- Kolmos HJ, Thuesen B, Nielsen SV, Lohmann M, Kristoffersen K, Rosdahl VT. Outbreak of infection in a burns unit due to *Pseudomonas aeruginosa* originating from contaminated tubing used for irrigation of patients. *J Hosp Infect* 1993;24(1):11–21.
- Mansour W, Bouallegue O, Said H, Dahmen S, Boujaafar N. Outbreak of *Pseudomonas aeruginosa* infections associated with contaminated water in a university hospital in Tunisia. *Infect Control Hosp Epidemiol* 2008;29(4):378–80.
- Martino P, Venditti M, Papa G, Orefici G, Serra P. Water supply as a source of *Pseudomonas aeruginosa* in a hospital for hematological malignancies. *Boll Ist Sieroter Milan* 1985;64(2):109–14.
- Muscarella LF. Contribution of tap water and environmental surfaces to nosocomial transmission of antibiotic-resistant *Pseudomonas aeruginosa*. *Infect Control Hosp Epidemiol* 2004;25(4):342–5.
- Petignat C, Francioli P, Nahimana I, Wenger A, Bille J, Schaller MD, et al. Exogenous sources of *Pseudomonas aeruginosa* in intensive care unit patients: implementation of infection control measures and follow-up with molecular typing. *Infect Control Hosp Epidemiol* 2006;27(9):953–7.
- Pitten FA, Panzig B, Schroder G, Tietze K, Kramer A. Transmission of a multiresistant *Pseudomonas aeruginosa* strain at a German University Hospital. *J Hosp Infect* 2001;47(2):125–30.
- Rogues AM, Boulestreau H, Lasheras A, Boyer A, Gruson D, Merle C, et al. Contribution of tap water to patient colonisation with *Pseudomonas aeruginosa* in a medical intensive care unit. *J Hosp Infect* 2007;67(1):72–8.
- Trautmann M, Halder S, Hoegel J, Royer H, Haller M. Point-of-use water filtration reduces endemic *Pseudomonas aeruginosa* infections on a surgical intensive care unit. *Am J Infect Control* 2008;36(6):421–9.
- Trautmann M, Halder S, Lepper PM, Exner M. [Reservoirs of *Pseudomonas aeruginosa* in the intensive care unit. The role of tap water as a source of infection]. *Bundesgesundheitsblatt Gesundheitsforschung Gesundheitsschutz* 2009;52(3):339–44.
- Trautmann M, Michalsky T, Wiedeck H, Radosavljevic V, Ruhnke M. Tap water colonization with *Pseudomonas aeruginosa* in a surgical intensive care unit (ICU) and relation to *Pseudomonas* infections of ICU patients. *Infect Control Hosp Epidemiol* 2001;22(1):49–52.
- Vianelli N, Giannini MB, Quarti C, Bucci Sabatini MA, Fiacchini M, de Vivo A, et al. Resolution of a *Pseudomonas aeruginosa* outbreak in a hematology unit with the use of disposable sterile water filters. *Haematologica* 2006;91(7):983–5.
- Vilar-Compte D, Jacquemin B, Diaz-Gonzalez A, Velasquez C, Volkow P. [*Pseudomonas aeruginosa* outbreak, in the area of surgical wound ambulatory care, in postmastectomy patients]. *Salud Publica Mex* 2003;45(5):371–8.
- Yapicioglu H, Gokmen TG, Yildizdas D, Koksall F, Ozlu F, Kale-Cekinmez E, et al. *Pseudomonas aeruginosa* infections due to electronic faucets in a neonatal intensive care unit. *J Paediatr Child Health* 2011;48(5):430–4.
- Yaslianifard S, Mobarez AM, Fatolahzadeh B, Feizabadi MM. Colonization of hospital water systems by *Legionella pneumophila*, *Pseudomonas aeruginosa*, and *Acinetobacter* in ICU wards of Tehran hospitals. *Indian J Pathol Microbiol* 2012;55(3):352–6.
- N.N. Ergebnisse einer Expertenanhörung am 31.03.2004 im Universitätsklinikum Bonn Hausinstallationen, aus denen Wasser für die Öffentlichkeit bereit gestellt wird, als potenzielles Infektionsreservoir mit besonderer Berücksichtigung von Einrichtungen zur medizinischen Versorgung – Kenntnisstand, Prävention und Kontrolle. *Bundesgesundheitsblatt Gesundheitsforschung Gesundheitsschutz* 2006;49:681–686.
- Exner M, Kramer A, Lajoie L, Gebel J, Engelhart S, Hartemann P. Prevention and control of health care-associated waterborne infec-

- tions in health care facilities. *Am J Infect Control* 2005;33(5 Suppl 1):S26–40.
46. Exner M, Kistemann T. [Significance of the ordinance on the quality of water for human consumption (Drinking Water Ordinance 2001) for hospital hygiene]. *Bundesgesundheitsblatt Gesundheitsforschung Gesundheitsschutz* 2004;47(4):384–91.
  47. Exner M, Christiansen B., Flemming, et al. *Pseudomonas aeruginosa* – Plädoyer für die Einführung eines technischen Maßnahmewertes in die Novelle der Trinkwasserverordnung. *Hyg & med* 2010;35:370–379.
  48. Ott E, Saathoff, S., Graf, K., Schwab, F., Chaberny, I. Prävalenz von nosokomialen und mitgebrachten Infektionen in einer Universitätsklinik. *Deutsches Ärzteblatt* 2013;110(31–32):533–540.
  49. Rumbaugh K. Should we be afraid of the Green Monster? *Crit Care Med* 2009;37(5):1826–7.
  50. Simon A, Krawtschenko, O., Reiffert, S.M., Exner, M., Trautmann, M., Engelhart, S. Outbreaks of *pseudomonas aeruginosa* in pediatric patients—clinical aspects, risk factors, and management *J. Pediatric. Infect. Dis.* 2008; 3:249–269.
  51. Gjodsbol K, Christensen JJ, Karlsmark T, Jorgensen B, Klein BM, Krogfelt KA. Multiple bacterial species reside in chronic wounds: a longitudinal study. *Int Wound J* 2006;3(3): 225–31.
  52. Bou R, Lorente L, Aguilar A, Perpnan J, Ramos P, Peris M, et al. Hospital economic impact of an outbreak of *Pseudomonas aeruginosa* infections. *J Hosp Infect* 2009;71(2): 138–42.
  53. Ninkovic G, Dullo V, Saunders NC. Microbiology of otitis externa in the secondary care in United Kingdom and antimicrobial sensitivity. *Auris Nasus Larynx* 2008;35(4):480–4.
  54. CDC. Estimated Burden of Acute Otitis Externa—United States, 2003–2007. *MMWR Morb Mortal Wkly Rep* 2011;60(19):605–609.
  55. Lichtinger A, Yeung SN, Kim P, Amiran MD, Iovieno A, Elbaz U, et al. Shifting trends in bacterial keratitis in Toronto: an 11-year review. *Ophthalmology* 2012;119(9):1785–90.
  56. Mena KD, Gerba CP. Risk assessment of *Pseudomonas aeruginosa* in water. *Rev Environ Contam Toxicol* 2009;201:71–115.
  57. Watt KG, Swarbrick HA. Trends in microbial keratitis associated with orthokeratology. *Eye Contact Lens* 2007;33(6 Pt 2):373–7; discussion 382.
  58. Watt K, Swarbrick HA. Microbial keratitis in overnight orthokeratology: review of the first 50 cases. *Eye Contact Lens* 2005;31(5):201–8.
  59. Lee KY, Lim L. *Pseudomonas* keratitis associated with continuous wear silicone-hydrogel soft contact lens: a case report. *Eye Contact Lens* 2003;29(4):255–7.
  60. Dang YN, Rao A, Kastl PR, Blake RC, Jr., Schurr MJ, Blake DA. Quantifying *Pseudomonas aeruginosa* adhesion to contact lenses. *Eye Contact Lens* 2003;29(2):65–8.
  61. Venkata N, Sharma S, Gora R, Chhabra R, Aasuri MK. Clinical presentation of microbial keratitis with daily wear frequent-replacement hydrogel lenses: a case series. *CLAO J* 2002; 28(3):165–8.
  62. Stapleton F, Dart JK, Seal DV, Matheson M. Epidemiole of *Pseudomonas aeruginosa* keratitis in contact lens wearers. *Epidemiol Infect* 1995;114(3):395–402.
  63. Hobden JA, Reidy JJ, O'Callaghan RJ, Hill JM, Insler MS, Rootman DS. Treatment of experimental *Pseudomonas* keratitis using collagen shields containing tobramycin. *Arch Ophthalmol* 1988;106(11):1605–7.
  64. Wilson LA, Schlitzer RL, Ahearn DG. *Pseudomonas* corneal ulcers associated with soft contact-lens wear. *Am J Ophthalmol* 1981; 92(4):546–54.
  65. Hildebrandt C, Wagner, D, Kohlmann T, Kramer A. In-vitro analysis of the microbicidal activity of 6 contact lens care solutions. *BMC Infect Dis* 2012;12:241.
  66. Kirketerp-Moller K, Jensen PO, Fazli M, Madsen KG, Pedersen J, Moser C, et al. Distribution, organization, and ecology of bacteria in chronic wounds. *J Clin Microbiol* 2008; 46(8):2717–22.
  67. Bjarnsholt T, Kirketerp-Moller K, Jensen PO, Madsen KG, Phipps R, Krogfelt K, et al. Why chronic wounds will not heal: a novel hypothesis. *Wound Repair Regen* 2008;16(1):2–10.
  68. Simon A, Schmitt-Grohe, S., Erdmann, U., Vonberg, R.P., Herr, C., Bend, J. Anforderungen an die Hygiene bei der medizinischen Versorgung von Patienten mit Cystischer Fibrose (Mukoviszidose). Wiesbaden: mhp-Verlag, 2012.
  69. Kistemann T, Schreiber, C., Völker, S. BMBF-Projekt: Förderkennzeichen 02WT0832 – Vorkommen mikrobieller Trinkwasserkontaminationen in Hausinstallation In: Flemming H-CH, editor. Vermeidung und Sanierung von Trinkwasser-Kontaminationen durch hygienisch relevante Mikroorganismen aus Biofilmen der Hausinstallation. IWW-Schriftenreihe, 2010:3–100.
  70. Volker S, Schreiber C, Kistemann T. Drinking water quality in household supply infrastructure—A survey of the current situation in Germany. *Int J Hyg Environ Health* 2010; 213(3):204–9.
  71. Zhou ZY, Hu BJ, Qin L, Lin YE, Watanabe H, Zhou Q, et al. Removal of waterborne pathogens from liver transplant unit water taps in prevention of healthcare-associated infections: a proposal for a cost-effective, proactive infection control strategy. *Clin Microbiol Infect* 2013; <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/1469-0691.12299/abstract>.
  72. Trautmann M, Bauer C, Schumann C, Hahn P, Hoher M, Haller M, et al. Common RAPD pattern of *Pseudomonas aeruginosa* from patients and tap water in a medical intensive care unit. *Int J Hyg Environ Health* 2006;209(4): 325–31.
  73. Jefferies JMC, T. Cooper, T. Yam and S. C. Clarke. *Pseudomonas aeruginosa* outbreaks in the neonatal intensive care unit—a systematic review of risk factors and environmental sources. *J Med Microbiol* 2012;61:1052–1061.
  74. Vochem M, Vogt M, Döring G. Sepsis in a Newborn Due to *Pseudomonas aeruginosa* from a Contaminated Tub Bath. *N Engl J Med* 2001;345:378–379.
  75. Ferranti G, Marchesi I, Favale M, Borella P, Bargellini A. Aetiology, source and prevention of waterborne healthcare-associated infections: a review. *J Med Microbiol* 2014;63 (Pt 10):1247–59.
  76. KRINKO. Anforderungen an die Hygiene bei der medizinischen Versorgung von immunsupprimierten Patienten. *Bundesgesundheitsbl.* 2010;53:357–388.
  77. Kominos SD, Copeland CE, Grosiak B, Postic B. Introduction of *Pseudomonas aeruginosa* into a hospital via vegetables. *Appl Microbiol* 1972;24(4):567–70.
  78. Viswanathan P, Kaur R. Prevalence and growth of pathogens on salad vegetables, fruits and sprouts. *Int J Hyg Environ Health* 2001;203(3): 205–13.
  79. Exner M, Vogel F, Rost HD. [Microorganisms in home-care inhalation devices]. *Dtsch Med Wochenschr* 1983;108(1):12–7.
  80. Aljubair AH, Maaroufi A, Hadj Ali MS. Assessment of disinfectants cleaning against bacterial biofilm of house hold water tanks. *Arch Inst Pasteur Tunis* 2007;84(1–4):77–88.
  81. Bjarnsholt T. The role of bacterial biofilms in chronic infections. *APMIS Suppl* (136):1–51.
  82. Boyle M, Ford T, Maki JS, Mitchell R. Biofilms and the survival of opportunistic pathogens in recycled water. *Waste Manag Res* 1991;9(5): 465–70.
  83. Cervia JS, Ortolano GA, Canonica FP, McAlister MB. Role of biofilm in *Pseudomonas aeruginosa* colonization and infection. *Infect Control Hosp Epidemiol* 2009;30(9):925–7.
  84. Halabi M, Wiesholzer-Pittl M, Schoberl J, Mittermayer H. Non-touch fittings in hospitals: a possible source of *Pseudomonas aeruginosa* and *Legionella* spp. *J Hosp Infect* 2001;49(2): 117–21.
  85. Hostacka A, Ciznar I. [Biofilm formation and response to oxidative stress in *Pseudomonas aeruginosa* and *Vibrio cholerae* non-O1 depending on culture media]. *Epidemiol Mikrobiol Immunol* 2007;56(4):186–90.
  86. Kohnen W, Teske-Keiser S, Meyer HG, Loos AH, Pietsch M, Jansen B. Microbiological quality of carbonated drinking water produced with in-home carbonation systems. *Int J Hyg Environ Health* 2005;208(5):415–23.
  87. Liu Y, Zhang W, Sileika T, Warta R, Cianciotto NP, Packman A. Role of bacterial adhesion in the microbial ecology of biofilms in cooling tower systems. *Biofouling* 2009;25(3):241–53.
  88. September SM, Els FA, Venter SN, Brozel VS. Prevalence of bacterial pathogens in biofilms of drinking water distribution systems. *J Water Health* 2007;5(2):219–27.
  89. Simmons PA, Tomlinson A, Seal DV. The role of *Pseudomonas aeruginosa* biofilm in the attachment of *Acanthamoeba* to four types of hydrogel contact lens materials. *Optom Vis Sci* 1998;75(12):860–6.
  90. Stewart PS. Diffusion in biofilms. *J Bacteriol* 2003;185(5):1485–91.
  91. Suman E, Singh S, Kotian S. *Pseudomonas aeruginosa* biofilms in hospital water systems and the effect of sub-inhibitory concentration of chlorine. *J Hosp Infect* 2008;70(2):199–201.
  92. Tachikawa M, Tezuka M, Morita M, Isogai K, Okada S. Evaluation of some halogen biocides using a microbial biofilm system. *Water Res* 2005;39(17):4126–32.
  93. Wingender J, Flemming HC. Biofilms in drinking water and their role as reservoir for pathogens. *Int J Hyg Environ Health*;214(6): 417–23.
  94. Wingender J, Flemming HC. Contamination potential of drinking water distribution network biofilms. *Water Sci Technol* 2004;49(11–12): 277–86.

95. Strathmann M, Mittenzwey KH, Sinn G, Papadakis W, Flemming HC. Simultaneous monitoring of biofilm growth, microbial activity, and inorganic deposits on surfaces with an in situ, online, real-time, non-destructive, optical sensor. *Biofouling*;29(5):573–83.
96. Hübner NO, Matthes R, Koban I, Rändler C, Müller G, Bender C, Kindel E, Kocher T, Kramer A. Efficacy of chlorhexidine, polihexanide and tissue-tolerable plasma against *Pseudomonas aeruginosa* biofilms grown on polystyrene and silicone materials. *Skin Pharmacol Physiol* 2010;23(suppl 1):28–34.
97. Exner M, Tuschewitzki GJ, Scharnagel J. Influence of biofilms by chemical disinfectants and mechanical cleaning. *Zentralbl Bakteriol Mikrobiol Hyg [B]* 1987;183(5–6):549–63.
98. Evans TJ. Small colony variants of *Pseudomonas aeruginosa* in chronic bacterial infection of the lung in cystic fibrosis. *Future Microbiol* 2015;10(2):231–9.
99. Haussler S. Biofilm formation by the small colony variant phenotype of *Pseudomonas aeruginosa*. *Environ Microbiol* 2004;6(6):546–51.
100. Dwidjosiswojo Z, Richard J, Moritz MM, Dopp E, Flemming HC, Wingender J. Influence of copper ions on the viability and cytotoxicity of *Pseudomonas aeruginosa* under conditions relevant to drinking water environments. *Int J Hyg Environ Health*; 214(6):485–92.
101. Flemming HC. The perfect slime. *Colloids Surf B Biointerfaces* 2011;86(2):251–9.
102. Wingender J, Flemming HC. Biofilms in drinking water and their role as reservoir for pathogens. *Int J Hyg Environ Health* 2011; 214(6):417–23.
103. BMG. Leitlinien zum Vollzug der §§ 9 und 10 der Trinkwasserverordnung (TrinkwV 2001). 2013.
104. Hamsch B, Hügler M, Korth A, Petzhold H. *Pseudomonas aeruginosa* in Trinkwassersystemen – Wachstumsansprüche und nachhaltige Gegenmaßnahmen. Bonn, 2014.
105. van der Wielen PW, van der Kooij D. Nontuberculous mycobacteria, fungi, and opportunistic pathogens in unchlorinated drinking water in The Netherlands. *Appl Environ Microbiol* 2013;79(3):825–34.
106. Schwenk R. *Pseudomonas aeruginosa* in einem Trinkwassernetz – Erfahrungsbericht zu den eingeleiteten Maßnahmen des Gesundheitsamtes. *Epi. Bull.* 2002(40): 337–338.
107. Hamsch B. Studie zur hygienischen Sicherheit bei Wasserbehandlungsgeräten Energie Wasser Praxis 2002(6/7):36–37.
108. Leprat R, Denizot V, Bertrand X, Talon D. Non-touch fittings in hospitals: a possible source of *Pseudomonas aeruginosa* and *Legionella* spp. *J Hosp Infect* 2003;53(1):77.
109. Chaberny IF, Gastmeier P. Should electronic faucets be recommended in hospitals? *Infect Control Hosp Epidemiol* 2004;25(11): 997–1000.
110. Doring G, Ulrich M, Müller W, Bitzer J, Schmidt-Koenig L, Munst L, et al. Generation of *Pseudomonas aeruginosa* aerosols during handwashing from contaminated sink drains, transmission to hands of hospital personnel, and its prevention by use of a new heating device. *Zentralbl Hyg Umweltmed* 1991;191 (5–6):494–505.
111. Engelhart S, Saborowski F, Krakau M, Scherholz-Schlosser G, Heyer I, Exner M. Severe *Serratia liquefaciens* sepsis following vitamin C infusion treatment by a naturopathic practitioner. *J Clin Microbiol* 2003;41(8):3986–8.
112. Hota S, Hirji Z, Stockton K, Lemieux C, Didier H, Wolfaardt G, et al. Outbreak of multidrug-resistant *Pseudomonas aeruginosa* colonization and infection secondary to imperfect intensive care unit room design. *Infect Control Hosp Epidemiol* 2009;30(1): 25–33.
113. La Forgia C, Franke J, Hacek DM, Thomson RB, Jr., Robicsek A, Peterson LR. Management of a multidrug-resistant *Acinetobacter baumannii* outbreak in an intensive care unit using novel environmental disinfection: a 38-month report. *Am J Infect Control* 2009; 38(4):259–63.
114. Breathnach AS, Cubbon MD, Karunaharan RN, Pope CF, Planche TD. Multidrug-resistant *Pseudomonas aeruginosa* outbreaks in two hospitals: association with contaminated hospital waste-water systems. *J Hosp Infect* 2012;82(1):19–24.
115. Berthelot P, Grattard F, Mahul P, Pain P, Jospe R, Venet C, et al. Prospective study of nosocomial colonization and infection due to *Pseudomonas aeruginosa* in mechanically ventilated patients. *Intensive Care Med* 2001; 27(3):503–12.
116. Schneider H, Geginat G, Hogardt M, Kramer A, Durken M, Schroten H, et al. *Pseudomonas aeruginosa* outbreak in a pediatric oncology care unit caused by an errant water jet into contaminated siphons. *Pediatr Infect Dis J* 2012;31(6):648–50.
117. Chaidez C, Gerba C. Comparison of the microbiologic quality of point-of-use (POU)-treated water and tap water. *Int J Environ Health Res* 2004;14(4):253–60.
118. La Forgia C, Franke J, Hacek DM, Thomson RB, Jr., Robicsek A, Peterson LR. Management of a multidrug-resistant *Acinetobacter baumannii* outbreak in an intensive care unit using novel environmental disinfection: a 38-month report. *Am J Infect Control* 2010; 38(4):259–63.
119. Lowe C, Willey B, O'Shaughnessy A, Lee W, Lum M, Pike K, et al. Outbreak of Extended-Spectrum beta-Lactamase-producing *Klebsiella oxytoca* Infections Associated with Contaminated Handwashing Sinks (1). *Emerg Infect Dis* 2012;18(8):1242–1247.
120. Maragakis LL, Winkler A, Tucker MG, Cosgrove SE, Ross T, Lawson E, et al. Outbreak of multidrug-resistant *Serratia marcescens* infection in a neonatal intensive care unit. *Infect Control Hosp Epidemiol* 2008;29(5): 418–23.
121. Moore JE, Thompson I, Crowe M, Xu J, Shaw A, Millar BC, et al. *Burkholderia cepacia* from a sink drain. *J Hosp Infect* 2002;50(3):235–7.
122. Verweij PE, Meis JF, Christmann V, Van der Bor M, Melchers WJ, Hilderink BG, et al. Nosocomial outbreak of colonization and infection with *Stenotrophomonas maltophilia* in preterm infants associated with contaminated tap water. *Epidemiol Infect* 1998; 120(3):251–6.
123. Breathnach AS, Cubbon MD, Karunaharan RN, Pope CF, Planche TD. Multidrug-resistant *Pseudomonas aeruginosa* outbreaks in two hospitals: association with contaminated hospital waste-water systems. *J Hosp Infect*;82(1):19–24.
124. Witney AA, Gould KA, Pope CF, Bolt F, Stoker NG, Cubbon MD, et al. Genome sequencing and characterization of an extensively drug-resistant sequence type 111 serotype O12 hospital outbreak strain of *Pseudomonas aeruginosa*. *Clin Microbiol Infect*;20(10): O609–18.
125. Longtin Y, Troillet N, Touveneau S, Boillat N, Rimensberger P, Dharan S, et al. *Pseudomonas aeruginosa* outbreak in a pediatric intensive care unit linked to a humanitarian organization residential center. *Pediatr Infect Dis J* 2009;29(3):233–7.
126. Engelhart S, Wolf, D., Abels, S., Exner, M. Toiletten als Reservoir für 4-fach resistente *P. aeruginosa*. *Hyg & med* 2014;39, Suppl.: 13.
127. Vickery K, Ngo QD, Zou J, Cossart YE. The effect of multiple cycles of contamination, detergent washing, and disinfection on the development of biofilm in endoscope tubing. *Am J Infect Control* 2009;37(6):470–5.
128. Srinivasan A, Wolfenden LL, Song X, Mackie K, Hartsell TL, Jones HD, et al. An outbreak of *Pseudomonas aeruginosa* infections associated with flexible bronchoscopes. *N Engl J Med* 2003;348(3):221–7.
129. Schelenz S, French G. An outbreak of multidrug-resistant *Pseudomonas aeruginosa* infection associated with contamination of bronchoscopes and an endoscope washer-disinfector. *J Hosp Infect* 2000;46(1):23–30.
130. Kirschke DL, Jones TF, Craig AS, Chu PS, Mayernick GG, Patel JA, et al. *Pseudomonas aeruginosa* and *Serratia marcescens* contamination associated with a manufacturing defect in bronchoscopes. *N Engl J Med* 2003;348(3):214–20.
131. Exner M, Leiss O, Tuschewitzki GJ. [Hygienic measures in endoscopy]. *Z Gastroenterol* 1990;28(11):635–43.
132. DiazGranados CA, Jones MY, Kongphet-Tran T, White N, Shapiro M, Wang YF, et al. Outbreak of *Pseudomonas aeruginosa* infection associated with contamination of a flexible bronchoscope. *Infect Control Hosp Epidemiol* 2009;30(6):550–5.
133. Classen DC, Jacobson JA, Burke JP, Jacobson JT, Evans RS. Serious *Pseudomonas* infections associated with endoscopic retrograde cholangiopancreatography. *Am J Med* 1988;84(3 Pt 2):590–6.
134. Bou R, Aguilar A, Perpignan J, Ramos P, Peris M, Lorente L, et al. Nosocomial outbreak of *Pseudomonas aeruginosa* infections related to a flexible bronchoscope. *J Hosp Infect* 2006;64(2):129–35.
135. Blanc DS, Parret T, Janin B, Raselli P, Francioli P. Nosocomial infections and pseudoinfections from contaminated bronchoscopes: two-year follow up using molecular markers. *Infect Control Hosp Epidemiol* 1997;18(2): 134–6.
136. Ansink-Schipper MC, van der Horst Bruijn JG, Zanen HC. [The hidden source; hospital infection caused by endoscopes contaminated with *Pseudomonas aeruginosa* used in gastroenterology]. *Ned Tijdschr Geneesk* 1981;125(24):956–9.
137. Wang SA, Levine RB, Carson LA, Arduino MJ, Killar T, Grillo FG, et al. An outbreak of gram-negative bacteremia in hemodialysis patients traced to hemodialysis machine



- waste drain ports. *Infect Control Hosp Epidemiol* 1999;20(11):746–51.
138. Vanholder R, Vanhaecke E, Ringoir S. *Pseudomonas* septicemia due to deficient disinfectant mixing during reuse. *Int J Artif Organs* 1992;15(1):19–24.
  139. Szita G, Gyenes M, Soos L, Retfalvi T, Bekesi L, Csiko G, et al. Detection of *Pseudomonas aeruginosa* in water samples using a novel synthetic medium and impedimetric technology. *Lett Appl Microbiol* 2007;45(1):42–6.
  140. Suman E, Varghese B, Joseph N, Nisha K, Kotian MS. The bacterial biofilms in dialysis water systems and the effect of the sub inhibitory concentrations of chlorine on them. *J Clin Diagn Res*;7(5):849–52.
  141. Pop-Vicas A, Strom J, Stanley K, D'Agata EM. Multidrug-resistant gram-negative bacteria among patients who require chronic hemodialysis. *Clin J Am Soc Nephrol* 2008;3(3):752–8.
  142. Oie S, Kamiya A, Yoneda I, Uchiyama K, Tsuchida M, Takai K, et al. Microbial contamination of dialysate and its prevention in haemodialysis units. *J Hosp Infect* 2003;54(2):115–9.
  143. Kolmos HJ, Hemmeloff Andersen KE. Peritonitis with *Pseudomonas aeruginosa* in hospital patients treated with peritoneal dialysis. *Scand J Infect Dis* 1979;11(3):207–10.
  144. Ducki S, Francini N, Blech MF. [Water used for hemodialysis equipment: where is *Pseudomonas aeruginosa*?]. *Nephrol Ther* 2005;1(2):126–30.
  145. De Filippis P, Spinaci A, Spitaleri G, Damiani F, Pana A. [Testing for *Pseudomonas aeruginosa*: an additional parameter for assessing microbiological quality of dialysis water]. *Ig Sanita Pubbl* 2005;61(5):467–74.
  146. Arvanitidou M, Vayona A, Spanakis N, Tsakris A. Occurrence and antimicrobial resistance of Gram-negative bacteria isolated in haemodialysis water and dialysate of renal units: results of a Greek multicentre study. *J Appl Microbiol* 2003;95(1):180–5.
  147. Hübner NO HS, Meyer G, Kramer A. . Impact of the „Guidelines for infection prevention in dentistry“ (2006) by the Commission of Hospital Hygiene and Infection Prevention at the Robert Koch-Institute (KRINKO) on hygiene management in dental practices – analysis of a survey from 2009 GMS Krankenhaushyg Interdisziplinär 2012;7:Doc14 (20120404)
  148. Kramer A AO, Bachfeld D, Meyer G. . Purge- and intensive-purge decontamination of dental units contaminated with biofilm GMS Krankenhaushyg Interdisziplinär 2012;7:Doc11 (20120404).
  149. Kramer A KT, Taube LD, Menzel M, Meyer G, Assadian O. 2012; 7(1):. Evaluation of the PotoClean® decontamination technology for reprocessing of water supply lines in dental units during routine work GMS Krankenhaushyg Interdisziplinär 2012;7:Doc10 (20120404)
  150. Kramer A LS, Demond K, Assadian O. Comparison of the ActiDes-Blue and CARELA HYDRO-DES technology for the sanitation of contaminated cooling water systems in dental units. GMS Krankenhaushyg Interdisziplinär 2012;7:Doc09 (20120404).
  151. Bristela M SA, Schmid-Schwab M, Piehslinger E, Indra A, Wewalka G, Stauffer F. Testing for aerobic heterotrophic bacteria allows no prediction of contamination with potentially pathogenic bacteria in the output water of dental chair units. GMS Krankenhaushyg Interdisziplinär 2012;7:Doc12 (20120404)
  152. Williams JF, Molinari JA, Andrews N. Microbial contamination of dental unit waterlines: origins and characteristics. *Compend Contin Educ Dent* 1996;17(6):538–40, 542 passim; quiz 558.
  153. Ricci ml, Fontana S, Pinci F, Fiumana E, Pedna MF, Farolfi P, et al. Pneumonia associated with a dental unit waterline. *Lancet* 2012;379(9816):684.
  154. Pankhurst CL, Johnson NW, Woods RG. Microbial contamination of dental unit waterlines: the scientific argument. *Int Dent J* 1998;48(4):359–68.
  155. Pankhurst CL, Coulter WA. Do contaminated dental unit waterlines pose a risk of infection? *J Dent* 2007;35(9):712–20.
  156. Napoli C, Tato D, Iatta R, Montagna MT. [Assessment of occupational risk of *Legionella* spp. infection among dental health-care personnel]. *Ig Sanita Pubbl* 2007;63(6):683–9.
  157. Ricci ml, Fontana S, Pinci F, Fiumana E, Pedna MF, Farolfi P, et al. Pneumonia associated with a dental unit waterline. *Lancet*;379(9816):684.
  158. Exner M HF, Kocikowski R Zahnärztliche Einheiten als Kontaminationsquelle für *Pseudomonas aeruginosa*. . *Dtsch Zahnärztl Z*. 1981;36(12):819–24.
  159. KRINKO. Infektionsprävention in der Zahnheilkunde – Anforderungen an die Hygiene. Bundesgesundheitsblatt Gesundheitsforschung Gesundheitsschutz 2006;49:375–394.
  160. Fischer S MG, Kramer A. 2012. Economic comparison of conventional maintenance and electrochemical oxidation to warrant water safety in dental unit water lines GMS Krankenhaushyg Interdisziplinär 2012;7:Doc08 (20120404)
  161. Simmons NA, Gardner DA. Bacterial contamination of a phenolic disinfectant. *Br Med J* 1969;2(5658):668–9.
  162. Schoenen D, Brettnacher I. [*Pseudomonas aeruginosa* contamination of disinfectant solutions from central disinfectant dispensing devices in swimming pools]. *Zentralbl Bakteriell Mikrobiol Hyg B* 1988;185(4–5):520–5.
  163. Parrott PL, Terry PM, Whitworth EN, Frawley LW, Coble RS, Wachsmuth IK, et al. *Pseudomonas aeruginosa* peritonitis associated with contaminated poloxamer-iodine solution. *Lancet* 1982;2(8300):683–5.
  164. Oie S, Arakawa J, Furukawa H, Matsumoto S, Matsuda N, Wakamatsu H. Microbial contamination of a disinfectant-soaked unwoven cleaning cloth. *J Hosp Infect* 2012;82(1):61–3.
  165. Krzywicka H, Janowska J, Tadeusiak B, Zarzycka E. [Sensitivity of *Pseudomonas* sp. strain isolated from distilled water to disinfectants]. *Rocz Panstw Zakl Hig* 1998;49(3):299–312.
  166. Gandhi PA, Sawant AD, Wilson LA, Ahearn DG. Adaptation and growth of *Serratia marcescens* in contact lens disinfectant solutions containing chlorhexidine gluconate. *Appl Environ Microbiol* 1993;59(1):183–8.
  167. Engelhart S, Krizek L, Glasmacher A, Fischnaller E, Marklein G, Exner M. *Pseudomonas aeruginosa* outbreak in a haematology-oncology unit associated with contaminated surface cleaning equipment. *J Hosp Infect* 2002;52(2):93–8.
  168. Anyiwo CE, Coker AO, Daniel SO. *Pseudomonas aeruginosa* in postoperative wounds from chlorhexidine solutions. *J Hosp Infect* 1982;3(2):189–91.
  169. Grün L, Pitz, N., Heyn, U. Untersuchungen von Flächendesinfektionsmitteln aus Krankenhäusern und erworbene Resistenz gegen Desinfektionsmittel. I. Mitteilung *Hyg & Med* 1979;4:271–279.
  170. Dott W, Exner M, Krizek L. [Identification of bacteria from use-surface disinfectant solutions and their sensibility against disinfectants (author's transl)]. *Zentralbl Bakteriell Mikrobiol Hyg B* 1981;174(4):314–24.
  171. Krizek L, Exner, M., Dott, W. Mikroorganismen in Desinfektionsmittelgebrauchslösungen-Vorkommen und Abhilfemaßnahmen. das Krankenhaus 1981;11:436–439.
  172. Exner M, Tuschewitzki GJ, Thofern E. [Microbial colonization of the walls of a copper pipeline in a central disinfection dosage unit]. *Zentralbl Bakteriell Mikrobiol Hyg B* 1983;177(1–2):170–81.
  173. Ricci N, Simeone R, Manuppella AM, Laurelli T, Ottaviano R, Tarra L. [Neonatal *Pseudomonas aeruginosa* infection due to contaminated disinfectants in the delivery room]. *Minerva Pediatr* 1983;35(19):929–34.
  174. Exner M, Tuschewitzki GJ, Scharnagel J. Influence of biofilms by chemical disinfectants and mechanical cleaning. *Zentralbl Bakteriell Mikrobiol Hyg B* 1987;183(5–6):549–63.
  175. Keah KC, Jegathesan M, Tan SC, Chan SH, Chee OM, Cheong YM, et al. Bacterial contamination of hospital disinfectants. *Med J Malaysia* 1995;50(4):291–7.
  176. Washburn J, Jacobson JA, Marston E, Thorsten B. *Pseudomonas aeruginosa* rash associated with a whirlpool. *JAMA* 1976;235(20):2205–7.
  177. Wang MC, Liu CY, Shiao AS, Wang T. Ear problems in swimmers. *J Chin Med Assoc* 2005;68(8):347–52.
  178. Thomas P, Moore M, Bell E, Friedman S, Decker J, Shayegani M, et al. *Pseudomonas* dermatitis associated with a swimming pool. *JAMA* 1985;253(8):1156–9.
  179. Stafford SR, Nixon M, Brieseman MA. An outbreak of skin disease from the use of a spa pool. *N Z Med J* 1982;95(704):179–80.
  180. Seyfried PL, Fraser DJ. *Pseudomonas aeruginosa* in swimming pools related to the incidence of otitis externa infection. *Health Lab Sci* 1978;15(1):50–7.
  181. Schlech WF, 3rd, Simonsen N, Sumarah R, Martin RS. Nosocomial outbreak of *Pseudomonas aeruginosa* folliculitis associated with a physiotherapy pool. *CMAJ* 1986;134(8):909–13.
  182. Lutz JK, Lee J. Prevalence and antimicrobial-resistance of *Pseudomonas aeruginosa* in swimming pools and hot tubs. *Int J Environ Res Public Health* 2011;8(2):554–64.
  183. Leoni E, Legnani P, Guberti E, Masotti A. Risk of infection associated with microbiological quality of public swimming pools in Bologna, Italy. *Public Health* 1999;113(5):227–32.
  184. Hopkins RS, Abbott DO, Wallace LE. Follicular dermatitis outbreak caused by *Pseudomonas aeruginosa* associated with a motel's

- indoor swimming pool. Public Health Rep 1981;96(3):246–9.
185. Gustafson TL, Band JD, Hutcheson RH, Jr., Schaffner W. *Pseudomonas folliculitis*: an outbreak and review. Rev Infect Dis 1983; 5(1):1–8.
186. Fox AB, Hambrick GW, Jr. Recreationally associated *Pseudomonas aeruginosa* folliculitis. Report of an epidemic. Arch Dermatol 1984;120(10):1304–7.
187. El Baze P, Thyss A, Caldani C, Juhlin L, Schneider M, Ortonne JP. *Pseudomonas aeruginosa* O-11 folliculitis. Development into ecthyma gangrenosum in immunosuppressed patients. Arch Dermatol 1985; 121(7):873–6.
188. Eckmanns T, Oppert M, Martin M, Amorosa R, Zuschneid I, Frei U, et al. An outbreak of hospital-acquired *Pseudomonas aeruginosa* infection caused by contaminated bottled water in intensive care units. Clin Microbiol Infect 2008;14(5):454–8.
189. Brooke JS. *Stenotrophomonas maltophilia*: an emerging global opportunistic pathogen. Clin Microbiol Rev;25(1):2–41.
190. Dyck A, Exner M, Kramer A. Experimental based experiences with the introduction of a water safety plan for a multi-located university clinic and its efficacy according to WHO recommendations. BMC Public Health 2007;7(147):34.
191. UBA. Empfehlung des Umweltbundesamtes nach Anhörung der Trinkwasserkommission des Bundesministeriums für Gesundheit  
Hygienisch-mikrobiologische Untersuchung im Kaltwasser von Wasserversorgungsanlagen nach § 3 Nr. 2 Buchstabe c TrinkwV 2001, aus denen Wasser für die Öffentlichkeit im Sinne des § 18 Abs. 1 TrinkwV 2001 bereit gestellt wird. Bundesgesundheitsblatt Gesundheitsforschung Gesundheitsschutz 2006;49:693–696.
192. N.N. Beprobung von Wasser für den menschlichen Gebrauch zur mikrobiologischen Untersuchung in medizinischen Einrichtungen, Altenheimen und Pflegeeinrichtungen  
Empfehlung des Ministeriums für Soziales, Gesundheit, Familie und Gleichstellung in Abstimmung mit der Trinkwasser-Hygiene-Kommission des Landes Schleswig-Holstein und dem Medizinaluntersuchungsamt. 2013.
193. BMG. Leitfaden für die Berichterstattung gemäß der Trinkwasserrichtlinie 98/83/EG. [http://www.umweltbundesamt.de/wasser/themen/downloads/trinkwasser/leitfaden\\_berichterstattung\\_tw-rl.pdf](http://www.umweltbundesamt.de/wasser/themen/downloads/trinkwasser/leitfaden_berichterstattung_tw-rl.pdf) 2007.
194. Weber U. Trinkwasser-Pathogene in öffentlichen Einrichtungen – Untersuchungen zur Wasserdesinfektion und zur Begründung eines Water Safety Plans. Diss Med Fak Univ Greifswald 2005.
195. Exner M, Nissing W, Grummt HJ. [Hygienic problems in drinking water installations – prevention and sanitation: 2. Expert presentation]. Bundesgesundheitsblatt Gesundheitsforschung Gesundheitsschutz 2008; 51(11):1340–6.
196. UBA. Empfehlung der Trinkwasserkommission zur Risikoeinschätzung, zum Vorkommen und zu Maßnahmen beim Nachweis von *Pseudomonas aeruginosa* in Trinkwassersystemen  
Empfehlung des Umweltbundesamtes nach Anhörung der Trinkwasserkommission des Umweltbundesamtes. Bundesgesundheitsblatt Gesundheitsforschung Gesundheitsschutz 2002;45:187–188.
197. Cervia JS, Farber B, Armellino D, Klocke J, Bayer RL, McAlister M, et al. Point-of-use water filtration reduces health-care-associated infections in bone marrow transplant recipients. Transpl Infect Dis 2009;12(3): 238–41.
198. Daeschlein G, Kruger WH, Selepko C, Rochow M, Dolken G, Kramer A. Hygienic safety of reusable tap water filters (Germlyser) with an operating time of 4 or 8 weeks in a haematological oncology transplantation unit. BMC Infect Dis 2007;7:45.
199. Tobin RS, Smith DK, Lindsay JA. Effects of activated carbon and bacteriostatic filters on microbiological quality of drinking water. Appl Environ Microbiol 1981;41(3):646–51.
200. KRINKO. Ausbruchsmanagement und strukturiertes Vorgehen bei gehäuftem Auftreten nosokomialer Infektionen. Empfehlungen der Kommission für Krankenhaushygiene und Infektionsprävention beim Robert Koch-Institut. Bundesgesundheitsblatt Gesundheitsforschung Gesundheitsschutz 2002;45: 180–186.



## Antrag auf Mitgliedschaft

**Deutsche Gesellschaft  
für Krankenhaushygiene e.V.  
Geschäftsstelle  
Joachimsthaler Straße 10  
10719 Berlin**



Die Mitgliedschaft ist für alle auf dem Gebiet der Krankenhaus- bzw. Praxishygiene Tätigen bzw. Interessierten möglich. Der Mitgliedsbeitrag ist jährlich zu zahlen (bitte zutreffendes ankreuzen). Der Mitgliedsbeitrag schließt die kostenlose Lieferung des offiziellen Mitteilungsorgans der DGKH, der Zeitschrift „Hygiene und Medizin“, ein. Der Mitgliedsbeitrag wird als Jahresbeitrag jeweils im Januar fällig. Die Mitgliedschaft beginnt, nachdem Sie die Bestätigung zur Mitgliedschaft erhalten haben und Sie den Mitglieds-Beitrag eingezahlt haben.

### Mitglied als Privatperson

*Angabe der Privatadresse zwingend erforderlich, Dienstanschrift optional*

- 100 € Mitglieder mittlerer medizinischer Berufe (z.B. Hygienefachkräfte), Rentner, Studierende
- 130 € Mitglieder mit abgeschlossener Hochschulausbildung
- 180 € Mitglieder in leitender Position

### Mitglied als Institution

*Angabe der Dienstanschrift zwingend erforderlich, Privatadresse nicht erforderlich*

- 180 € Firmen, Verbände, Vereine, Krankenhäuser
- 760 € Fördermitglieder

\_\_\_\_\_  
*Akad. Titel*                      *Geburtsdatum*

\_\_\_\_\_  
*Einrichtung*

\_\_\_\_\_  
*Vorname*                      *Nachname*

\_\_\_\_\_  
*Ansprechpartner (Vor-, Nachname)*

### Privatadresse

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
*Anschrift*

\_\_\_\_\_  
*Straße, Nr.*

\_\_\_\_\_  
*PLZ*                      *Ort*

\_\_\_\_\_  
*Telefon*                      *Fax*

\_\_\_\_\_  
*E-Mail*

### Dienstanschrift

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
*Anschrift*

\_\_\_\_\_  
*Straße, Nr.*

\_\_\_\_\_  
*PLZ*                      *Ort*

\_\_\_\_\_  
*Telefon*                      *Fax*

\_\_\_\_\_  
*E-Mail*

Bitte senden Sie die Post an meine  
Bitte senden Sie die „Hygiene und Medizin“ an meine

- Privatadresse                       Dienstadresse
- Privatadresse                       Dienstadresse

\_\_\_\_\_  
*Ort*                      *Datum*                      *Unterschrift/Stempel*





**Ermächtigung zum Einzug von Forderungen  
durch SEPA-Lastschriftverfahren**

**Deutsche Gesellschaft  
für Krankenhaushygiene e.V.  
Geschäftsstelle  
Joachimsthaler Straße 10  
10719 Berlin**

SEPA-Lastschriftverfahren

**Gläubigeridentifikationsnummer DE76ZZZ00000952790  
Mandatsreferenz WIRD SEPARAT MITGETEILT**

**SEPA-Lastschriftverfahren**

Ich/wir ermächtige/n die Deutsche Gesellschaft für Krankenhaushygiene e.V., Zahlungen von meinem/unserem Konto mittels Lastschrift einzuziehen. Zugleich weise/n ich/wir mein/unser Kreditinstitut an, die von der Deutschen Gesellschaft für Krankenhaushygiene e.V. auf mein/unser Konto gezogenen Lastschriften einzulösen.

Hinweis: Ich kann innerhalb von acht Wochen, beginnend mit dem Belastungsdatum, die Erstattung des belasteten Betrages verlangen. Es gelten dabei die mit meinem Kreditinstitut vereinbarten Bedingungen.

*Vorname und Name (Kontoinhaber)*

*Straße, Nr.*

*PLZ und Ort*

*Kreditinstitut (Name der Bank)*

*IBAN*

*BIC*

*Ort, Datum*

*Unterschrift*