



Deutsche Gesellschaft für Krankenhaushygiene

Mitteilungen des Vorstands

Verantwortlich:

Prof. Dr. med. Martin Exner (Präsident)

Prof. Dr. med. Walter Popp (Vizepräsident)

Deutsche Gesellschaft für Krankenhaushygiene / German Society of Hospital Hygiene

Bleibtreustr. 12 a

10623 Berlin, Germany

Tel: +49 30 8855 1615

Fax: +49 30 8851 029

E-Mail: info@krankenhaushygiene.de

Internet: www.krankenhaushygiene.de

Erstellt von Prof. Dr. Martin Exner unter Berücksichtigung der Kommentare und Ergänzungen von Dr. Bärbel Christiansen (Kiel), Prof. Dr. Hans-Curt Flemming (Essen/Duisburg), Dr. Jürgen Gebel, (Bonn), Prof. Dr. Thomas Kistemann, (Bonn), Prof. Dr. Axel Kramer, (Greifswald) Prof. Dr. Heike Martiny (Berlin), Prof. Dr. Werner Mathys (Münster), Werner Nissing (Dinslaken), Dr. Stefan Pleischl (Bonn), Priv. Doz. Dr. Arne Simon (Bonn), Prof. Dr. Matthias Trautmann (Stuttgart), Dr. Klaus-Dieter Zastrow, (Berlin), Priv. Doz. Dr. Steffen Engelhart (Bonn)

Im Auftrag der Deutschen Gesellschaft für Krankenhaushygiene (DGKH)

Martin Exner, Bärbel Christiansen, Hans-Curt Flemming, Jürgen Gebel, Thomas Kistemann, Axel Kramer, Heike Martiny, Werner Mathys, Werner Nissing, Stefan Pleischl, Arne Simon, Matthias Trautmann, Klaus-Dieter Zastrow, Steffen Engelhart

Pseudomonas aeruginosa – Plädoyer für die Einführung eines technischen Maßnahme- wertes in die Novelle der Trinkwasserverordnung

Antrag der Deutschen Gesellschaft für Krankenhaushygiene (DGKH)

1. Anlass

Mit Schreiben vom 24. Juli 2009 wird seitens des Bundesministeriums für Gesundheit mitgeteilt, dass im Rahmen der Änderung der „Verordnung über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch“ auf die Einführung eines technischen Maßnahmewertes für die Untersuchung auf *Pseudomonas (P.) aeruginosa* verzichtet wird.

Der technische Maßnahmewert war in der ersten Novellierungsfassung der Verordnung vorgeschlagen worden. Dieser Vorschlag folgte einer Empfehlung des Umweltbundesamtes aus dem Jahre 2006 für Krankenhäuser sowie andere medizinische Einrichtungen und Pflegeeinrichtungen, die auf einer Anhörung der Trinkwasserkommission beruhte (Hygienisch-mikrobiologische Untersuchung im Kaltwasser von Wasserversorgungsanlagen nach § 3 Nr. 2 Buchstabe C der Trinkwasserversordnungsverordnung 2001).

Im ersten Entwurf der Novellierung wurde seitens des Bundesministeriums für Gesundheit eine wissenschaftlich stringente und zielführende Begründung für die Einführung des technischen Maßnahmewertes von

< 1 KBE *Pseudomonas aeruginosa* / 100 ml

gegeben.

Für den nun angekündigten Verzicht der Untersuchung auf *P. aeruginosa* wird seitens des Bundesministeriums für Gesundheit keine, insbesondere keine hygienisch-medizinische oder risikoregulierende Begründung gegeben.

Wie bereits in der Empfehlung des Umweltbundesamtes nach Anhörung der Trinkwasserkommission erläutert, gilt *P. aeruginosa* jedoch als einer der wichtigsten durch Trinkwasser übertragenen Erreger nosokomialer Infektionen. Die Bedeutung von *P. aeruginosa* als wasserübertragener Krankheitserreger hat aufgrund neuer Erkenntnisse seit 2006 sogar noch zugenommen.

Der Verzicht auf die in der ersten Novellierungsfassung vorgesehene Risikoregulierung dieses Erregers in der neuen Trinkwasserverordnung ist unter Berücksichtigung der neuen Erkenntnisse nicht nachvollziehbar und insbesondere aus Gründen des öffentlichen Gesundheitsschutzes in medizinischen Einrichtungen nicht zu vertreten.

Es wird daher nachdrücklich empfohlen, den technischen Maßnahmewert für *P. aeruginosa* – wie in der ersten Entwurfsfassung vorgesehen – mit gleicher Diktion und Begründung in die novellierte Trinkwasserverordnung aufzunehmen.

Nachfolgend wird dieser Antrag aus
– klinisch-epidemiologischer Sicht
– hygienisch-mikrobiologischer Sicht
– risikoregulatorischer Sicht
begründet.

2. Begründung

2.1 Klinisch-epidemiologische Aspekte

P. aeruginosa ist einer der häufigsten und klinisch bedeutsamsten gramnegativen, fakultativ-pathogenen nosokomialen Krankheitserreger mit z. T. hoher intrinsischer Antibiotikaresistenz.

Im Gegensatz zu den sog. obligat-pathogenen Erregern (wie *Vibrio cholerae*, *Salmonella typhi*, *S. paratyphi* etc.) führen fakultativ pathogene Erreger nur dann zu klinisch manifesten Infektionen, wenn bestimmte **prädisponierende Faktoren** gegeben sind. Im Falle von *P. aeruginosa* sind dies z. B. das Vorliegen von Kathetersystemen, Fremdkörper, verletzte Haut und insbesondere die Antibiotikatherapie bzw. Chemotherapie oder bestimmte prädisponierende Grundkrankheiten wie z. B. die zystische Fibrose. Ohne Vorliegen derartiger prädisponierender Faktoren ist die Konfrontation eines gesunden Menschen auch mit hohen Konzentrationen ohne pathogene Bedeutung, wie Untersuchungen von Mena und Gerba zeigen [1]. Liegen derartige prädisponierende Faktoren jedoch vor, können **selbst geringe Konzentrationen** dieses Erregers zu lebensbedrohlichen Komplikationen führen, die als sporadische Infektionen oder auch als Ausbrüche festgestellt werden.

Das **Spektrum der Erkrankungen** schließt Harnwegsinfektionen, Wundinfektionen, Septikämien und neonatale Infektionen ein. Darüber hinaus zählt *P. aeruginosa* zu den wichtigsten Erregern von lebensbedrohlichen Infektionen bei Patienten mit zystischer Fibrose und diabetischen Fuß-Ulcera sowie von Harnwegsinfektionen bei katheterisierten Patienten und Bakteriämien bei Patienten mit schweren Verbrennungen. Es sind ca.

- 30 % aller Beatmungspneumonien,
- 20 % der Wundinfektionen,
- 15– 20 % der Harnwegsinfektionen und
- ca. 4 % der nosokomialen Septikämien durch diesen Erreger verursacht.

Nach Angaben von Rumbaugh hat sich in den Vereinigten Staaten der prozentuale Anteil von *P. aeruginosa*-Isolaten im Zusammenhang mit Pneumonien, chirurgischen Infektionen und Harnwegsinfektionen im Zeitraum von 1975 auf 2009 nahezu verdoppelt [2]. Anaisie et al. gehen von schätzungsweise 1400 Todesfällen pro Jahr in den USA als Folge wasserassozii-

ierter nosokomialer Pneumonien alleine durch *P. aeruginosa* aus [3].

Im Zusammenhang mit der klinischen Bedeutung wird auf umfangreiche Literatur verwiesen [2,4–14].

Außerhalb des Krankenhauses haben Pseudomonaden als Erreger von Keratokonjunktivitis bei Kontaktlinsen-Trägern sowie der Otitis externa bei Schwimmern erhebliche Bedeutung.

Die schwierige Therapierbarkeit aufgrund der hohen Antibiotikaresistenz der *P. aeruginosa*-Infektionen konnten Scheetz et al. in ihrer retrospektiven Kohortenstudie aus dem Jahr 2009 belegen: Trotz Einleitung einer adäquaten Therapie konnte die hohe Mortalität von 37 % bei durch *P. aeruginosa* ausgelösten Septikämien nicht beeinflusst werden [5]. Aufgrund der hohen Letalität und hohen Antibiotikaresistenz fordern daher auch Scheetz et al., dass die Anstrengungen zur Prävention und Infektionskontrolle deutlich verbessert werden müssen.

Rumbaugh geht davon aus, dass die Anzahl antibiotikaresistenter und panresistenter *Pseudomonas*-Isolate zukünftig noch weiter ansteigen wird, was u. a. mit der Zunahme von älteren Patienten, einer Population, die vielfach antibiotisch vortherapiert ist, erklärt wird [2].

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, an der 17 Patienten erkrankten [6]. Unter diesen Patienten betrug die Mortalitätsrate 47 %, die zusätzliche Verlängerung des Intensivstationsaufenthaltes aufgrund der Pseudomonaden-Infektionen betrug 70 Tage und die zusätzlichen Kosten mehr als 400.000 \$.

Außerhalb des Krankenhauses hat *P. aeruginosa* insbesondere bei **chronischen Wunden** erhebliche Bedeutung. Eine Studie von Gjodsbol et al. über das bakteriologische Profil chronischer venöser Ulcera zeigte, dass nach *Staphylococcus aureus* und Enterokokken *P. aeruginosa* in 52,2 % der Ulcera nachgewiesen werden konnte [15]. Darüber hinaus waren Ulcera, die mit *P. aeruginosa* infiziert waren, wesentlich größer und gingen mit einer deutlichen Verzögerung des Heilungsprozesses einher.

In dieser Arbeit wurden auch eine Reihe weiterer gramnegativer Krankheitserreger nachgewiesen, die grundsätzlich auch im Trinkwasser bzw. Leitungswasser vorkommen können, wie *Enterobacter cloacae*, *Acinetobacter*, *Stenotrophomonas maltophilia*, *Citrobacter freundii* und andere Pseudomonaden.

Diese Daten sind insofern von Bedeutung, als 1 bis 2 % der Bevölkerung in entwickelten Ländern eine nicht heilende oder chronische Wunde während ihres Lebens entwickeln werden [16].

Durch eine weitergehende Studie konnten Kirkeeterp-Moller et al. unter Einbeziehung **neuer kultureller Methoden (PNA FISH)** in der Mehrzahl der Wunden *P. aeruginosa* nachweisen, die durch klassische kulturelle Methoden nicht nachgewiesen wurden [16]. Dies steht in Übereinstimmung mit neuen Untersuchungen zum Vorkommen von *P. aeruginosa* in Hausinstallationsleitungen durch Flemming et al. (noch unveröffentlichte Mitteilung eines BMBF-Forschungsprojektes). Dies impliziert, dass offensichtlich *P. aeruginosa* wesentlich häufiger in chronischen Wunden vorkommt und damit von deutlich höherer Bedeutung für die Öffentliche Gesundheit ist, als bislang angenommen wurde.

Über das Vorkommen von Enterobacteriaceen und Pseudomonaden bei Patienten mit ambulant erworbener Pneumonie berichten von Baum et al. [17]. Patienten mit zystischer Fibrose sind auch außerhalb des Krankenhauses durch *P. aeruginosa* gefährdet

Zusammenfassend ist festzustellen, dass *P. aeruginosa* von erheblicher klinisch-epidemiologischer Bedeutung in medizinischen Einrichtungen und (als Erreger chronischer Wundinfektionen) auch in der ambulanten Versorgung ist.

2.2 Hygienisch-mikrobiologische Aspekte

Aus hygienisch-mikrobiologischer Sicht ist es Ziel, bei der Kontrolle von Krankheitserregern deren Reservoir, Vehikel und Eintrittspforten in den menschlichen Körper zu kennen und unter Kontrolle zu bringen. *P. aeruginosa* kann, wie die nachfolgenden Daten zeigen, Hausinstallationsysteme bzw. Wasser als Reservoir und nicht nur als Vehikel nutzen.

2.2.1 Nachweis von Wasser als Infektionsreservoir für *Pseudomonas aeruginosa*

Neuere Untersuchungen mit modernen Typisierungsverfahren bestätigen eindeutig, dass **Wasser als Infektionsreservoir und Vehikel für *P. aeruginosa*** anzusehen ist. In einer kürzlich von Trautmann et al. veröf-

fentlichten Publikation wird der aktuelle Kenntnisstand und die Bedeutung des Leitungswassers als Infektionsreservoir dargestellt [18,19]. In dieser Zusammenstellung konnte gezeigt werden, dass Wasser als ursächliches Reservoir von *P. aeruginosa* bedingten nosokomialen Infektionen auf Intensivstationen in bis zu 50 % nachweisbar sein kann und vor dem o. a. Hintergrund die Besiedelung von Hauswasserinstallationssystemen ein sehr relevantes, aber bisher unterschätztes Problem darstellt.

Zusätzlich konnten die Autoren zeigen, dass in verschiedenen Studien in Einrichtungen mit einer entsprechenden Kontamination des Systems nach **Einführung von endständigen Filtern**, durch die es zu einer faktischen Bakterienfreiheit des verwendeten Wassers kommt, eine deutliche Reduktion der *P. aeruginosa*-Infektionen erreicht werden konnte [18].

Eckmanns et al. beschrieben 2008 einen Ausbruch mit *P. aeruginosa* auf einer Intensivstation der Charité Berlin, wobei 19 Patienten infiziert wurden und Pneumonien bzw. Wundinfektionen entwickelten [20]. In diesem Fall konnte *P. aeruginosa* klonaler Identität in industriell abgefüllten Mineralwasserflaschen mit stillem Wasser nachgewiesen werden, wobei dieses Wasser für die Zubereitung von oral verabreichten Medikamenten und für den oralen Flüssigkeitsersatz der Patienten verwendet wurde. Drei Patienten verstarben, einer der Patienten verstarb mit refraktärem Multiorganversagen. Die *P. aeruginosa*-Pneumonie war die wahrscheinlichste Todesursache für diesen Patienten.

Aufgrund des häufigen Vorkommens von *P. aeruginosa* in chronischen Wunden



Abbildung: Infizierte chronische Wunde bei einem Patienten in ambulanter Versorgung. (Das Bild wurde freundlicherweise von Herrn C. Hampel-Kalthoff zur Verfügung gestellt.)

muss ebenfalls davon ausgegangen werden, dass Leitungswasser, welches zur Wundspülung und zum Abduschen verwendet wird, eine unterschätzte Ursache für chronische Wundinfektionen sein kann, zumal die Mechanismen, sich bei der Diagnostik dem kulturellen Nachweis zu entziehen, ähnlich sind, wie beim Nachweis im Wasser. Neben sporadischen Infektionen im Krankenhaus sind mittlerweile zahlreiche wasserbedingte Ausbrüche mit *P. aeruginosa* beschrieben worden, die in der Anlage neben anderen wasserassoziierten Erregern nosokomialer Ausbrüche bis 2007 zusammengestellt sind.

2.2.2 Vorkommen von *P. aeruginosa* im Wasser von Hausinstallationen in Krankenhäusern

P. aeruginosa lässt sich nach einer unlängst abgeschlossenen, vom BMBF geförderten Studie (Kistemann et al., im Druck, Völker et al., 2010), häufiger als bislang angenommen nachweisen. Es lagen, basierend auf den Erhebungen von 24 Gesundheitsämtern aus ganz Deutschland, mikrobiologische Daten von 90 deutschen Krankenhäusern vor; von 45 Häusern auch Daten zu *P. aeruginosa*; diese waren im Zeitraum 2003 bis 2008 in 14 **Trinkwasserinstallationen von Krankenhäusern** (31%) mindestens einmal nachweisbar. Von den insgesamt 670 aus den 45 Häusern vorliegenden Einzelergebnissen für *P. aeruginosa* waren 48 (7,2%) positiv [21].

P. aeruginosa zeichnet sich durch **ökologische Besonderheiten** aus, die sich von denen anderer Erreger wie z. B. Legionellen erheblich unterscheiden. Er hat ein breites Temperaturspektrum und lässt sich anders als Legionellen auch in Kaltwasser nachweisen.

Das Vorkommen von *P. aeruginosa* wird nicht indiziert durch *E. coli*, coliforme Bakterien oder Legionellen und auch die Korrelation zur Koloniezahl ist sehr unsicher.

Somit ist es auch nicht möglich, durch andere mikrobiologische Kriterien auf das Vorkommen von *P. aeruginosa* in Wasserleitungssystemen zu schließen.

Wichtig ist, dass die bisher veröffentlichten Kriterien zur Kontrolle von Mikroorganismen im Trinkwasser von Hausinstallationssystemen ausschließlich auf die bei Legionellen gegebenen Charakteristika ausgerichtet sind. Diese treffen jedoch nicht – wie dargestellt – auf *P. aeruginosa* zu, wie nachfolgende Untersuchungen weiter untermauern.

2.2.3 Neuere Untersuchungen zum Vorkommen von *P. aeruginosa* in Trinkwasserinstallationen von Gebäuden

Bei der Besiedelung von Hausinstallationssystemen lassen sich vier Kontaminationsquellen unterscheiden.

- a. Externe zentrale Wasserversorgung
- b. Systemische Kontamination des Trinkwasserinstallationssystems
- c. Teilzentrale Kontamination des Trinkwasserinstallationssystems
- d. Dezentrale Kontamination einzelner Duschköpfe oder Wasserentnahmearmaturen

Aufgrund von insgesamt drei mittlerweile gut dokumentierten Kasuistiken in zwei Kliniken und in einem Altenheim in Deutschland konnte als Ursache das zentrale Wasserversorgungssystem mit einer klonal-identischen Kontamination mit *P. aeruginosa* festgestellt werden. Die Daten hierzu werden derzeit noch für eine Publikation vorbereitet.

Ebenso konnten eine systemische bzw. teilzentrale Kontamination des Trinkwasserinstallationssystems in diesen Einrichtungen mit identischen Klonen von *P. aeruginosa* über einen Zeitraum von mindestens zwei Jahren festgestellt werden. Dies dürfte wesentlich häufiger in medizinischen Einrichtungen vorkommen als bislang bekannt ist. Es handelt sich mit Sicherheit nicht um Einzelfälle.

In keinem Fall konnte durch andere mikrobiologische Parameter, wie *E. coli*, Coliforme, Koloniezahl oder Legionellen Auffälligkeiten festgestellt werden.

Von besonderer Bedeutung ist, dass eine einmal festgestellte **Kontamination mit *P. aeruginosa* über lange Zeit persistieren** kann und sich auch gegenüber Sanierungsmaßnahmen einschließlich der Behandlung mit Chlor bzw. Chlordioxid oder Hitze als sehr resistent erweist. Zum Teil bleibt als Lösung des Problems nur übrig, die kontaminierten Hausinstallationsteile zu entfernen, um schließlich zu einer endgültigen Kontrolle von *P. aeruginosa* zu kommen.

Fazit ist, dass *P. aeruginosa* über lange Zeit in Hausinstallationssystemen unerkannt persistieren kann, da dieser Erreger durch die übrigen mikrobiologischen Parameter nicht sicher indiziert wird.

Ohne Identifizierung der ursächlichen Kontaminationsquelle wie insbesondere die systemische Kontamination von Hausinstallationssystemen oder die externe

Kontamination seitens des zentralen Wasserversorgers lässt sich eine Sanierung nicht erfolgreich beenden.

Zusammenfassend ist festzustellen, dass das Vorkommen von *P. aeruginosa* nicht durch die klassischen bakteriologischen Indikatoren für eine Trinkwasseruntersuchung (Koloniezahl, *E. coli*, Coliforme) indiziert wird. *P. aeruginosa* kann sowohl zentral eingeschwemmt werden oder in Teilsträngen der Trinkwasserinstallation oder in Wasserarmaturen insbesondere der Kaltwasserinstallation vorkommen. Ohne eine Identifizierung der Kontaminationsquelle gelingt keine nachhaltige Sanierung. Sanierungsmaßnahmen gestalten sich häufig wesentlich schwieriger als die Sanierung einer Legionellen-Kontamination.

2.3. Aspekte der Risikoregulierung

Die Daten belegen, dass *P. aeruginosa* wie bereits in der Mitteilung des Umweltbundesamtes nach Anhörung der Trinkwasserkommission sowie in verschiedenen anderen Stellungnahmen dargestellt, als einer der wichtigsten wasserassoziierten Krankheitserreger für medizinische Bereiche anzusehen ist. Die neuen Erkenntnisse bestätigen die zunehmende Bedeutung [1–7,8–10,12,18,20,22–36].

Darüber hinaus konnte als Beweis für die Bedeutung des Leitungswassers als Infektionsreservoir für *P. aeruginosa* gezeigt werden, dass es durch endständige Filtrationsmaßnahmen zu einer deutlichen Reduktion der durch *P. aeruginosa* ausgelösten z. T. lebensbedrohlichen Infektionen kann [18,28,37,38].

Vor dem Hintergrund der erheblichen Bedeutung von *P. aeruginosa* als relevanter nosokomialer Erreger mit hoher Antibiotikaresistenz ist es unverzichtbar, risikoregulierende Maßnahmen einzuführen.

Die vorgeschlagene Regelung in der ersten Novellierungsfassung hat dieser Forderung Rechnung getragen und stand im Übrigen auch mit den Regulierungen in Frankreich, die seit 2005 gelten, in Übereinstimmung [39].

Im Rahmen der Anhörung zur Novellierung der Trinkwasserverordnung wurde argumentiert, dass entsprechende Regelungen durch die Krankenhaushygienekommission am RKI vorgenommen werden sollen, da es sich hierbei angeblich um ein Problem hauptsächlich medizini-

scher Einrichtungen und nicht der Trinkwasserversorgung handle.

Dieser Argumentation muss entgegengehalten werden, dass

- z. T. die Ursache für eine Kontamination auch im Wasserversorgungsnetz liegt, was zwingend durch das zuständige Gesundheitsamt zu regeln ist.
- die Regelungen der Krankenhaushygienekommission lediglich als Empfehlungen anzusehen sind und keine Rechtsverbindlichkeit nach sich ziehen.

Zudem beinhaltet die Richtlinie für Krankenhaushygiene und Infektionsprävention (alte Fassung) mit den Empfehlungen „Anforderungen der Hygiene an die Wasserversorgung“ aus dem Jahr 1988 und „Hygienische Untersuchungen in Krankenhaushäusern und anderen medizinischen Einrichtungen“ aus dem Jahr 1991 bereits eindeutige Anforderungen zur regelmäßigen Untersuchungen u.a. von *P. aeruginosa*. Diese Veröffentlichungen haben dennoch nicht dazu geführt, dass derartige Untersuchungen konsequent durchgeführt werden. Bei einer Regelung durch die Trinkwasserverordnung ist von einer erheblich höheren Durchschlagkraft auszugehen.

Mit Einführung der jährlichen Kontrollen nach Novellierung der Trinkwasserverordnung gemäß der Empfehlung des Umweltbundesamtes soll eine systemische Kontamination des Hausinstallationssystems in medizinischen Einrichtungen erkannt werden, um dann Maßnahmen, ggf. unter Einbeziehung des externen Wasserversorgers, einleiten zu können. Hierbei hat das Gesundheitsamt eine koordinierende Funktion, weswegen diese Problematik nicht allein durch die medizinische Einrichtung geregelt werden kann.

Der Verzicht auf eine Risikoregulierung von *P. aeruginosa* in der neuen Trinkwasserverordnung würde erhebliche nachteilige Konsequenzen haben, die dem heutigen Kenntnisstand nicht entsprechen und für die nächsten Jahre bzw. wahrscheinlich für das nächste Jahrzehnt eine Risikoregulierung in diesem Sinne (im Gegensatz zu Frankreich) nicht erreichen lassen.

Auch vor dem Hintergrund des dringenden Bedarfs der Kontrolle von antibiotikaresistenten Mikroorganismen ist die Regelung in der Trinkwasserverordnung ein unverzichtbarer Schritt.

Es wird daher nachdrücklich empfohlen, die in der ersten Novellierungsfassung vorhandene Regelung beizubehalten.

Sollte dieser Forderung nicht entsprochen werden, wird darum gebeten, dass der Verzicht auf Einführung eines technischen Maßnahmewertes medizinisch-wissenschaftlich begründet wird. Der bloße Hinweis, dass bei der Anhörung eine Mehrheit für diese Empfehlung nicht feststellbar war, ist als Begründung für einen Verzicht unseres Erachtens nicht ausreichend.

Vor dem Hintergrund der fakultativ pathogenen Bedeutung dieses Erregers ist es folgerichtig, wenn, wie in der Empfehlung des Umweltbundesamtes nach Anhörung der Trinkwasserkommission sich die Risikoregulierung nur auf die öffentlichen Bereiche bezieht, wo der Patient bestimmungsgemäß behandelt wird. Dies ist in Krankenhäusern, anderen medizinischen Einrichtungen, in denen ambulante Eingriffe vorgenommen werden sowie Alten- und Pflegeheimen gegeben. Alten- und Pflegeheime weisen ähnlich hohe Raten an nosokomialen Infektionen wie in Krankenhäusern auf, und bei einer Vielzahl der Bewohner liegen prädisponierende Faktoren (u. a. Kathetersysteme, Antibiotikatherapie) vor [40,41]. Darüber hinaus muss unbedingt sichergestellt werden, dass bei Vorkommen von *P. aeruginosa* in der zentralen Wasserversorgung auch diejenigen Personen entsprechend § 9 der alten Trinkwasserverordnung informiert werden, für die das Vorkommen von *P. aeruginosa* eine besondere Gefährdung darstellt. Dies sind z. B. Patienten mit zystischer Fibrose oder unter ambulanter chemotherapeutischer Behandlung.

Die konsequente Durchführung von Untersuchungsprogrammen und die Einhaltung von Sicherheitsmaßnahmen entsprechend dem Water Safety Program der WHO hat in Krankenhäusern zu einer deutlichen Verringerung der Rate nosokomialer Infektionen geführt (Dyck et al. [42]). Die Kommission für Krankenhaushygiene und Infektionsprävention hat in verschiedenen aktuellen Empfehlungen auf die Einhaltung der Empfehlungen des Umweltbundesamtes nach Anhörung der Trinkwasserkommission Bezug genommen.

Vor dem Hintergrund der erheblichen Konsequenzen, insbesondere bei einer systemischen Kolonisation des wasserführenden Systems, und den entsprechenden Aufwendungen bei der Sanierung kann und darf das Risiko, welches durch *P. aeruginosa*-Vorkommen im wasserführenden System von medizinischen Einrichtungen bedingt wird, nicht in das

Ermessen des jeweiligen Betreibers gestellt werden. Da die Empfehlungen der Kommission für Krankenhaushygiene und Infektionsprävention wie bereits ausgeführt lediglich Empfehlungscharakter haben, kann man sich an derartige Empfehlungen halten, muss jedoch nicht. Die Erfahrung zeigt, dass nicht zuletzt aufgrund des enormen Kostendrucks entsprechende Empfehlungen nicht mit der ausreichenden und nach dem heutigen Kenntnisstand erforderlichen Sicherheit eingehalten bzw. die notwendigen Anstrengungen zur Sanierung durchgeführt werden. Ohne eine entsprechende Regelung in einer Trinkwasserverordnung haben Gesundheitsämter auch nicht die rechtlichen Möglichkeiten, Forderungen zur Untersuchung einer systemischen Kontamination des Hausinstallationssystems in medizinischen Einrichtungen zeitnah und ohne erhebliche Auseinandersetzungen durchsetzen zu können.

In einem noch nicht veröffentlichten Entwurf der Kommission für Krankenhaushygiene und Infektionsprävention zur Verwendung von Leitungswasser und Wundversorgung wird festgestellt, dass das Leitungswasser mindestens eine kontrollierte Qualität aufweisen muss, worin man sich hierbei auch auf die Empfehlungen des Umweltbundesamtes nach Anhörung der Trinkwasserkommission bezieht. Dies steht in Übereinstimmung mit Hübner et al. [43], wobei diese Autoren sogar fordern, dass Wasser, welches für die Wundversorgung verwendet wird, Sterilität aufweisen muss, da in diesem Fall das zur Reinigung von Wunden verwendete Trinkwasser den Charakter eines Medizinproduktes annimmt.

Auch in Anbetracht dieser Verwendung von Trinkwasser ist es dringend erforderlich, die Durchsetzungskraft einer derartigen Regelung durch Aufnahme in eine Trinkwasserverordnung mit Rechtsfolge zu erhöhen und den damit nachweislich zu gewährleistenden Schutz der öffentlichen Gesundheit von Risikopersonen durchsetzen und gewährleisten zu können.

In diesem Zusammenhang ist auf den Widerspruch hinzuweisen, dass bei Mineral- und Tafelwasser selbstverständlich *P. aeruginosa* sogar in noch höheren Volumina (250 ml) untersucht wird und damit noch strenger geregelt ist, hingegen in einem Regulierungsbereich, in welchem bedrohliche Konsequenzen noch wahrscheinlicher zu erwarten sind, auf eine derartige Regelung aber verzichtet werden soll.

Auch im Entwurf der Badebeckenwasserverordnung sowie in der DIN 19643 wird für Schwimm- und Badebeckenwasser selbstverständlich *P. aeruginosa* als zu untersuchender Parameter in 100 ml Badewasser mit berücksichtigt.

Der Verzicht auf die Untersuchung von *P. aeruginosa* in Risikobereichen wie Krankenhäusern und anderen medizinischen Einrichtungen muss vor diesem Hintergrund als sog. „Lost Opportunity“ angesehen werden, relevante Gesundheitsrisiken durch eine moderne Risikoregulierung unter Kontrolle zu bringen.

Entsprechend der politisch erkannten Notwendigkeit, antibiotikaresistente Mikroorganismen unter Kontrolle zu bringen, betrifft nicht nur Krankheitserreger wie MRSA, die in der Presse große Aufmerksamkeit erfahren, sondern muss sich generell gegen die Entwicklung von Antibiotikaresistenzen richten. Die Prävention antibiotikaresistenter, wasserassoziierter Pseudomonaden durch einfach durchzuführende Kontrollmaßnahmen sollte dabei ein Baustein einer wirkungsvollen gesundheitspolitischen Strategie sein.

So ist es z. B. auch im Hinblick auf die Bedeutung von Händen als Überträger von fakultativ pathogenen Krankheitserregern unverständlich, wenn einerseits die Händehygiene und das Händewaschen empfohlen wird, jedoch nicht ausgeschlossen wird, dass das Wasser, mit dem man sich die Hände wäscht, keine Pseudomonaden-Kontamination aufweist.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass in Stichpunkten folgende Gründe für die Einführung eines technischen Maßnahmenwertes für die Bewertung von *P. aeruginosa* sprechen:

1. Klinisch-epidemiologisch: geringe Infektionsdosis, große Bedeutung als nosokomialer Erreger, zunehmende und hohe Antibiotikaresistenz, hohe Mortalität, hohe Behandlungskosten, hohe Relevanz als Infektionserreger bei Vorliegen chronischer Wunden und damit auch außerhalb des Krankenhauses;
2. Hygienisch-mikrobiologisch: Vorkommen in Hausinstallationssystemen bzw. Wasser als Reservoir und nicht nur als Vehikel, nachgewiesene Präsenz in Trinkwasserinstallationen von Krankenhäusern, Möglichkeit der Reduktion durch Einführung von endständigen Filtern, ökologische Besonderheiten von *P. aeruginosa*, kein Rückschluss auf *P.*

aeruginosa durch Präsenz anderer Mikroorganismen möglich, lange Persistenz des Erregers in Installationsteilen;

3. Risikoregulatorisch: Rechtsverbindlichkeit der Trinkwasserverordnung, Durchsetzung von Kontrollen durch den Öffentlichen Gesundheitsdienst, abgestimmte Präventionsstrategie zur Eindämmung von Antibiotikaresistenzen, Relevanz des Maßnahmewertes für andere Verordnungen, Empfehlungen und Normen.

Literatur

1. Mena KD, Gerba CP. 2009. Risk assessment of *Pseudomonas aeruginosa* in water. Rev Environ Contam Toxicol 2009; 201:71–115.
2. Rumbaugh K. Should we be afraid of the Green Monster? Crit Care Med 2009; 37:1826–1827.
3. Anaisie EJ, Penzak SR, Dignani MC. The hospital water supply as a source of nosocomial infections: a plea for action. Arch Intern Med 2002; 162:1483–1492.
4. Veessenmeyer JL, Hauser AR, Lisboa T, Rello J. *Pseudomonas aeruginosa* virulence and therapy: evolving translational strategies. Crit Care Med 2009; 37:1777–1786.
5. Scheetz MH, Hoffman M, Bolon MK, Schuler G, Estrellado W, Barabouis IG, Sriram P, Dinh M, Owens LK, Hauser AR. Morbidity associated with *Pseudomonas aeruginosa* bloodstream infections. Diagn Microbiol Infect Dis 2009; 64:311–319.
6. Bou R, Lorente L, Aguilar A, Perpignan J, Ramos P, Peris M, Gonzalez D. Hospital economic impact of an outbreak of *Pseudomonas aeruginosa* infections. J Hosp Infect 2009; 71:138–142.
7. Floret N, Bertrand X, Thouverez M, Talon D. Nosocomial infections caused by *Pseudomonas aeruginosa*: Exogenous or endogenous origin of this bacterium? Pathol Biol (Paris). 2009; 57(1):9–12.
8. Trautmann M, Lepper PM, Haller M. Ecology of *Pseudomonas aeruginosa* in the intensive care unit and the evolving role of water outlets as a reservoir of the organism. Am J Infect Control 2005; 33:S41–49.
9. Pier GB, Ramphal R. *Pseudomonas aeruginosa*. Elsevier Inc. 2005, Philadelphia.
10. Kalai S, Achour W, Abdeladhim A, Bejaoui M, Ben Hassen A. *Pseudomonas aeruginosa* isolated in immunocompromised patients: antimicrobial resistance, serotyping, and molecular typing. Med Mal Infect 2005; 35:530–535.
11. CDC. Guidelines for Environmental Infection Control in Health-Care Facilities. MMWR 2003; 52 (No. RR-10): 1–48. 52:1–48.
12. Bertrand X, Blasco G, Belle E, Boillot A, Capellier G, Talon D. *Pseudomonas aeruginosa* epidemiology in intensive care units: importance of cross-transmission]. Ann Fr Anesth Reanim 2003; 22:505–509.
13. Ferroni A, Nguyen L, Pron B, Quesne G, Brusset MC, Berche P. Outbreak of nosocomial urinary tract infections due to *Pseudomonas aeruginosa* in a paediatric surgical unit associated with tap-water contamination. J Hosp Infect 1998; 39:301–307.
14. Gordon AS, Howell LD, Harwood V. Responses of diverse heterotrophic bacteria to elevated copper concentrations. Can J Microbiol 1994; 40:408–411.

15. Gjodsbol, K., J. J. Christensen, T. Karlsmark, B. Jorgensen, B. M. Klein, and K. A. Kroghfelt. 2006. Multiple bacterial species reside in chronic wounds: a longitudinal study. *Int Wound J* 3:225–231.
16. Kirketerp-Moller, K., P. O. Jensen, M. Fazli, K. G. Madsen, J. Pedersen, C. Moser, T. Tolker-Nielsen, N. Hoiby, M. Givskov, and T. Bjarnsholt. 2008. Distribution, organization, and ecology of bacteria in chronic wounds. *J Clin Microbiol* 46:2717–2722.
17. von Baum, H., T. Welte, R. Marre, and N. Suttrop. 2009. Community-acquired pneumonia through enterobacteriaceae and *Pseudomonas aeruginosa*: diagnosis, incidence and predictors. *Eur Respir J* 2010; 35(3): 598–605.
18. Trautmann M, Halder S, Lepper PM, Exner M. Reservoir von *Pseudomonas aeruginosa* auf der Intensivstation. Die Bedeutung des Wassers als Infektionsquelle. Bundesgesundheitsblatt Gesundheitsforschung Gesundheitsschutz 2009; 52:339–344.
19. Trautmann M, Halder S, Lepper PM, Exner M. [Authors' reply to the comments about the contribution: Reservoir of *Pseudomonas aeruginosa* in intensive care units published in the Bundesgesundheitsblatt in March 2009.]. Bundesgesundheitsblatt Gesundheitsforschung Gesundheitsschutz 2009.
20. Eckmanns T, Oppert M, Martin M, Amorosa R, Zschneid I, Frei U, Ruden H, Weist K. An outbreak of hospital-acquired *Pseudomonas aeruginosa* infection caused by contaminated bottled water in intensive care units. *Clin Microbiol Infect* 2008; 14:454–458.
21. Völker S, Franke C, Kistemann T. Drinking water infrastructure as a source for biofilms – a survey of the current situation in Germany. Vortrag im Rahmen des 11. Cannes Water Symposium 2009, 01.07.2009.
22. Silva ME, Filho IC, Endo EH, Nakamura CV, Ueda-Nakamura T, Filho BP. Characterisation of potential virulence markers in *Pseudomonas aeruginosa* isolated from drinking water. *Antonie Van Leeuwenhoek* 2008; 93:323–334.
23. Exner M, Nissing W, Grummt HJ. Hygienische Probleme von Trinkwasserinstallationen – Vermeidung und Sanierung. 2. Expertenhearing. Bundesgesundheitsblatt Gesundheitsforschung Gesundheitsschutz 2008; 51:1340–1346.
24. Cholley P, Thouverez 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; 34:1428–1433.
25. Anaissie EJ. A bad bug takes on a new role as a cause of ventilator-associated pneumonia. *Am J Respir Crit Care Med* 2008; 177:1–2.
26. Exner M, Kramer A, Kistemann T, Gebel J, Engelhart S. Water as a reservoir for nosocomial infections in health care facilities, prevention and control. Bundesgesundheitsblatt-Gesundheitsforschung-Gesundheitsschutz 2007; 50:302–311.
27. Aumeran C, Paillard C, Robin F, Kanold J, Baud O, Bonnet R, Souweine B, Traore O. *Pseudomonas aeruginosa* and *Pseudomonas putida* outbreak associated with contaminated water outlets in an oncohaematology paediatric unit. *J Hosp Infect* 2007; 65:47–53.
28. Vianelli N, Giannini MB, Quarti C, Bucci Sabattini MA, Fiacchini M, de Vivo A, Galdi P, Galli S, Nanetti A, Baccarani M, Ricci P. Resolution of a *Pseudomonas aeruginosa* outbreak in a hematology unit with the use of disposable sterile water filters. *Haematologica* 2006; 91:983–985.
29. Trautmann M, Bauer C, Schumann C, Hahn P, Hoher M, Haller M, Lepper PM. Common RAPD pattern of *Pseudomonas aeruginosa* from patients and tap water in a medical intensive care unit. *Int J Hyg Environ Health* 2006; 209:325–331.
30. Exner M, Kramer A, Lajoie L, Gebel J, Engelhart S, Hartemann P. Prevention and control of health care-associated waterborne infections in health care facilities. *Am J Infect Control* 2005; 33:S26–40.
31. Valles J, Mariscal D, Cortes P, Coll P, Villagra A, Diaz E, Artigas A, Rello J. Patterns of colonization by *Pseudomonas aeruginosa* in intubated patients: a 3-year prospective study of 1,607 isolates using pulsed-field gel electrophoresis with implications for prevention of ventilator-associated pneumonia. *Intensive Care Med* 2004; 30:1768–1775.
32. Blanc DS, Nahimana J, 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; 30:1964–1968.
33. Reuter S, Sigge A, Wiedeck H, Trautmann M. Analysis of transmission pathways of *Pseudomonas aeruginosa* between patients and tap water outlets. *Crit Care Med* 2002; 30:2222–2228.
34. 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; 22:49–52.
35. 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; 49:117–121.
36. Squier C, Yu VL, Stout JE. Waterborne Nosocomial Infections. *Curr Infect Dis Rep* 2000; 2:490–496.
37. 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; 36:421–429.
38. Kerr KG, Snelling AM. *Pseudomonas aeruginosa*: a formidable and ever-present adversary. *J Hosp Infect* 2009; 73(4):338–44.
39. Solidarités, M. d. l. S. e. d. 2005. L'eau dans les établissements de la Santé Ministère de la Santé et des Solidarités, Paris.
40. Heudorf U, Schulte D. Surveillance of nosocomial infections in a long-term care facility. Incidence and risk factors. Bundesgesundheitsblatt Gesundheitsforschung Gesundheitsschutz 2009; 52:732–743.
41. Engelhart ST, Hanses-Derendorf L, Exner M, Kramer MH. Prospective surveillance for healthcare-associated infections in German nursing home residents. *J Hosp Infect* 2005; 60:46–50.
42. 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; 7:34.
43. Hübner N, Assadian O, Müller G, Kramer A. Anforderungen an die Wundereinigung mit Wasser. *GMS Krankenhaushyg Interdisziplinär* 2007; 2(2):Doc61.
44. CDC. *Pseudomonas aeruginosa* Infections Associated with Transrectal Ultrasound-Guided Prostate Biopsies, Georgia, 2005. *MMWR* July 21, 2006 / 55(28):776–777
45. Micol JB, de Botton S, Guieze R, Coiteux V, Darre S, Dessein R, Leroy O, Yakoub-Agha I, Quesnel B, Batters F, Beaucaire G, Alfandari S. An 18-case outbreak of drug-resistant *Pseudomonas aeruginosa* bacteremia in hematology patients. *Haematologica* 2006; 91(8):1134–8.
46. Bukholm G, Tannaes T, Kjelsberg AB, Smith-Erichsen N. An outbreak of multidrug-resistant *Pseudomonas aeruginosa* associated with increased risk of patient death in an intensive care unit. *Infect Control Hosp Epidemiol* 2002; 23(8):441–6.
47. 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.
48. 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.
49. Struelens MJ, Rost F, Deplano A, Maas A, Schwam V, Serruys E, Cremer M. *Pseudomonas aeruginosa* and Enterobacteriaceae bacteremia after biliary endoscopy: an outbreak investigation using DNA macrorestriction analysis. *Am J Med* 1993; 95(5):489–98.
50. 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.
51. Terceelj-Zorman M, Seljak M, Stare J, Mencinger J, Rakovec J, Rylander R, Strle F. A hospital outbreak of *Legionella* from a contaminated water supply. *Arch Environ Health* 2004; 59(3):156–9.
52. Oren I, Zuckerman T, Avivi I, Finkelstein R, Yigla M, Rowe JM. Nosocomial outbreak of *Legionella pneumophila* serogroup 3 pneumonia in a new bone marrow transplant unit: evaluation, treatment and control. *Bone Marrow Transplant* 2002; 30(3):175–9.
53. Borau J, Czup RT, Strelrecht KA, Venezia RA. Long-term control of *Legionella* species in potable water after a nosocomial legionellosis outbreak in an intensive care unit. *Infect Control Hosp Epidemiol* 2000; 21(9):602–3.
54. Kool JL, Fiore AE, Kioski CM, Brown EW, Benson RF, Pruckler JM, Glasby C, Butler JC, Cage GD, Carpenter JC, Mandel RM, England B, Breiman RF. More than 10 years of unrecognized nosocomial transmission of legionnaires' disease among transplant patients. *Infect Control Hosp Epidemiol* 1998; 19(12):898–904.
55. Lowry PW, Blankenship RJ, Gridley W, Troup NJ, Tompkins LS. A cluster of legionella sternal-wound infections due to postoperative topical exposure to contaminated tap water. *N Engl J Med* 1991; 324(2):109–13.
56. Mastro TD, Fields BS, Breiman RF, Campbell J, Plikaytis BD, Spika JS. Nosocomial Legionnaires' disease and use of medication nebulizers. *J Infect Dis* 1991; 163(3):667–71.
57. Garbe PL, Davis BJ, Weisfeld JS, Markowitz L, Miner P, Garrity F, Barbaree JM, Reingold AL. Nosocomial Legionnaires' disease. Epidemiologic demonstration of cooling towers as a source. *JAMA* 1985; 254(4):521–4.
58. Arnow PM, Chou T, Weil D, Shapiro EN, Kretzschmar C. Nosocomial Legionnaires' disease caused by aerosolized tap water from respiratory devices. *J Infect Dis* 1982; 146(4):460–7.
59. Horcajada JP, Martínez JA, Alcón A, Marco F, De Lazzari E, de Matos A, Zaragoza M, Sallés M, Zavala E, Mensa J. Acquisition of multidrug-resistant *Serratia marcescens* by critically ill patients who consumed tap water during receipt of oral medication. *Infect Control Hosp Epidemiol* 2006; 27(7):774–7.
60. Nasser RM, Rahi AC, Haddad MF, Daoud Z, Irani-Hakime N, Almawi WY. Outbreak of *Burkholderia cepacia* bacteremia traced to contaminated hospital water used for dilution of an alcohol skin antiseptic. *Infect Control Hosp Epidemiol* 2004; 25(3):231–9.
61. Bassett DC, Stokes KJ, Thomas WR. Wound infection with *Pseudomonas multivorans*. A water-borne contaminant of disinfectant solutions. *Lancet* 1970; 1(7658):1188–91.

Anlage

Ausbrüche durch wasserassoziierte Krankheitserreger assoziiert mit Leitungswasser entsprechend Outbreak-Worldwide Database (zusammengestellt von M. Exner).

Erreger	Infektionsreservoir	Übertragung	Patienten	Infektionstyp	Maßnahmen	Lit.
<i>P. aeruginosa</i>	Wasserauslässe (Duschen und Waschbecken)	Kontamination von Katheter bei Waschen bzw. Duschen	8 hämato-onkologische Kinder	Sepsis	Ersatz kontaminierter Duschen u. Desinfektion der Wasserhähne, endständige Filter an allen Duschen u. Wasserhähnen	[27]
<i>P. aeruginosa</i>	transrektale Prostata-Biopsiematerialien	unzureichende Reinigung der Biopsienadeln mit Leitungswasser	4 ambulant behandelte urologische Patienten	3 x Sepsis 1 x Harnwegsinfektion	manuelle Reinigung u. Sterilisation der Biopsienadel	[44]
<i>P. aeruginosa</i>	Wasserversorgungssystem (wahrscheinlich polyklonaler Ausbruch)	unbekannt	18 Patienten einer hämato-onkologischen Station	17 x Sepsis 8 x Pneumonie	endständige Filter an Wasserhähne	[45]
<i>P. aeruginosa</i>	Wasserhähne, Bidet, Duschen u. Duschköpfe	direkte Übertragung durch Kontakt Aerosol bei Duschen	61 Patienten einer hämato-onkologischen Station	61 x Sepsis	Ausstattung der Wasserhähne mit endständigen Filter	[28]
<i>P. aeruginosa</i>	Leitungswasser Verbindungsstücke für Absaugschläuche	Kontamination über Medikamente, die im Leitungswasser suspendiert im Katheter appliziert wurden	23 Patienten einer chirurgischen und internistischen Intensivstation mit 10 tödlichen Verläufen	6 x Septikämien 7 x Infektion des unteren Respirationstraktes	Pasteurisation aller Wasserhähne, Verwendung von sterilem Wasser als Lösungsmittel für Katheter	[46]
<i>P. aeruginosa</i>	Leitungswasser, Waschbecken, enterale Nährlösung, die mit Leitungswasser gespült wurde	über Hände des Personals, kontaminiert durch Leitungswasser u. über enterale Nährlösung	36 Patienten einer neurochirurgischen Intensivstation mit 5 Todesfällen	4 x Sinusitiden 10 x Pneumonien 17 x Harnwegsinfektionen	Ersatz aller Waschbecken, Reparatur der Wasserhähne, Desinfektion der Siphons 3-mal pro Tag durch Chlorung über 15 Minuten	[47]
<i>P. aeruginosa</i>	Leitungswasser mit verschiedenen Isolatoren von <i>P. aeruginosa</i> Duschköpfe, Siphons	direkter Kontakt bei Waschen oder Bad, Kontamination indirekt über Hände des Personals, die mit kontaminierten Leitungswasser gereinigt wurden	14 Patienten einer chirurgischen Station	6 x Harnwegsinfektion 8 x Kolonisation Urin	Desinfektion der Siphons, Chlorung des gesamten Wasserversorgungssystems, Ersatz aller Wasserhähne	[13]
<i>P. aeruginosa</i>	Leitungswasser für die Irrigation von Verbrennungspatienten	über kontaminiertes Leitungswasser zur Irrigation von Patientenwunden	9 Patienten einer Verbrennungsstation mit 4 Todesfällen	5 x Sepsis 2 x Kolonisation des Respirationstraktes 4 x Kolonisation der Haut	Diskonnektion der Duschen nach jedem Patienten u. Hitze-desinfektion, nach Trocknung der Duschen Einschweißen der Duschschläuche u. Wiederanschluss unmittelbar vor dem nächsten Patienten	[48]

62. Conger NG, O'Connell RJ, Laurel VL, Olivier KN, Graviss EA, Williams-Bouyer N, Zhang Y, Brown-Elliott BA, Wallace RJ Jr. *Mycobacterium simae* outbreak associated with a hospital water supply. *Infect Control Hosp Epidemiol.* 2004 Dec;25(12):1050–5.
63. Chadha R, Grover M, Sharma A, Lakshmy A, Deb M, Kumar A, Mehta G. An outbreak of post-surgical wound infections due to *Mycobacterium abscessus*. *Pediatr Surg Int.* 1998;13(5-6):406–10.
64. Meyers H, Brown-Elliott BA, Moore D, Curry J, Truong C, Zhang Y, Wallace Jr RJ. An outbreak of *Mycobacterium chelonae* infection following liposuction. *Clin Infect Dis.* 2002;34(11):1500–7.
65. Astagneau P, Desplaces N, Vincent V, Chicheportiche V, Bothrel A, Maugat S, Lebasclé K, Léonard P, Desenclos J, Grosset J, Ziza J, Brücker G. *Mycobacterium xenopi* spinal infections after discovertebral surgery: investigation and screening of a large outbreak. *Lancet.* 2001;358(9283):747–51.
66. Kline S, Cameron S, Streifel A, Yakus MA, Kairis F, Peacock K, Besser J, Cooksey RC. An outbreak of bacteremias associated with *Mycobacterium mucogenicum* in a hospital water supply. *Infect Control Hosp Epidemiol.* 2004;25(12):1042–9.
67. Debast SB, Meis JF, Melchers WJ, Hoogkamp-Korstanje JA, Voss A. Use of interrepeat PCR fingerprinting to investigate an *Acinetobacter baumannii* outbreak in an intensive care unit. *Scand J Infect Dis.* 1996;28(6):577–81.
68. Kelkar R, Gordon SM, Giri N, Rao K, Ramakrishnan G, Saikia T, Nair CN, Kurkure PA, Pai SK, Jarvis WR, et al. Epidemic iatrogenic *Acinetobacter* spp. meningitis following administration of intrathecal methotrexate. *J Hosp Infect.* 1989;14(3):233–43.
69. Perola O, Nousiainen T, Suomalainen S, Aukee S, Kärkkäinen UM, Kauppinen J, Ojanen T, Katila ML. Recurrent *Sphingomonas paucimobilis*-bacteraemia associated with a multi-bacterial water-borne epidemic among neutropenic patients. *J Hosp Infect.* 2002;50(3):196–201.
70. Sakhnini E, Weissmann A, Oren I. Fulminant *Stenotrophomonas maltophilia* soft tissue infection in immunocompromised patients: an outbreak transmitted via tap water. *Am J Med Sci.* 2002;323(5):269–72.
71. Weber DJ, Rutala WA, Blanchet CN, Jordan M, Gergen MF. Faucet aerators: A source of patient colonization with *Stenotrophomonas maltophilia*. *Am J Infect Control.* 1999;27(1):59–63.
72. Verweij PE, Meis JF, Christmann V, Van der Bor M, Melchers WJ, Hilderink BG, Voss A. Nosocomial outbreak of colonization and infection with *Stenotrophomonas maltophilia* in preterm infants associated with contaminated tap water. *Epidemiol Infect.* 1998;120(3):251–6.
73. Kniehl E, Becker A, O'Malley J. Nosokomiale Infektionen durch inadäquat zubereiteten Tee. *Hyg Med* 2001; 26 (3):77–80.
74. Rudnick JR, Beck-Sague CM, Anderson RL, Schable B, Miller JM, Jarvis WR. Gram-negative bacteremia in open-heart-surgery patients traced to probable tap-water contamination of pressure-monitoring equipment. *Infect Control Hosp Epidemiol.* 1996;17(5):281–5.

Erreger	Infektionsreservoir	Übertragung	Patienten	Infektionstyp	Maßnahmen	Lit.
<i>P. aeruginosa</i>	Endoskope für ERCP, automatische Endoskopwaschmaschine u. Leitungswasser zur Füllung d. Waschmaschine	während ERCP	53 Patienten einer internistischen Station	53 x Septikämien mit 9 Todesfällen	effektive Endoskopdesinfektion mit zusätzlicher Isopropanol-Luftspülung aller Kanäle	[49]
<i>P. aeruginosa</i>	ERT-Endoskop u. andere Endoskope	während Endoskopie	7 Patienten einer ambulanten Praxis für Innere Medizin mit 5 Todesfällen	5 x Septikämien 2 x Gastrointestinalinfektionen	Optimierung der Endoskopaufbereitung, Zugabe von Chlor zu Leitungswasserbad, täglicher Wechsel des Leitungswasserbades	[50]
<i>Legionella</i>	Warmwasserquelle der Hausinstallation	kontaminiertes Leitungswasser, das zum Waschen und Reinigen durch Schwestern und Patienten für persönliche Hygiene verwendet wurde	7 Patienten und 31 Personen des Pflegepersonal, insgesamt 38 Personen	Pneumonie	–	[51]
<i>Legionella pneumophila</i> Serogruppe 3	Hausinstallationssystem	Inhalation	4 Patienten einer hämato-onkolog. Intensivstation nach Knochenmarkzelltransplantation		Hoherhitzung u. Hyperchlorierung des Wassers	[52]
<i>Legionella pneumophila</i> Serogruppe 6	Leitungswasser	Aspiration der Legionellen über Nasogastralkatheterlösungen, die mit Leitungswasser verdünnt wurden	2 Patienten einer Intensivmedizinischen Station	Pneumonie	Erhöhung der Heißwassertemperaturen und Verwendung von sterilem Wasser für die Applikation von Nasogastralkathetern, Verwendung von sterilem Wasser ebenso für die Inhalationsgeräte	[53]
<i>Legionella pneumophila</i> verschiedene Serotypen 1,4,5,6 u. 10	Hausinstallationssystem einschließlich Duschköpfe u. Wasserhähne sowie Wassertank von einem Teppichbodenreiniger	Inhalation von Aerosol aus Duschen, Inhalation oder Aspiration im Zusammenhang mit Intubation und mögliche Inhalation von Aerosolen von Teppichbodenreinigergeräten	25 Patienten einer hämato-onkolog. Transplantationsstation mit Intensivstation mit 12 Todesfällen	Pneumonie	begrenzte Duscheziten und abgepacktes Wasser zum Trinken, ab August 96 für alle Knochenmarkstransplantationspatienten steriles Wasser zum Trinken, Waschen u. Baden, Desinfektionsmaßnahmen des Hausinstallationssystems: Spülen der Entnahmestellen über 10 Min. mit Wasser mit Chlorkonzentrationen von 10–20 mg/L freies Chlor und kontinuierliche Chlorung mit 2–4 mg/L	[54]
<i>Legionella dumoffii</i> <i>Legionella pneumophila</i> Serogruppe 1	kontaminiertes Leitungswasser	direkte Inokulation von Legionellen in frische Sternalwunden während des Badens oder des Waschens bzw. Entfernung von Wundverbänden mit Waschung des Wundumfeldes	4 Patienten mit 2 Todesfällen einer chirurgischen Intensivstation	3 x postoperative Wundinfektionen 1 x Pneumonie 1 x Endokarditis	Desinfektion des Hausinstallationssystems mit Heißwasser (66 °C für 48 Stunden) und Erhöhung der Chlorkonzentration	[55]
<i>Legionella pneumophila</i> Serogruppe 3	kontaminiertes Leitungswasser d. Hausinstallation verwendet u. a. zur Reinigung von Verneblergeräten	Inhalation von kontaminierten Aerosolen sowie über Duschen durch Aerosol	13 Patienten einer intensivmedizinischen Normalstation mit 9 Todesfällen	13 Pneumonien	ausschließliche Verwendung steriler Lösungen für die Verneblung, Desinfektionsmaßnahmen des Hausinstallationssystems	[56]
<i>Legionella pneumophila</i> Serogruppe 1 u. 3	Rückkühlwerk mit hoher Kontamination von <i>Legionella pneumophila</i> Serogruppe 1 (> 6000 Legionellen/ml), Leitungswasser	Inhalation	15 Patienten einer internistischen Station und einer intensivmedizinischen Station mit 10 Todesfällen unter immun-suppressiver Therapie (Kortikosteroide, 5 Pat. hatten maligne Erkrankungen)	Pneumonie	Dekontamination des Leitungswassers durch Erhitzung und Chlorung u. a. für Rückkühlwerk	[57]

Erreger	Infektionsreservoir	Übertragung	Patienten	Infektionstyp	Maßnahmen	Lit.
<i>Legionella pneumophila</i> Serogruppe 6 bzw. Serogr. 1	kontaminiertes Leitungswasser, welches zur Reinigung von Aerosol-produzierenden Beatmungsgeräten verwendet wurde	über Inhalationsgeräte durch Inhalation	5 Patienten einer medizinischen hämato-onkologischen Station mit 5 Todesfällen	5 x Pneumonie	Verwendung von sterilem Wasser bei der Verwendung von Aerosol-produzierenden Inhalationsgeräten	[58]
<i>Serratia marcescens</i>	Leitungswasser Kontamination des Inneren von Wasserföhren	Trinken von Leitungswasser während Aufnahme von oralen Medikamenten durch Ingestion des Leitungswassers	19 Patienten einer chirurgischen Intensivstation	8 x Infektionen d. unteren Respirationstraktes 2 x Septikämien 1 Infektion unbekannter Ursache 9 x Kolonisation des Respirationstraktes	Verbot der Verwendung von Leitungswasser bei oraler Medikation, nur Verwendung von sterilem Wasser, alle Wasserföhre der Station wurden ersetzt	[59]
<i>Burkholderia cepacia</i> (früher <i>Pseudomonas cepacia</i>)	Leitungswasser kontaminiert mit <i>Burkholderia cepacia</i> , welches zur Verdünnung von Alkohol verwendet wurde	Hautesinfektion mit Leitungswasser verdünntem Alkohol von Katheter Eintrittsstellen sowie Desinfektion von Kappen von Heparinampullen mit anschließender Kontamination des Ampulleninhaltes	50 Patienten einer internistischen, chirurgischen, gynäkologischen Intensivpflegestation insgesamt 5 Todesfälle	50 Septikämien	Verwendung von sterilem Wasser zur Herstellung von Alkohol-Verdünnungen	[60]
<i>Burkholderia cepacia</i> (früher <i>Pseudomonas multivorans</i>)	Leitungswasser u. zentrale Wasserversorgung	mit Leitungswasser kontaminierte Desinfektionslösung über Hautpräparation vor chirurgischen Eingriffen und in der postoperativen Versorgung von chirurgischen Wunden	9 Patienten einer chirurgischen Klinik	9 chirurgische Wundinfektionen	Verwendung von Chlorhexidin enthaltenden Infektionslösungen nur als hitzesterilisierte Lösung, da kontinuierlicher Eintrag durch Wasserversorgung anzunehmen	[61]
<i>Mycobacterium simiae</i>	Leitungswasser der Hausinstallation des Krankenhauses, ein Trinkwasser-Brunnen und das gesamte Warmwasserversorgungssystem	erhöhte Kolonisation, transiente Kolonisation und Kontamination des unteren Respirationstraktes entweder durch Trinken, Spülen mit oder Duschen mit kontaminiertem Wasser	3 Infektionen des unteren Respirationstraktes 19 Kolonisationen des Respirationstraktes	22 Patienten unterschiedlicher Stationen eines Krankenhauses mit Lungen-Ca, chronischen Bronchiektasen und zystischer Fibrose	Duschverbot u. Trinkverbot von Leitungswasser für Patienten mit Aids oder Bronchiektasen	[62]
<i>Mycobacterium abscessus</i>	Leitungswasser	Kontamination von chirurgischen Instrumentarien aufgrund kontaminierten Leitungswassers, Fehler bei der Sterilisation und Desinfektion u. anschließende Operation mit kontaminierten Instrumentarien	45 Patienten einer chirurgischen Klinik in Indien	45 chirurgische Wundinfektionen	häufige Reinigung u. Desinfektion des Wasserreservoirs für Autoklaven u. Reparatur des Autoklaven, Spülen aller chirurgischen Instrumente mit gereinigtem destilliertem Wasser und anschließender Trocknung vor Sterilisation, bei hitzetauglichen Instrumentarien Desinfektion in Aldenhydratiger Desinfektionslösung über 45 Minuten und Ersetzen der Lösung alle 6 Tage	[63]
<i>Mycobacterium chelonae</i>	Leitungswasser	unzureichende Sterilisation und Spülen chirurgischen Instrumentariums mit Leitungswasser und Übertragung bei invasiven Eingriffen	34 Patienten einer ambulanten chirurgischen Praxis	Haut- und Weichteilinfektionen bei 34 Personen	nicht erwähnt	[64]
<i>Mycobacterium xenopi</i>	kontaminiertes Leitungswasser, das zur Spülung von chirurgischem Instrumentarium nach Desinfektion verwendet wurde	invasive Technik mit kontaminierten chirurgischen Instrumentarien	58 Patienten einer orthopädischen Station	58 Infektionen des ZNS bzw. Spinalabszess ohne Meningitis	Hitzeesterilisation und Verwendung von sterilem Wasser zum Nachspülen hitzetauglicher Geräte	[65]

Erreger	Infektionsreservoir	Übertragung	Patienten	Infektionstyp	Maßnahmen	Lit.
<i>Mycobacterium mucogenicum</i>	Isolierung von verschiedenen Wasserquellen einschließlich aus Leitungswasser und von Duschköpfen, Warmwasserversorgungssystem d. Krankenhauses u. zentrales Wasserversorgungssystem d. Kommune	Wasserkontamination von zentralen Venenkathetern während des Badens		6 Patienten einer hämatologischen Station 6 Septikämien	Ersatz der Duschköpfe auf der Knochenmarkstransplantationsstation, Schulung der Mitarbeiter und Familienangehörigen über Risiken durch Wasserkontamination von zentralen Venenkathetern während Duschen u. Baden, Empfehlungen, i.V.-Katheter abzustopfen, bei liegendem Katheter wasserabweisende Bedeckung nach Implementierung der neuen Richtlinie kam es zu einem Rückgang von <i>Mycobacterium mucogenicum</i> -Bakteriämien wie auch zu einem Rückgang von Bakteriämien aufgrund anderer Umweltbakterien, wie <i>Pseudomonas putida</i> , <i>Sphingomonas paucimobilis</i> und <i>Methylobacterium</i> spp.	[66]
<i>Acinetobacter baumannii</i>	Leitungswasser, Waschbecken, nicht desinfizierende Reinigungslösung	Kreuzübertragung durch Kontakt	15 Patienten einer Intensivmedizinstation	keine Angabe	effektive Desinfektion der Arbeitsflächen und Einsatz von desinfizierenden Reinigungslösungen, Betonung der Händedesinfektion	[67]
<i>Acinetobacter baumannii</i>	Leitungswasser, in welchem wiederverwendbare Nadeln vor Autoklavierung eingetaucht wurden	Kontamination von Methorexat über wiederaufbereitete Nadeln durch Administration einer intrathekalen Chemotherapie	8 Patienten einer hämatologischen Intensivstation mit 3 Todesfällen	8 Meningitiden oder Venotrikulitiden	Einführung von Einmalnadeln	[68]
<i>Sphingomonas paucimobilis</i>	Leitungswasser	Eintrag über kontaminierte oder kolonisierte Katheter, die mit Leitungswasser kontaminiert wurden	1 Patient einer hämatologischen Station	3 x Sepsis	Wasserhahn und Duschköpfe mechanisch gereinigt und periodisch in Chlor desinfiziert	[69]
<i>Stenotrophomonas maltophilia</i>	Wasserhähne, besiedelt in hohen Konzentrationen	möglicherweise über Kontamination der Hände beim Umgang mit zentralen Venenkathetern	Patienten einer intermistischen Station mit schwerer Neuropenie unter Antibiotika-Therapie	4 x Infektionen mit 2 tödlichen Infektionen, 2 Hautinfektionen, 1 Weichteilinfektion, 1 Sepsis	Schulung und Umzug in eine neue hämato-onkologische Station	[70]
<i>Stenotrophomonas maltophilia</i>	geringgradige Kontamination des Leitungswassers, welches zur Kontamination von Strahlrichtern führte	transiente Kolonisation der Hände des medizinischen Personals bzw. bei Waschen der Patienten mit Leitungswasser	7 Patienten einer chirurgischen Intensivstation	3 x Pneumonie 1 x Sepsis 1 x Harnwegsinfektion 4 Kolonisationen	Ersatz der Strahlrichter	[71]
<i>Stenotrophomonas maltophilia</i>	kontaminierte Strahlrichter über Leitungswasser	Verwendung von kontaminiertem Wasser zum Waschen von Frühgeborenen. Weiterübertragung über Hände des Personals	5 Patienten einer neonatologischen Intensivstation mit einer tödlichen Infektion	1 x Sepsis 4 x Infektionen des Respirationstraktes	Hitzesterilisation der Wasserhähne und Verwenden von sterilem Wasser, um Frühgeborene zu waschen	[72]
<i>Enterobacter cloacae</i>	Enterobacter cloacae aus Leitungswasser aus Stationsküche sowie aus Biofilmen von angrenzenden Wasserversorgungssystemen	Verwendung für Teezubereitung Trinken über kontaminierten Tee, der ebenso zur Mundpflege verwendet wurde	15 Patienten einer chirurgischen Intensivtherapiestation	6 x Sepsis 3 x Pneumonien 6 x Infektionen der unteren Atemwege	keine Verwendung von Tee für die Schleimhautpflege, Austausch der Wasserfittings in der Küche, Verwendung von abgekochtem Wasser für die Zubereitung von Tee	[73]
<i>Enterobacter cloacae</i>	Leitungswasser	mögliche Leitungswasserkontamination von Druckmonitoring-Ausrüstung	9 Patienten einer chirurgischen Intensivtherapiestation	9 x Sepsis	Optimierung der Aufbereitung von Druckmonitoring	[74]