

# Wasser als Infektions- quelle in medizinischen Einrichtungen, Prävention und Kontrolle

**A**ktuelle epidemiologische und hygienisch-mikrobiologische Untersuchungen unter Einbeziehung moderner molekularbiologischer Typisierungsverfahren zeigen, dass dem Hausinstallationssystem in medizinischen Einrichtungen als Infektionsreservoir eine bislang unterschätzte Bedeutung zukommt [1–8]. Beachtet wurde in der Vergangenheit vor allem das Risiko einer vorhandenen Infektionsgefährdung durch Legionellen aus Hausinstallationssystemen [9–11]. Aber auch andere Mikroorganismen, wie beispielsweise Pseudomonaden, gramnegative nicht fermentierende Bakterien, atypische Mykobakterien, Amöben-assoziierte Bakterien und ggf. Schimmelpilze, müssen als potenziell wasserassoziierte nosokomiale Infektionserreger ernst genommen werden [1].

Aufgrund dieser Erkenntnisse wurden weitere Untersuchungen zur Prävention solcher Infektionen durchgeführt, u. a. unter Verwendung endständiger Filtersysteme [4, 7, 12]. Hierbei ergab sich eine z. T. deutliche Reduktion der Inzidenz nosokomialer Infektionen, insbesondere in Bezug auf Legionellen bzw. *Pseudomonas aeruginosa*.

Es ist daher von einem erheblichen Präventionspotenzial auszugehen. Um die Möglichkeiten der Prävention und

Kontrolle wasserassoziierter nosokomialer Infektionserreger besser ausschöpfen zu können und andererseits auch die notwendige Rechtssicherheit zu schaffen, ist ein Verständnis für die Besonderheiten der Anwendung von Wasser in medizinischen Bereichen, die besondere Vulnerabilität bestimmter Patienten sowie die Kenntnis der relevanten Erreger und deren ökologischer Charakteristika erforderlich. Seitens der Weltgesundheitsorganisation (WHO) und des Ordnungsgabers wurden mittlerweile auch rechtliche Rahmenbedingungen gesetzt [13, 14].

## Wasseranwendung in medizinischen Einrichtungen

Wasser wird in medizinischen Einrichtungen für vielfältige Zwecke eingesetzt (■ **Übersicht 1**). Neben der Nutzung als Trinkwasser steht dort seine Anwendung für den menschlichen Gebrauch zur Körperwaschung im Vordergrund. Auf Intensivstationen werden Patienten häufig 2-mal pro Tag, bei Bedarf auch häufiger, einer Ganzkörperwaschung unterzogen. Aufgrund der Vielzahl invasiver Maßnahmen (Katheter, Tuben, Sonden u. a. medizinische Devices) ergeben sich bei Kontamination des zur Körperwaschung verwendeten Wassers über diese vielfäl-

tige Invasions-, Kolonisations- und Infektionsmöglichkeiten. Mit Wasser werden zum Teil komplexe Medizinprodukte aufbereitet bzw. betrieben. Bei der Aufbereitung von Endoskopen werden beispielsweise nach der Desinfektion Spülungen durchgeführt, um Desinfektionsmittelreste von den Oberflächen zu entfernen. Inhalationsgeräte werden zumindest im häuslichen Bereich häufig mit Wasser gereinigt. Bei unzureichender Trocknung,

### Übersicht 1

#### Wasseranwendung in medizinischen Bereichen

- Trinkwasser
- Körperwaschung einschließlich Duschen
- Aufbereiten, Spülen und Nachspülen von Instrumenten (z. B. Endoskopen), und Geräten (Inhalationsgeräte)
- Herstellung von Lösungen (z. B. Desinfektionsmittel)
- Reinigungslösung für Flächen
- Reinigung von Kontaktlinsen, Prothesen
- Anfeuchten der Mundhöhle bei bettlägerigen Patienten
- Zubereitung von Getränken
- Zähneputzen

Reinigung und Wartung können sich Mikroorganismen in solchen Geräten vermehren. Mit Wasser werden Reinigungs- und Desinfektionsmittellösungen z. B. zur Flächen- und Instrumentende-kontamination hergestellt. Assoziationen von Infektionsereignissen mit kontaminierten Reinigungs- und Desinfektions-utensilien sind bekannt [15]. Beim Duschen und anderen Pflégetätigkeiten kann es zur Inkorporation von mit Legionellen kontaminierten Aerosolen kommen, die nachfolgend insbesondere bei Bettlägerigkeit zur Aspirationspneumonie führen können [16–18]. Aus Wasserhähnen von Waschbecken kann es zum Verspritzen kontaminierten Wassers in die Umgebung kommen, wodurch Medikamente, Medizinprodukte oder patientennahe Flächen kontaminiert werden können. Die Reinigung von Kontaktlinsen oder Zahnprothesen mit kontaminiertem Leitungswasser kann zu Kolonisationen und komplizierten Infektionen führen. Kontaktlinsen gelten als wichtigster Risikofaktor für die durch *Pseudomonas aeruginosa* bedingte Keratokonjunktivitis [19]. In Deutschland bislang nur unzureichend behandelt ist weiterhin die Kontamination von Kühlwässern in Rückkühlwerken, in denen es insbesondere bei hohen Außentemperaturen zu einer starken Vermehrung von Legionellen, aber auch anderen Mikroorganismen kommen kann. Rückkühlwerke sind als Infektionsquelle insbesondere bei Legionellenausbrüchen wiederholt beschrieben worden [10, 20].

### Vulnerabilität von Patienten in medizinischen Einrichtungen

Prädisponierende Faktoren, die eine erhöhte Vulnerabilität von Patienten gegenüber wasserassoziierten Infektionsrisiken begründen, sind in **Übersicht 2** aufgeführt.

Bei bestehender Immunsuppression besteht allgemein ein erhöhtes Infektionsrisiko. In der Neutropenie (<500–1000 neutrophile Granulozyten pro µl Blut) z. B. nach Chemotherapie oder Knochenmarkstransplantationen nimmt dieses noch mehr zu [13, 21, 22]. Das Vorliegen von Wunden oder Verbrennungen erhöht ebenfalls die Infektdisposition. Die besondere Infektionsgefährdung durch

#### Übersicht 2

##### Faktoren, die eine erhöhte Vulnerabilität von Patienten in medizinischen Einrichtungen bedingen

- Immunsuppression
- Wunden oder Verbrennungen
- Schluckbeschwerden oder Fehlen des Schluckreflexes
- Vorliegen von invasiven Systemen (Katheter) als Leitschiene in physiologisch keimfreie Körperbereiche
- Fremdkörper
- Antibiotikatherapie

*Pseudomonas aeruginosa* bei Verbrennungspatienten ist belegt [23]. Einschränkungen bestimmter Körperfunktionen wie verringerte Clearance der Atemwege oder Bettlägerigkeit erhöhen das Risiko einer Aspirationspneumonie bei Kontamination des Mund-Rachen-Raumes z. B. nach Durchführung der Mundtoilette mit kontaminiertem Wasser [17].

Katheter (intravasale Katheter, Beatmungstuben, Harnwegskatheter u. a.) stellen für exogene Mikroorganismen eine ideale Leitschiene dar, um in üblicherweise sterile Körperregionen zu gelangen. Daneben sind Kathetermaterialien ihrerseits ein eigenständiger Risikofaktor, da sich Mikroorganismen an Oberflächen von Kathetersystemen anhaften können [24, 25]. Auf derartigen Kathetermaterialien können nosokomiale Infektionserreger wie Pseudomonaden, *Enterobacteriaceae* oder andere gramnegative nicht-fermentierende Mikroorganismen einen dichten Biofilm bilden, der aus extrazellulärer polymerer Substanz und anderen Inkrustationen besteht. Selbst durch Antibiotikabehandlung lassen sich Mikroorganismen in der Tiefe dieser Matrix nicht erreichen [24, 25].

Durch die in medizinischen Einrichtungen häufig erforderliche Antibiotikabehandlung kommt es meist zu einer Reduktion der vor einer Fremdbesiedelung schützenden physiologischen Mikroflora, sodass sich nosokomiale Infektionserreger leichter vermehren können. Viele wasserassoziierte Mikroorganismen zeichnen sich z. T. durch eine hohe intrinsische Antibiotikaresistenz gegen bestimmte Wirkstoffgruppen aus [1].

### Relevante wasserassoziierte nosokomiale Infektionserreger

Epidemiologische und hygienisch-mikrobiologische Untersuchungen sowie Analysen nosokomialer Infektionsausbrüche haben zur Identifizierung eines breiten Spektrums an relevanten wasserassoziierten Erregern nosokomialer Infektionen geführt. Diese werden im Folgenden näher vorgestellt (**Übersicht 3**) [1, 2].

#### Legionellen

Wichtige Infektionsquellen für Legionellen im Krankenhaus sind die Hauswasserinstallation insbesondere des Warmwassersystems (sanitäre Einrichtungen, Duschen, Whirlpools) und Kühltürme bzw. Rückkühlwerke zur Abfuhr von Wärmelasten (z. B. von Lüftungstechnischen Anlagen). In zunehmendem Maß konnten in eigenen Untersuchungen auch in Kaltwassersystemen bei Wassertemperaturen >20°C Legionellen in erhöhten Konzentrationen nachgewiesen werden, die im Zusammenhang mit Legionellenerkrankungen standen (noch nicht publizierte eigene Daten). Besonders gefährdet sind Patienten mit Immunsuppression (z. B. infolge einer Organtransplantation), Patienten fortgeschrittenen Alters, mit terminaler Niereninsuffizienz und mit malignen Tumorleiden; diese Dispositionen stellen darüber hinaus unabhängige Risikofaktoren für einen letalen Ausgang

#### Übersicht 3

##### Relevante oder potenzielle wasserassoziierte Infektionserreger in medizinischen Einrichtungen

- Legionella spp.
- *Pseudomonas aeruginosa*
- Enterobacteriaceae (*E. coli*, *Serratia* spp., *Klebsiella* spp., *Enterobacter* spp.)
- *Acinetobacter* spp.
- *Burkholderia cepacia*
- *Stenotrophomonas maltophilia*
- *Sphingomonas* spp.
- *Ralstonia pickettii*
- Nicht-tuberkulöse Mykobakterien
- Pilze (*Aspergillus* spp., *Fusarium* spp.)
- Amöben-assoziierte Bakterien (*Legionella anisa*, *Bosea massiliensis*)

der Legionellose dar [1, 10, 16, 17]. Auch wenn das Letalitätsrisiko für nosokomial erworbene Legionellose in den letzten Jahren zurückgegangen ist, wird es immer noch mit mindestens 14 % angegeben. Es wird geschätzt, dass ca. 20–25 % aller Legionellose nosokomial erworben werden [17, 18].

Nach Angaben des Robert Koch-Instituts lagen für das Jahr 2004 bei etwa der Hälfte der gemeldeten Fälle Angaben zum vermuteten Infektionsort vor. Darunter wurde an erster Stelle mit 41,4 % der Privathaushalt genannt, gefolgt von der Übernachtung im Hotel (35,1 %). An dritter Stelle standen mit 17,2 % nosokomiale Infektionen, gefolgt von Infektionen in Pflegeeinrichtungen mit 2,6 % [16].

Insgesamt muss jedoch in Deutschland von einer erheblichen Untererfassung ausgegangen werden. Nach Schätzungen von CAPNETZ werden hier etwa 6 % aller ambulant aufgetretenen Pneumonien durch Legionellen verursacht. Bei jährlich etwa 500.000 ambulanten Pneumonien wären somit rund 30.000 Fälle der Legionärskrankheit zuzuschreiben [16].

Nosokomiale Legionellenausbrüche stehen häufig im Zusammenhang mit Umbauarbeiten am Hausinstallationssystem oder mit dem Bezug neuer Klinikeinrichtungen. So erkrankten in Brandenburg im Zusammenhang mit 2 nosokomialen Legionelloseausbrüchen 12 Patienten etwa einen Monat nach Bezug neu errichteter Bettenhäuser eines Klinikums der Schwerpunktversorgung [26]. Im April 2006 kam es zu einem nosokomialen Legionelloseausbruch in einem nordrhein-westfälischen Krankenhaus nach Umbauarbeiten am Hausinstallationssystem. Hier erkrankten insgesamt 6 Patienten, und einer verstarb (noch nicht publizierte eigene Daten).

Unter den Serovarietäten der Legionellen überwiegt eindeutig *Legionella pneumophila*, Serogruppe 1. Bei nosokomialen Infektionen müssen jedoch auch andere Serogruppen von *Legionella pneumophila* bzw. anderen Legionellenspezies berücksichtigt werden [16, 17].

Entscheidende Rationale für die Entwicklung von Präventionsstrategien ist, dass in den Krankenhäusern, in denen Legionellen nicht im Hausinstallationssystem vorkommen, in der Regel auch keine

Legionelleninfektionen auftreten. Weiterhin zeigen die Ergebnisse von Surveillancestudien, dass sich bei Nachweis von Legionellen im Hausinstallationssystem die Aufmerksamkeit für nosokomiale Legionellose bei Ärzten deutlich erhöht [8, 9]. In medizinischen Einrichtungen müssen je nach Disposition der Patienten unterschiedliche Anforderungen an zulässige Legionellenkonzentrationen gestellt werden [1, 9]. Squier et al. [26a] zeigten, dass es durch die Herausgabe entsprechender Leitlinien zur Prävention und Kontrolle zu einer signifikanten Reduktion nosokomialer Legionellose kam. Diese war mit der Durchführung von Routinekontrollen des Wasserverteilungssystems auf Legionellen und gegebenenfalls der Einleitung von Desinfektionsmaßnahmen assoziiert. Unvorhergesehene nützliche Nebeneffekte waren die Aufdeckung ambulant erworbener bzw. aus anderen Einrichtungen stammender Legionellose aufgrund der verbesserten Verfügbarkeit diagnostischer Verfahren und das Ausbleiben von Gerichtsverfahren und negativer Presse für die betreffende Klinik [26a].

### **Pseudomonas aeruginosa**

*Pseudomonas aeruginosa* ist als nosokomialer Infektionserreger neben *Staphylococcus aureus* von herausragender Bedeutung. Daten des HELICS-Netzwerks zu nosokomialen Infektionen aus unterschiedlichen europäischen Ländern zeigen, dass *Pseudomonas aeruginosa* bei 15,8 % der nosokomialen Pneumonien auf Intensivstationen nachgewiesen wurde. In einigen Ländern lag der Anteil bei bis zu 41 %. Bei frühen Pneumonien (3–4 Tage nach Aufnahme auf die Intensivstation) machte er etwa 9 % aus, bei Pneumonien, die ab der dritten Woche des Aufenthaltes auf Intensivstationen auftraten, stieg er auf bis zu 23 %. 7,0 % der auf Intensivstationen erworbenen Septikämien wurden durch *Pseudomonas aeruginosa* ausgelöst, wobei sich auch hier zeigt, dass dieser Anteil bei längerem Aufenthalt auf Intensivstationen deutlich anstieg (von 3,5 % auf 8,9 %). 11,5 % der auf Intensivstationen erworbenen Harnwegsinfektionen sind durch *Pseudomonas aeruginosa* bedingt. Ihr Anteil an postoperativen Wundinfektionen wird auf bis zu 10 % geschätzt [27].

In den letzten Jahren konnte eine Reihe von Arbeiten (anhand von Daten, die mittels Genotypisierung abgesichert wurden) zeigen, dass bis zu 50 % der *Pseudomonas*-infektionen wasserassoziiert sind [3–6, 12]. Anaissie et al. schätzen, dass in den USA jährlich ca. 1400 Todesfälle auf wasserbedingte nosokomiale Pneumonien durch *Pseudomonas aeruginosa* zurückzuführen sind [2]. Durch Anwendung steriler Filter und anderer Maßnahmen an Duschen und Wasserhähnen konnte eine signifikante Reduktion (um bis zu 50 %) der durch *Pseudomonas aeruginosa* bedingten Infektionen erreicht werden [12]. Neben dem vorrangigen Aspekt des Patientenschutzes hat dies auch erhebliche gesundheitsökonomische Vorteile, da es durch *Pseudomonas*-infektionen u. a. zu einer erheblichen Liegedauerverlängerung kommen kann [3].

### **Andere gramnegative Bakterien**

Als weitere gramnegative Mikroorganismen, die mit Wasser als Quelle nosokomialer Infektionen assoziiert sein können, sind *Burkholderia cepacia*, *Stenotrophomonas maltophilia*, *Sphingomonas* spp., *Ralstonia pickettii*, *Serratia marcescens*, *Acinetobacter* spp., *Enterobacter* spp. sowie *Klebsiella* spp. zu nennen [1, 2, 28–30]. Die diesbezüglichen Erkenntnisse zur Bedeutung des Wassers als Infektionsquelle basieren aber im Wesentlichen auf Ausbruchuntersuchungen. Systematische Untersuchungen (wie für Legionellen und *Pseudomonas aeruginosa*) liegen zu diesen Krankheitserregern bislang jedoch noch nicht vor. Aufgrund ihrer Eigenschaften (Vorkommen, Persistenz in Hausinstallationssystemen, Befähigung zur Biofilmbildung) muss bei nosokomialen Häufungen von Infektionen mit diesen Infektionserregern das Wasser als Infektionsreservoir aber immer differenzialdiagnostisch mit berücksichtigt werden.

### **Nicht-tuberkulöse Mykobakterien**

Die früher auch als „atypische Mykobakterien“ bezeichneten nicht-tuberkulösen Mykobakterien (MOTT; mycobacteria other than tuberculosis) bedingen hauptsächlich Haut- und Weichteilinfektionen, chronische bronchopulmonale Erkrank-

kungen, Lymphadenitiden und katheter-assoziierte Infektionen (z. B. bei Patienten mit Peritonealdialyse, manifester HIV-Infektion etc.). Wasserassoziierte Infektionen oder Kolonisationen mit MOTT sind vor allem bedingt durch *M. abscessus*, *M.-avium*-Komplex (MAC), *M. chelonae*, *M. fortuitum*, *M. marinum*, *M. ulcerans*, *M. simiae*, *M. mucogenicum* und *M. xenopii* [31–36]. Im Zusammenhang mit der Kontamination des Wassers aus Hausinstallationssystemen von Krankenhäusern bzw. der zentralen Wasserversorgung ist eine Reihe von Ausbrüchen nosokomialer MOTT-Infektionen beschrieben worden [34–36]. Mykobakteriennachweise im Sputum kommen aber auch ohne klinische Erkrankung vor. Darüber hinaus sind auch Pseudoausbrüche beschrieben worden.

### Pilze

Unter den nosokomialen Pilzinfektionen, die gegebenenfalls wasserassoziiert sein können, wurden bislang insbesondere *Aspergillus* spp. und *Fusarium* spp. diskutiert [1, 2, 37, 38]. Für Patienten mit schwerer Immunabwehrschwäche, insbesondere nach Knochenmarkstransplantationen und bei hämato-onkologischen Erkrankungen, stellen solche Infektionen ein erhebliches, zum Teil lebensbedrohliches Risiko dar. Untersuchungen von Anaissie et al. zeigten eine Assoziation dieser Pilze mit der Hauswasserinstallation [37, 38]. Inwieweit solche Kontaminationen auch in deutschen Krankenhäusern auftreten können, ist bislang weitgehend ungeklärt. Die Bedeutung von Pilzen in der Hauswasserinstallation wird derzeit noch kontrovers diskutiert [39, 40]. Diesbezüglich müssen weitere Studien durchgeführt werden. Auch unter diesem Aspekt kann es jedoch im Sinn des vorbeugenden Patientenschutzes sinnvoll sein, endständige Filter an Wasserentnahmestellen für die Patientenversorgung in Hochrisikobereichen vorzusehen.

### Andere Amöben-assoziierte Bakterien

Freilebende Amöben sind als Reservoir für eine Vielzahl aquatischer, die Wasserversorgungssysteme kontaminierende

Bundesgesundheitsbl - Gesundheitsforsch - Gesundheitsschutz 2007 · 50:302–311  
DOI 10.1007/s00103-007-0156-3  
© Springer Medizin Verlag 2007

M. Exner · A. Kramer · T. Kistemann · J. Gebel · S. Engelhart

## Wasser als Infektionsquelle in medizinischen Einrichtungen, Prävention und Kontrolle

### Zusammenfassung

Aktuelle epidemiologische und hygienisch-mikrobiologische Untersuchungen zeigen, dass dem Hausinstallationssystem in medizinischen Einrichtungen als Infektionsreservoir für nosokomiale Infektionen eine bislang erheblich unterschätzte Bedeutung zukommt. Nach Einführung spezifischer Präventionsmaßnahmen konnte das Risiko einer Übertragung relevanter nosokomialer Infektionserreger wie Legionellen und Pseudomonaden deutlich reduziert werden. Im vorliegenden Beitrag werden Besonderheiten der Wasseranwen-

dung in medizinischen Einrichtungen, die besondere Vulnerabilität bestimmter Patienten, die wichtigsten wasserassoziierten Erreger und deren ökologische Besonderheiten, rechtliche Aspekte und die wichtigsten Maßnahmen zur Prävention und Kontrolle behandelt.

### Schlüsselwörter

Hauswasserinstallation · Nosokomiale Infektionen · Legionellen · Pseudomonaden · Prävention und Kontrolle

## Water as a reservoir for nosocomial infections in health care facilities, prevention and control

### Abstract

New epidemiological and microbiological investigations using molecular typing methods to link patient and environmental strains demonstrate a strong association between water-borne pathogens and nosocomial infections. Avoiding patient exposure to these pathogens results in a decreased incidence of water-borne nosocomial infections. There remains a tremendous potential to reduce hospital acquired infections previously viewed as inevitable and unavoidable through intervention and

preventive measures. The characteristics of water application in health care facilities, the vulnerability of patients, the spectrum of relevant pathogens and their ecologic aspects, legal issues and important measures for prevention and control are discussed.

### Keywords

Hospital water system · Nosocomial infection · Legionella · Pseudomonas · Prevention and control

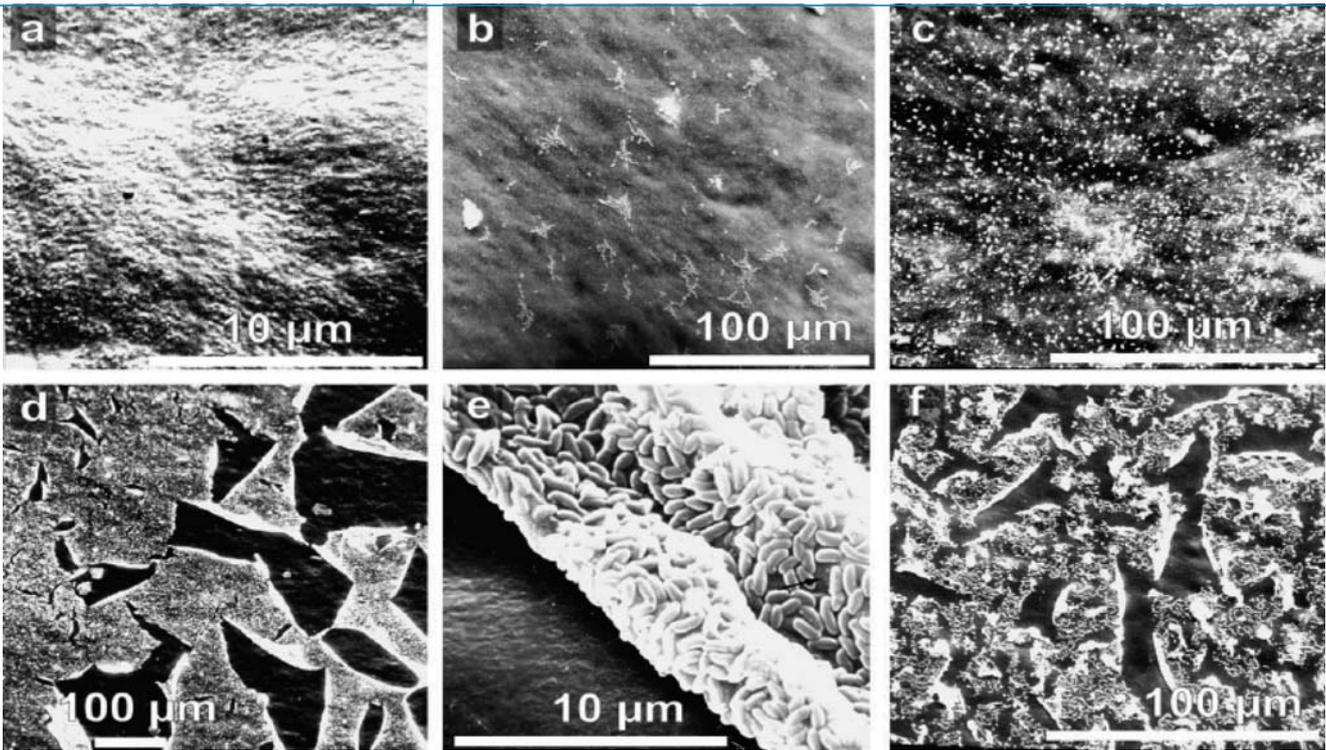


Abb. 1 ▲ Induktion eines Biofilms durch Trinkwasser in einem Silikonschlauch (innerer Durchmesser 4 mm). **a** Innere Oberfläche des Kontrollschlauches ohne Biofilm. **b** Mikrokolonie nach Durchströmen von Trinkwasser während der Dauer von 2 Tagen. **c** Zahlreiche Mikrokolonien nach Durchströmen mit Leitungswasser über einen Zeitraum von 4 Tagen. **d** Oberfläche bedeckt mit Biofilm (zerrissen durch die Präparation) nach einer Durchströmungsdauer von 7 Tagen. **e** Vergrößerung von **d**. Zahlreiche Mikroorganismen sind in eine extrazelluläre Matrix eingebettet. **f** Oberfläche bedeckt mit Biofilm nach 15-tägiger Durchströmung

Bakterien beschrieben worden [41–43]. La Scola et al. konnten bei Untersuchungen von Wasser auf Intensivstationen 10 unterschiedliche Amöben-assoziierte Bakterienspezies nachweisen, wobei *Legionella anisa* und *Bosea massiliensis* am häufigsten auftraten. 40 % der untersuchten Intensivpatienten wiesen Serokonversionen gegen diese Mikroorganismen auf. Die Raten beatmungsassoziierter Pneumonien sowie systemischer inflammatorischer Reaktionen (SIRS) waren in diesem Kollektiv 4-mal höher als bei nicht-konvertierten Patienten. Ein Zusammenhang zwischen dem Auftreten beatmungsassoziierter Pneumonien und diesen bislang übersehenen Amöben-assoziierten Bakterien konnte somit wahrscheinlich gemacht werden. Hieraus leiten die Autoren ab, dass Amöben-assoziierte Bakterien eine mögliche Ursache für beatmungsassozierte Pneumonien bei ansonsten fehlendem Erregernachweis sein können [42, 43]. Auch diese Untersuchungsergebnisse bedürfen jedoch noch der weiteren wissenschaftlichen Abklärung.

### Ökologische Aspekte

Für die Entwicklung von Präventionsstrategien ist die Kenntnis ökologischer Aspekte, der Herkunft, des Eintrages und der Vermehrung von Mikroorganismen unter besonderer Berücksichtigung der Biofilmbildung von entscheidender Bedeutung (■ Abb. 1). Es kann davon ausgegangen werden, dass die meisten wasserassoziierten Krankheitserreger bereits aus der zentralen Wasserversorgung in geringen Konzentrationen in die Hausinstallationssysteme eingetragen werden [1, 44]. In eigenen Untersuchungen konnte z. B. festgestellt werden, dass 16 % der neu verlegten Rohrleitungen bereits *Pseudomonas aeruginosa* enthalten. Aus diesem Grund wird empfohlen, bei neu verlegten Rohrleitungen vor Freigabe eine Untersuchung auf *Pseudomonas aeruginosa* durchzuführen.

Moderne Hausinstallationssysteme zeichnen sich durch eine hohe Komplexität aus, sind zum Teil bei extrem langen Hausinstallationsstrecken von bis zu 100 km innerhalb eines Klinikums

eine Art „mikrobiologische Blackbox“. Vielfach sind Stagnationszonen vorhanden (Feuerlöschleitungen, stagnierende Wasserleitungen, z. B. zu Notduschen etc.). Die aus energetischen Gründen oft niedrigen Temperaturen im Warmwasserbereich (zwischen 30°C und 55°C) bieten relevanten nosokomialen Infektionserregern, wie z. B. Legionellen, ideale Vermehrungsbedingungen. Erst durch die Anhebung der Wassertemperatur auf deutlich mehr als 55°C gelingt es, Legionellen im Warmwassersystem sicher unter Kontrolle zu bringen. Sofern es durch eine mangelnde Isolierung zu einer Wärmeübertragung auf das Kaltwassersystem mit einem Temperaturanstieg auf mehr als 25°C kommt, können auch dort Bedingungen auftreten, die das Wachstum von Legionellen und anderen nosokomialen Infektionserregern grundsätzlich begünstigen [45].

Von entscheidender Bedeutung für die Persistenz und Widerstandsfähigkeit von Mikroorganismen im Wasser gegenüber Desinfektionsverfahren sind deren Befähigung zur Biofilmbildung und Persistenz

in Amöben [1, 2, 17]. Die Biofilmbildung gilt als der wichtigste Risikofaktor für das Auftreten wasserassoziierter Krankheitserreger. Unter günstigen Umständen sind bestimmte Mikroorganismen (z. B. Legionellen, Pseudomonaden, Klebsiellen, Enterobacter, Serratia, Acinetobacter u. v. a.) in der Lage, innerhalb kurzer Zeit einen flächendeckenden Biofilm zu bilden [1, 1a]. Bestimmte Komponententeile wie bestimmte Druckerhöhungsanlagen oder andere Kunststoffmaterialien, die ein besonderes Biofilmbildungspotenzial aufweisen, sind zusätzlich zu berücksichtigende Risikofaktoren. Abbildung 1 zeigt den Verlauf einer Biofilmbildung. Die Beeinflussung eines bereits bestehenden Biofilmes durch Temperaturerhöhung oder chemische Desinfektionsverfahren gestaltet sich sehr problematisch. Selbst durch hohe Chlorkonzentrationen werden Biofilme nur bedingt aufgelöst. Mit den nach TrinkwV zulässigen Desinfektionsmittelkonzentrationen gelingt es erst nach 70–160 Tagen, die in Biofilmen enthaltenen Koloniezahlen in einen zulässigen Bereich abzusenken [1, 46]. Der Prävention und Kontrolle der Biofilmbildung in Wasser führenden Systemen kommt daher auch in Zukunft eine erhebliche wissenschaftlich bedeutsame Bedeutung zu.

Auch Wasserentnahmestellen können eigenständige Infektionsquellen sein, ohne dass das Hausinstallationssystem hiervon systemisch betroffen ist. Von Bedeutung ist hier zusätzlich die retrograde Kontamination durch Wasserspritzer aus dem Waschbecken und durch Kontakte mit Händen oder Putzutensilien, wobei insbesondere in Strahlbegrenzern eine dauerhafte Vermehrung von Pseudomonaden möglich ist [47].

## Rechtliche Aspekte

Die Guidelines for Drinking Water Quality der WHO sind Basis für die europäische Richtlinienggebung sowie die Trinkwasserverordnung in Deutschland [13].

Die WHO misst der Hausinstallation in Risikobereichen als Infektionsreservoir erhebliche Bedeutung zu. Nach ihren Guidelines for Drinking Water Quality sind Krankenhäuser, Pflegeheime, andere medizinische Einrichtungen, Schulen, Hotels und Großgebäude Hochrisikobe-

reiche sowohl aufgrund der komplexen Natur der Wasserversorgungssysteme als auch aufgrund der besonderen Vulnerabilität der Patienten bzw. Nutzer. Aus diesem Grunde hält die WHO in diesen Bereichen eine erhöhte Vigilanz hinsichtlich der Kontrollmaßnahmen und deren Umsetzung für generell gerechtfertigt. Sie hat hierzu detaillierte Empfehlungen, die die Forderung nach der Entwicklung von Wassersicherungsplänen einschließen, herausgegeben [13].

In Deutschland hat der Verordnungsgeber den neuen Erkenntnissen (basierend auf den europäischen Regularien) in der TrinkwV 2001 weitestgehend Rechnung getragen [14a]. Unter dem Begriff „Wasser für den menschlichen Gebrauch“ wird hier nicht nur Trinkwasser, sondern auch Wasser, das für Körperpflege und -reinigung sowie für die Reinigung von Gegenständen, die bestimmungsgemäß nicht nur vorübergehend mit dem menschlichen Körper in Kontakt kommen, subsumiert. Wasserentnahmestellen werden dabei explizit mit in die Regelungen einbezogen. Hinsichtlich der mikrobiologischen Anforderungen heißt es, dass im Wasser für den menschlichen Gebrauch Krankheitserreger nicht in Konzentrationen enthalten sein dürfen, die eine Schädigung der menschlichen Gesundheit besorgen lassen. Unternehmer oder Inhaber von Hausinstallationssystemen haben das Wasser auf Anordnung der zuständigen Behörden zu untersuchen oder untersuchen zu lassen. Das Gesundheitsamt ist für die Überwachung zuständig und hat darüber hinaus mindestens diejenigen Parameter zu untersuchen oder untersuchen zu lassen, von denen anzunehmen ist, dass sie sich in der Hausinstallation nachteilig verändern können. Hierbei kann es unter Bezug auf die TrinkwV *Pseudomonas aeruginosa*, Legionellen aber auch andere Krankheitserreger einbeziehen. Entsprechend Anlage 4 zu § 14 Abs. 1 der Trinkwasserverordnung umfassen die periodischen Untersuchungen auch Untersuchungen auf Legionellen in zentralen Erwärmungsanlagen der Hausinstallation, aus denen Wasser für die Öffentlichkeit bereitgestellt wird [14, 14a].

Das Umweltbundesamt hat nach Anhörung der Trinkwasserkommission zu den zu untersuchenden relevanten

wasserassozierten Krankheitserregern Empfehlungen herausgegeben, die in den **Tabellen 1** und **2** dargestellt sind [48, 49].

## Prävention und Kontrolle

Als relevante Risikofaktoren für Ausbrüche im Zusammenhang mit wasserassozierten Krankheitserregern für persistierende bzw. wieder aufflammende Kontaminationen von Hausinstallationssystemen wurden aufgrund einer Expertengruppe im Auftrag der Trinkwasserkommission nachfolgende kritische Punkte genannt:

- die nicht sachgerechte Planung von Hausinstallationssystemen,
- die mangelhafte, nicht sachgerechte Installation,
- die Verwendung ungeeigneter Materialien und Bauteile,
- der nicht bestimmungsgemäße Betrieb,
- erhöhte Temperaturen im Kaltwasserbereich von deutlich mehr als 20°C,
- nicht regelmäßig genutzte Leitungsteile mit stagnierendem Wasser,
- werkstoff- und betriebseitig begünstigte Biofilmbildung,
- Biofilmbildung auf Bauteilen,
- nicht sachgerechte Dichtigkeitsprüfung vor Inbetriebnahme,
- nicht sachgerechte Inbetriebnahme [45].

Auch im medizinischen Bereich muss eine häufig unzureichende Kenntnis bei Ärzten und Pflegepersonal in Rechnung gestellt werden. Sowohl für Planer, Architekten und Installateure als auch für das medizinische Personal (Ärzte, Pflegekräfte) wird daher weiterer erheblicher Schulungsbedarf gesehen. Darüber hinaus müssen diese Erkenntnisse aufgrund ihrer Bedeutung für das Auftreten zum Teil schwer verlaufender Infektionen stärker in das Medizinstudium integriert werden.

Die wichtigsten baulich-technischen und betrieblich-organisatorischen Regeln zur Prävention und Kontrolle wasserassoziierter Infektionen sind bereits in einschlägigen technischen Regelwerken wie u. a. DVGW W 551, DVGW W 553, VDI 6023 niedergelegt [45]. Weitere diesbezüglich wichtige Aspekte beziehen sich auf:

Tabelle 1

**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 bereitgestellt wird [48]**

Art der Einrichtung, in der sich die Wasserversorgungsanlage befindet	Ort der Entnahme	Grenzwert Koloniezahl bei 22°C (KBE/ml)	Grenzwert Koloniezahl bei 36°C (KBE/ml)	Grenzwert Coliforme Bakterien (KBE/100 ml)	Höchstwert Pseudomonas aeruginosa (KBE/100 ml)
Krankenhäuser sowie andere medizinische Einrichtungen und Pflegeeinrichtungen (entspr. 2.1–2.2)	Übergabestelle + peripher gelegene Entnahmestelle	100	100	0	0
Übrige Einrichtungen (entspr. 2.3–2.7)	Übergabestelle + peripher gelegene Entnahmestelle	100	100	0	–

Tabelle 2

**Empfehlung des Umweltbundesamtes nach Anhörung der Trinkwasserkommission des Bundesministeriums für Gesundheit, Periodische Untersuchung auf Legionellen in zentralen Erwärmungsanlagen der Hausinstallation nach § 3 Nr. 2 Buchstabe c TrinkwV 2001, aus denen Wasser für die Öffentlichkeit bereitgestellt wird [49]**

Art der Einrichtung, in der sich die Wasserversorgungsanlage befindet	Werte für Legionellen (KBE/100 ml)	Maßnahmen	Weitergehende Untersuchung	Untersuchungsintervall
Krankenhäuser sowie andere medizinische und Pflegeeinrichtungen (entspr. 2.1–2.2) – Hochrisikobereiche	• Zielwert 0 • Gefahrenwert ≥ 1	Nutzungseinschränkung oder endständige Filtration	unverzüglich <sup>b</sup>	nach einem halben Jahr <sup>a</sup>
Krankenhäuser sowie andere medizinische und Pflegeeinrichtungen (entspr. 2.1–2.2) – Normalbereiche	• Zielwert < 100 • Prüfwert ≥ 100 • Maßnahmewert > 1000  • Gefahrenwert > 10.000	keine keine Sanierungsmaßnahmen umgehend, Umfang in Abhängigkeit von weitergehenden Untersuchungen Gefahrenabwehr unverzüglich Meldung an das Gesundheitsamt <sup>b, c</sup>	keine innerhalb von 4 Wochen umgehend  umgehend	1 Jahr
Übrige Bereiche (entspr. 2.3–2.7)	• Zielwert < 100 • Prüfwert ≥ 100 • Maßnahmewert > 1000  • Gefahrenwert > 10.000	keine keine Sanierungserfordernis in Abhängigkeit von weitergehenden Untersuchungen Gefahrenabwehr unverzüglich	keine innerhalb von 4 Wochen umgehend  umgehend	1 Jahr <sup>d</sup>

<sup>a</sup> Richtlinie für Krankenhaushygiene und Infektionsprävention des Robert Koch-Instituts [10].

<sup>b</sup> Maßnahmen unter Information des zuständigen Gesundheitsamtes und in Abstimmung mit einem vom Gesundheitsamt empfohlenen Hygiene-Institut (siehe 5).

<sup>c</sup> siehe auch 4.4 und 5.

<sup>d</sup> Werden bei Nachuntersuchungen im jährlichen Abstand weniger als 100 Legionellen in 100 ml in allen Wasserproben nachgewiesen, kann das Untersuchungsintervall auf maximal 3 Jahre ausgedehnt werden.

- Planung und Installation (Werkstoff-Auswahl etc),
- Prüfung auf Dichtigkeit (nicht mit Wasser),
- Art der Inbetriebnahme,

- Betrieb der Hausinstallation,
- Maßnahmen bei Betriebunterbrechung u. a..

Hierzu wird auf die entsprechenden Empfehlungen verwiesen.

Die technische Optimierung stellt die wichtigste Präventionsmaßnahme dar. Im Rahmen von Sanierungsarbeiten

müssen aber häufig auch Desinfektionsmaßnahmen durchgeführt werden. Zu den Desinfektionsverfahren, die hierbei (nicht nur bezüglich Legionellen) angewendet werden, zählen:

- thermische Verfahren,
- die Desinfektion mit UV-Strahlen,
- chemische Verfahren auf der Basis von Chlor, Chlordioxid und elektrolytische Verfahren.

Nach der TrinkwV dürfen zur Aufbereitung von Wasser für den menschlichen Gebrauch nur Aufbereitungsstoffe verwendet werden, die vom Bundesministerium für Gesundheit in einer Liste im Bundesgesundheitsblatt bekannt gemacht worden sind. Nach der Liste der Aufbereitungsstoffe und Desinfektionsverfahren gemäß § 11 der TrinkwV 2001 (Stand Nov. 2005) sind zur Desinfektion nur

- die UV-Bestrahlung,
- die Desinfektion mit Chlor bzw. mit Chlordioxid

zugelassen. Die UV-Desinfektion verfügt nicht über eine remanente Wirkung. Der Einsatz von UV-Desinfektionsverfahren kann ein Hausinstallationsnetz dann schützen, wenn von Anbeginn des Betriebs eine geprüfte UV-Desinfektion gewährleistet ist.

Durch Verfahren auf der Basis von Chlor kann grundsätzlich eine Desinfektion des Wassers erreicht werden. Eine nachhaltige Eliminierung von in Biofilmen befindlichen Mikroorganismen kann jedoch nur nach sehr langen Einwirkzeiten erreicht werden. Aus diesem Grund kommt es häufig nach Reduktion oder Beendigung der Chlorzudosierung zu einer Wiederverkeimung.

Die Erfahrungen der letzten Jahre zeigen, dass selbst mit hohen Temperaturen (mehr als 90°C) bei Kontaminationen von Hausinstallationssystemen mit *Pseudomonas aeruginosa* nur bedingt nachhaltige Sanierungserfolge erzielt werden können. Vor diesem Hintergrund kommt den o. a. Präventionsmaßnahmen zur primären Vermeidung einer Kontamination höchste Bedeutung zu [1, 45].

## Endständige Filtration

Endständige Filter an Wasserentnahmestellen haben sowohl experimentell als auch aufgrund epidemiologischer Untersuchungen ihre Wirksamkeit bewiesen. Verschiedene Autoren konnten zeigen, dass bei Patienten auf Intensivstationen bzw. Hochrisikostationen durch Verwendung endständiger Sterilfilter eine deutliche Reduktion an *Pseudomonas*-Infektionen und -Kolonisationen erzielt werden konnte [1, 4, 12, 17]. In Risikobereichen haben endständige Filter mittlerweile einen festen Stellenwert zur Verhütung wasserassoziiertes nosokomialer Infektionen.

## Wassersicherungspläne

Die WHO fordert in ihren Guidelines for Drinking Water Quality auch für Hausinstallationssysteme die Aufstellung von Wassersicherungsplänen [13]. Diese umfassen Untersuchungen zur Festlegung von Risikopunkten, Kriterien für das operationale Monitoring des Trinkwassersystems, die Implementierung eines systematischen Wasserqualitätsmanagements einschließlich Dokumentation und Kommunikation, die Festlegung von Maßnahmen bei Überschreitung von Grenzwerten oder bei Erkrankungen mit Festlegung von Informations- und Kommunikationslinien sowie Maßnahmenprogramme zur Verbesserung der Hausinstallation bei erkannten Problemen.

## Ausbruchmanagement

Entsprechend der Empfehlung „Ausbruchmanagement und strukturiertes Vorgehen bei gehäuftem Auftreten nosokomialer Infektionen“ der Kommission für Krankenhaushygiene und Infektionsprävention am Robert Koch-Institut kann bereits das Auftreten einer einzelnen nosokomial erworbenen Legionellose Anlass für eine hygienische Analyse bzw. ein Störfallmanagement sein. Ebenso muss das gehäufte Auftreten nosokomialer Infektionen beispielsweise durch *Klebsiellen*, *Enterobacter cloacae*, *Serratia marcescens*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Stenotrophomonas maltophilia*, *Burkholderia cepacia* oder *Acinetobacter baumannii*, Anlass sein, differenzialdiagnostisch auch eine

wasserassoziierte Infektion in Erwägung zu ziehen und unter Einbeziehung der zuständigen Landesinstitute oder ausgewiesener Hygiene-Institute (z. B. an den Universitäten unter Leitung eines Facharztes für Hygiene und Umweltmedizin) abzuklären [14, 49].

## Fazit

**Auf der Basis neuerer Erkenntnisse, insbesondere unter Hinzuziehung epidemiologischer Untersuchungen mit molekularbiologischer Genotypisierung, konnte gezeigt werden, dass die Hauswasserinstallation in Krankenhäusern eine wichtige Rolle als Infektionsreservoir für nosokomiale Infektionen spielt und dass durch geeignete Maßnahmen das Risiko derartiger Infektionen nachweislich reduziert werden kann. Hiermit erschließen sich neue Ansätze zur Prävention und Kontrolle nosokomialer Infektionen. Voraussetzung für deren Erfolg ist die intensive Kommunikation mit und die Schulung von Planern, Ingenieuren, Architekten, Ärzten, Pflegepersonal und Verwaltungsfachleuten. Bezüglich der Rolle einzelner Mikroorganismengruppen (Pilze, Amöben-assoziierte Mikroorganismen u. a.) sowie der Maßnahmen zur Prävention und Bekämpfung von Biofilmen besteht weiterhin erheblicher Forschungsbedarf.**

## Korrespondierender Autor

Prof. Dr. M. Exner

Institut für Hygiene und Öffentliche Gesundheit der Universität Bonn  
Sigmund-Freud-Straße 25  
53105 Bonn, BRD  
E-Mail: martin.exner@ukb.uni-bonn.de

## Literatur

1. Exner M, Kramer A, Lajoie L et al. (2005) Prevention and control of health care-associated waterborne infections in health care facilities. *Am J Infect Control* 33:526–540
- 1a. Centers for Disease Control and Prevention (2003) Guidelines for environmental infection control in health-care facilities: recommendations of CDC and the Healthcare Infection Control Practices Advisory Committee (HICPAC). *MMWR Morb Mortal Wkly Rep* 52:1–48
2. Anaisie E, Penzak S, Dignani C (2002) The hospital water supply as a source of nosocomial infections. *Arch Intern Med* 162:1483–1492

3. Trautmann M, Michalsky T, Wedeck H et al. (2001) Tap water colonization with *Pseudomonas aeruginosa* in a surgical intensive care unit (ICU) and relation to *Pseudomonas* infection of ICU Patients. *Infect Control Hosp Epidemiol* 22:49–52
4. Trautmann M, Royer H, Helm E et al. (2004) *Pseudomonas aeruginosa*: new insights into transmission pathways between hospital water and patients. *Filtration* (1 Suppl):63–70
5. Blanc D, Nahunana I, Petgnat C et al. (2004) Faucets as a reservoir of endemic *Pseudomonas aeruginosa* colonization/infections in intensive care units. *Intensive Care Med* 30:1964–1968
6. Valles J, Mariscal D, Cortes P et al. (2004) Patterns of colonization by *Pseudomonas aeruginosa* in intubated patients: a 3-year prospective study of 1607 isolates using pulsed-field gel electrophoresis with implications for prevention of ventilator-associated pneumonia. *Intensive Care Med* 30:1768–1775
7. Petignat C, Francioli P, Nahimani I et al. (2006) 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* 27:953–957
8. Sabria M, Modol JM, Garcia-Nunez M et al. (2004) Environmental cultures and hospital-acquired Legionnaires' disease: a 5-year prospective study in 20 hospitals in Catalonia, Spain. *Infect Control Hosp Epidemiol* 25:1072–1076
9. Yu VL, Beam TR, Lurnish RM et al. (1987) Routine culturing for Legionella in the hospital environment may be a good idea: a three-hospital prospective study. *Am J Med Sci* 294:97–99
10. Exner M, Schulze-Röbbecke R (1987) Legionellen – Epidemiologie, Ökologie, Infektionsquellen und präventive Maßnahmen. *Öff Ges Wes* 49:90–96
11. Stout JE, Yu V (2001) Legionella in the hospital water supply: a plea for decision making based on evidence-based medicine. *Infect Control Hosp Epidemiol* 22:670–672
12. Vianelli N, Giannini MB, Quarti C et al. (2006) Resolution of a *Pseudomonas aeruginosa* outbreak in a hematology unit with the use of disposable sterile water filters. *Haematologica* 91:983–985
13. World Health Organization (2004) Guidelines for drinking-water quality. World Health Organization, Geneva
14. Exner M, Kistemann T (2004) Bedeutung der Trinkwasserverordnung für die Krankenhaushygiene. *Bundesgesundheitsbl* 47:384–391
- 14a. Trinkwasserverordnung 2001 [http://www.gesetze-im-internet.de/trinkwv\\_2001/index.html](http://www.gesetze-im-internet.de/trinkwv_2001/index.html)
15. Engelhart S, Krizek L, Glasmacher A et al. (2002) *Pseudomonas aeruginosa* outbreak in a haematology-oncology unit associated with contaminated surface cleaning equipment. *J Hosp Inf* 52:93–98
16. N.N. (2005) Zur Situation bei wichtigen Infektionskrankheiten im Jahr 2004 – Legionellose in Deutschland 2004. *Epid Bull* 48:447–451
17. Sabria M, Yu VL (2002) Hospital-acquired legionellosis: solutions for a preventable infection. *Lancet Infect Dis* 2(6):368–373
18. Marston BJ, Lipman HB, Breiman RF (1994) Surveillance for Legionnaires' disease. Risk factors for morbidity and mortality. *Arch Intern Med* 154:2417–2422
19. Gracner B, Gracner T, Falez M, Pahor D (2006) *Pseudomonas-keratoconjunctivitis* in a contact lens wearer, the therapy and keratoplasty a chaud. *Klin Monatsbl Augenheilkd* 223(8): 699–702
20. Garcia-Fulgueiras A, Navarro C, Fenoli D et al. (2003) Legionnaires' disease outbreak in Murcia, Spain. *Emerg Infect Dis* 9:915–921
21. Glasmacher A, Engelhart S, Exner M (2003) Infections from HPC organisms in drinking-water amongst immunocompromised. In: Bartram J, Cotruvo J, Exner M et al. (eds) *Heterotrophic plate counts and drinking-water safety*. WHO IWA Publishing; London, S 137–415
22. Rusin PA, Rose JB, Haas CN, Gerba CP (1997) Risk assessment of opportunistic bacterial pathogens in drinking water. *Rev Environ Contam Toxicol* 152:57–83
23. Sharma BR, Harish D Singh VP, Bangar S (2006) Septicemia as a cause of death in burns: an autopsy study. *Burns* 32:545–549
24. Donelli G, Guaglianone E (2004) Emerging role of *Enterococcus* spp in catheter-related infections: biofilm formation and novel mechanisms of antibiotic resistance. *J Vasc Access* 5(1):3–9
25. O'Connell HA, Kottkamp GS, Eppelbaum JL et al. (2006) Influences of biofilm structure and antibiotic resistance mechanisms on indirect pathogenicity in a model polymicrobialbiofilm. *Appl Environ Microbiol* 72:5013–5019
26. N.N. (2004) Zu zwei nosokomialen Legionellenausbrüchen in einem Klinikum im Land Brandenburg. *Epidem Bull* 11:89–91
- 26a. Squier CL, Stout JE, Krsyotfiak S et al. (2005) A proactive approach to prevention of health-care acquired Legionnaires' disease: the Allegheny County (Pittsburgh) experience. *Am J Infect Control* 33(6):360–367
27. HELICS; Hospital In Europe Link for Infection Control through Surveillance <http://helics.univ-lyon1.fr/helichome.htm>
28. Nasser R, Rahi A, Haddad M et al. (2004) Outbreak of Burkholderia cepacia bacteremia traced to contaminated hospital water used for dilution of an alcohol skin antiseptic. *Infect Control Hosp Epidemiol* 25:231–239
29. Parola O, Nousiainen T, Suomalainen S et al. (2002) Recurrent *Sphingomonas paucimobilis* bacteremia associated with a multi-bacterial waterborne epidemic among neutropenic patients. *J Hosp Inf* 50:196–201
30. Villegas M, Hartstein A (2003) *Acinetobacter* outbreaks 1977–2000. *Infect Control Hosp Epidemiol* 24:284–295
31. Pedly S, Bartram J, Rees G et al. (2004) Pathogenic mycobacteria in water: a guide to public health consequences monitoring and management. WHO/IWA Publishing; London
32. Schulze-Röbbecke R, Hagenau C, Behringer K (1997) Verhalten von Mykobakterien bei der Trinkwasseraufbereitung. In: Exner M (Hrsg) *Vorkommen und Verhalten von Mikroorganismen und Viren im Trinkwasser*. DVGW-Schriftenreihe Wasser, Bonn, S 91–114
33. Schulze-Röbbecke R, Hagenau C (1995) Mykobakterien. In: N.N. (Hrsg) *Verhalten von Mikroorganismen und Viren bei der Trinkwasseraufbereitung*. DVGW-Schriftenreihe Wasser, Bonn, S 191–202
34. Tobin-D'Angelo MJ, Blass MA, del Rio C et al. (2004) Hospital water as a source of *Mycobacterium avium* complex isolated in respiratory spasms. *J Infect Dis* 189:98–104
35. Cline S, Cameron S, Streifel A et al. (2004) An outbreak of bacteremias associated with *Mycobacterium mucogenicum* in a hospital water supply. *Infect Control Hosp Epidemiol* 25:1042–1049
36. Conger N, O'Connell R, Laurel V et al. (2004) *Mycobacterium simiae* outbreak associated with a hospital water supply. *Infect Control Hosp Epidemiol* 25:1050–1055
37. Anaissie EJ, Stratton S, Dignani M et al. (2003) Pathogenic molds (including *Aspergillus* species) in hospital water distribution systems – a 3-year prospective study and clinical implication for patients with hematologic malignancies. *Blood* 101:2542–2546
38. Anaissie EJ, Stratton S, Dignani M et al. (2002) Pathogenic *Aspergillus* species recovered from a hospital water system: a 3-year prospective study. *Clin Inf Dis* 34:780–789
39. Raad I, Tarrand J, Hanna H et al. (2002) Epidemiology, molecular mycology, and environmental sources of *Fusarium* infection in patients with cancer. *Infect Control Hosp Epidemiol* 23(9): 532–537
40. O'Donnell K, Sutton DA, Rinaldi MG et al. (2004) Genetic diversity of human pathogenic members of the *Fusarium oxysporum* complex inferred from multilocus DNA sequence data and amplified fragment length polymorphism analyses: evidence for the recent dispersion of a geographically widespread clonal lineage and nosocomial origin. *J Clin Microbiol* 42(11):5109–5120
41. Marrie T, Raoult D, La Scola B et al. (2001) Legionella-like and other amoebal pathogens as agents of community-acquired pneumonia. *Emerg Infect Dis* 7:1026–1029
42. La Scola B, Boyadjev I, Greub G et al. (2003) Amoeba-resisting bacteria and ventilator-associated pneumonia. *Emerg Inf Dis* 9:815–821
43. La Scola B, Audic S, Robert C et al. (2003) A giant virus in amoebae. *Science* 299:2033
44. Schwenk R (2002) *Pseudomonas aeruginosa* in einem Trinkwassernetz. *Epidemiol Bull* (RKI) 40:337–338
45. Exner M et al. (2006) Ergebnisse einer Expertenanhörung am 31.3.2004 im Universitätsklinikum Bonn. Hausinstallationen, aus denen Wasser für die Öffentlichkeit bereitgestellt wird, als potenzielles Infektionsreservoir mit besonderer Berücksichtigung von Einrichtungen zur medizinischen Versorgung – Kenntnisstand, Prävention und Kontrolle. *Bundesgesundheitsbl* 49:681–686
46. Otte A, Vacata V, Exner M, Gebel J (2004) Efficiency of chlorine, chlorine dioxide and UV-C irradiation on biofilm removal and prevention in silicone tubes with running tap water (poster). Proceedings of Biofilms 2004 Oct 24–26: Structure and Activity of Biofilms; Oct 24–26; Las Vegas, Nev. Las Vegas: The Conference
47. Reuter S, Sigge A, Wiedeck H, Trautmann M (2002) Analysis of transmission pathways of *Pseudomonas aeruginosa* between patients and tap water outlets. *Crit Care Med* 30:2384–2385
48. N.N. (2006) 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 bereitgestellt wird. *Bundesgesundheitsbl* 49:693–696

49. N.N. (2006) Empfehlung des Umweltbundesamtes nach Anhörung der Trinkwasserkommission des Bundesministeriums für Gesundheit. Periodische Untersuchung auf Legionellen in zentralen Erwärmanlagen der Hausinstallation nach § 3 Nr. 2 Buchstabe c TrinkwV 2001, aus denen Wasser für die Öffentlichkeit bereitgestellt wird. Bundesgesundheitsbl 49:697–700

**G.-Chr. Zinn, R. Rößler, P. Weidenfeller**  
**Praktische Hygiene in der Zahnmedizin**

Kissing: Verlag für medizinische Praxis 2006.  
1. Auflage Dezember, 169 S.  
(ISBN: 978-3-938999-05-9), Hardcover-Bindung,  
mit zahlreichen Farbbildungen, 89,00 EUR

Die 3 Herausgeber und noch weitere 5 Fachautoren aus der Zahnheilkunde, Hygiene und Umweltmedizin, Krankenhausökologie sowie Innere Medizin, haben ein sehr praxisnahes und vor allem didaktisch hervorragendes Buch geschrieben.

Es gliedert sich in die Kapitel: rechtliche Grundlagen, mikrobiologische Grundlagen, Hygiene in der zahnärztlichen Praxis, im OP, in der Anästhesie, Medizinproduktaufbereitung, Antibiotika, Abfallentsorgung, Qualitätsmanagement, Wasseraufbereitung, Infektionsschutz für das Personal, behördliche Überwachung der Zahnarztpraxis, Ausbildung Hygienebeauftragter im zahnärztlichen Bereich, spezielle Hygienemaßnahmen in der Kieferorthopädie, Parodontologie, Implantologie, Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie sowie Hygienepläne.

Mit einem sehr guten Stichwortverzeichnis findet man sich schnell im Buch zurecht. Die wichtigsten Empfehlungen werden in jedem Kapitel in einem so genannten Memo bzw. in Praxistipps auch optisch gut hervorgehoben zusammengefasst. Eine dem Buch beigelegte CD enthält umfangreiche Desinfektionspläne und andere für die tägliche Praxis wertvolle Dinge, wie z.B. Muster, Arbeitsanweisungen, Checklisten etc., die leicht und einfach für die eigene Praxis modifiziert werden können.

Ein paar kritische Anmerkungen: Es wird die Desinfektion von Absauganlagen mit ca. 3-minütigem Durchspülen von Desinfektionsmitteln empfohlen. Es ist nun einmal wissenschaftlich einwandfrei nachgewiesen, dass man Absauganlagen überhaupt nicht desinfizieren kann, erstes, weil die Einwirkungszeit der Desinfektionsmittel viel zu gering ist, und zweitens kein noch so gutes Desinfektionsmittel die sich schnell bildenden Biofilme in den Absauganlagen durchdringen kann. Auch halte ich eine Desinfektion innen und außen von Mundspülbecken nach jedem Patienten für übertrieben.

Nichtsdestoweniger, wer dieses Buch kauft und sich an die Empfehlungen hält,

übersteht jeden Besuch von Überwachungsbehörden mit Bravour.

*Franz Daschner, Bonn*