

## V-2.3 Medizinisch verwendetes Trinkwasser

E.G. BECK

Die Versorgung des Krankenhauses mit Trinkwasser erfolgt im allgemeinen durch das öffentliche Netz, seltener durch eine Eigenversorgung. Die speziell mit dem Krankenhaus verbundenen Aufgabenbereiche verlangen von der Trinkwasserqualität und von den technischen Einrichtungen der Wasserversorgungsanlagen höhere Anforderungen als sie durch die Trinkwasser-Verordnung erfüllt werden können. Zu bedenken ist dabei, daß sich die mikrobiologische und die chemische Wasserqualität in der Hausinstallation verschlechtern kann. Eine Kontrolle erfolgt nur bei besonderem Anlaß (BOTZENHART, 1996). Das durch die öffentliche Trinkwasserversorgungsanlage dem Krankenhaus angelieferte Trinkwasser dient unmittelbar der Versorgung stationär aufgenommenen Kranken, die im allgemeinen durch ihre Grundkrankheit, durch Alter oder durch die Behandlung immungeschwächt und damit infektionsgefährdet sind. Das Trinkwasser wird benötigt zur Pflege der Patienten, für diagnostische und therapeutische Maßnahmen, aber auch zum Betrieb von medizintechnischen Geräten mit zusätzlichen Qualitätskriterien.

Mikrobielle und chemische Belastungen des Trinkwassers werden im allgemeinen nicht angeliefert, sondern erfolgen sekundär durch krankenhausinterne und technische Anforderungen, aber auch durch fahrlässige Hygienefehler. Auf diese Weise kann das Trinkwasser zum Vektor für pathogene Mikroorganismen und Viren sowie für krankenhausinterne Problemkeime werden (Tab. 1).

Tabelle 1: Bedeutende Mikroorganismen im Hinblick auf eine mögliche Infektion durch das Wasser im Krankenhaus (R. SOMMER 1992)

Gramnegative Bakterien	Grampositive Bakterien
<i>Pseudomonas</i>	aerobe sporenbildene Bakterien
<i>P. aeruginosa</i>	<i>Clostridium perfringens</i>
<i>Acinetobacter</i>	<i>Staphylococcus</i>
<i>Alcaligenes</i>	<i>S. aureus</i>
<i>Achromobacter</i>	<i>Mycobacterium</i>
<i>Flavobacterium</i>	NTM (non tuberculosis M., atypische Mycobakterien)
<i>Aeromonas</i>	<i>M. fortuitum</i>
<i>Leginella</i>	<i>M. chelonae</i>
<i>L. pneumophila</i>	
<i>Enterobacteriaceae</i>	

Das Trinkwasserversorgungssystem des Krankenhauses besteht aus einem Kaltwasserkreislauf und einem Warmwasserkreislauf, über den die einzelnen Funktionsbereiche versorgt werden. Durch das weitverzweigte, lange Netz kann es, wenn kein Ringschluß der Leitungen besteht und zudem Totleitungen vorhanden sind, zu Wasserstagnationen kommen. Eine längere Stagnation bedeutet immer das Risiko einer chemischen und mikrobiellen Kontamination, im letzteren Fall besonders dann, wenn das wasserführende Leitungsnetz nicht desinfiziert wird. Korrosionsschutz des Leitungssystems durch Phosphate, Enthärtungsanlagen (z.B. Ionenaustauscher), schlecht oder nicht gewartete Filter und Wasserauslaufarmaturen (OP-Waschräume) sowie schlechte Isolierung von Kalt- und Warmwasserleitungen, begünstigen diese Kontaminationen. Dies gilt gleichermaßen für die Warmwasserspeicherung und ihre Verteilung bei niedrigeren Temperaturen (unter 60°C). Von Warmwassersystemen können Infektionsrisiken, insbesondere durch legionellenhaltige Aerosole bzw. Mikroaspiration ausgehen. Legionellen (und ihre Wirtsorganismen), die mit dem Trinkwasser in Warmwassersysteme eingebracht wurden, finden bei 30-50°C gute Vermehrungsbedingungen. Besonders große Warmwassersysteme mit langen Rohrsystemen u.a. in Krankenhäusern, sind nicht selten Legionella kontaminiert. Dies betrifft besonders ältere, schlecht gewartete Anlagen. Bei Temperaturen unter 20°C vermehren sich Legionellen nicht, bei Temperaturen ab 60°C sterben sie innerhalb von Minuten ab (RKI, 1996).

Ionenaustauscher werden zur Wasserenthärtung aus technischen Gründen empfohlen (Dentaleinheiten). Sie wirken über den Austausch von Anionen und Kationen. Das Füllmaterial Kunstharz wirkt stark adsorptiv für mineralische und organische Substanzen. Dies gilt auch für Mikroorganismen, für die der Kunstharz zudem als Nährstoffquelle dient. Im allgemeinen wird die autochthone Flora des Wassers angereichert, in Krankenhaus und Praxis darüber hinaus auch durch die sog. Problemkeime. Schließlich kann es bei massiven Kontaminationen zum Eintrag von Pyrogenen bzw. Bakterien-Endotoxinen in das Trinkwasser kommen (Tab. 2). Dies ist auch der Grund, weshalb durch Ionenaustauscher behandeltes Wasser nicht zur Bereitung von Infusions- und Injektionslösungen verwendet werden darf. Falls zur Wasserenthärtung für Geräte ein Ionenaustauscher erforderlich ist, sollte er regelmäßig gewartet und der Kunststoff erneuert werden.

Trinkwasser wird medizinisch verwendet besonders in Dialyseeinheiten, bei über das Leitungsnetz betriebene Inhalatoren (Physiotherapie), in zahnärztlichen Behandlungseinheiten (Dentaleinheiten), in Luftbefeuchtern von RLT-Anlagen, in der Apotheke sowie der Küche.

Für bestimmte Funktionsbereiche des Krankenhauses können *Trinkwasserbehandlungen* erforderlich sein, z.B. durch Enthärtung, Entgasung, Destillation, Entmineralisierung, Filtration und Desinfektionsmaßnahmen. Neben den Rechtsvorschriften sind die Regeln der Technik zu berücksichtigen (z.B. DIN 19635 „Dosiergeräte zur Behandlung von Trinkwasser“). Alle Trinkwasserbehandlungsanlagen stellen in einer Wasserversorgung hygienische Schwachstellen dar, da es dort zu Verunreinigungen kommen kann. Das behandelte Trinkwasser darf die Gesundheit nicht beeinträchtigen (RKI-Richtlinie, Anlage 4.4.6 u. 6.7).

Tabelle 2: Mikrobiologische Beeinträchtigungen des Wassers und ihre Ursachen (R. Sommer, 1992)

<p><b>Verkeimung des Wassers durch die autochthone Flora</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Durchfälle</li> <li>• Wundinfektionen</li> <li>• Lebensmittelinfektionen und Intoxikationen (Küche)</li> </ul> <p><b>Endotoxine der gramnegativen Bakterien</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• pyrogene Wirkung bei Dialyse und Infusionslösungen</li> </ul> <p><b>Ursachen</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Stagnation des Wassers</li> <li>• schlechte Isolierung von Kalt- und Warmwasserleitungen</li> <li>• zu geringe Warmwassertemperaturen in den Boilern und im Leitungsnetz</li> <li>• Phosphatdosierung</li> <li>• Ionenaustauscher</li> <li>• Filter</li> <li>• Dialyse-Einheiten</li> <li>• Luftbefeuchter</li> </ul>
--

Die krankenhausinterne Installation einschließlich der Trinkwasserbehandlungsanlagen muß den Anforderungen über allgemeine Bedingungen für die Versorgung mit Wasser (AVBWasserV) und den dort angesprochenen anerkannten Regeln der Technik (z.B. DIN 1988) genügen (Tab. 3).

An die Wasserqualität für *Dialyseeinheiten* bestehen sowohl aus mikrobieller als auch aus chemischer Sicht besondere hygienische Anforderungen. Zu bedenken ist dabei, daß ein Patient über die Dialyse mit bis zu 30.000 Litern Wasser pro Jahr indirekt in Berührung kommt.

Tabelle 3: Maßnahmen zur Verhinderung von wasserbedingten Erkrankungen durch Wasserleitungssysteme (R. Sommer, 1992, modifiziert)

<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Wasserleitungssysteme</b> im Ring geschlossen, keine Stich- und Blindleitungen</li> <li>• Zirkulationsleitungen für das <b>Warmwasser</b> (mindestens 55C)</li> <li>• gute Isolierung der <b>Kalt- und Warmwassersysteme</b></li> <li>• Pflege des Leitungsnetzes durch periodisches <b>Spülen mit Heißwasser</b> (65 C) gegebenenfalls Desinfektion</li> <li>• Periodische Reinigung und Desinfektion von <b>Wasserspeichern und Wasserauslaufarmaturen</b> (Anstelle von perlatoeren Wasserstrahlregler)</li> <li>• selbstentleerende <b>Ausläufe</b> (Duschschläuche)</li> <li>• Keine Phosphatdosierung</li> <li>• Verwendung von <b>Filtern</b> nur bei sorgfältiger Wartung</li> <li>• Einsatz einer <b>Desinfektionsanlage</b> nach Trinkwasserbehandlungsanlagen z. B. <b>Dental-einheiten</b>: Wiederaufbereitung und kontinuierliche Desinfektion des Trinkwassers im Schlauchsystem für Sauglanze, Munddusche und Turbinenspray (z.B. durch Ozon)</li> <li>• Regelmäßige mikrobiologische und chemische <b>Kontrollen</b>.</li> </ul>
--

Für die spezielle Wasseraufbereitung werden verschiedene Typen von Ionenaustauschern, Umkehrosmosen und Kombinationsverfahren eingesetzt. Unter den Wasserbehandlungsverfahren ist die Umkehrosmose zu bevorzugen (RKI-Richtlinie, Anlagen 4.4.6 u. 6.7, 1988).

Bei der Umkehrosmose wird Wasser unter Druck über semipermeable Membranen geleitet. Die Membranen halten gelöste und suspendierte Stoffe selektiv zurück. Der angewandte Druck muß dabei höher sein als der natürliche osmotische Druck. Die Wassermoleküle treten damit über die Membranen von der höher konzentrierten in die niedriger konzentrierte Lösung ein. Das weitgehend salzarme Permeat enthält Sauerstoff und Kohlensäure und ist daher stark korrosiv. Wenn die Membranen der Umkehrosmosanlage auch als bakteriendicht gelten, sind Fehler im Hinblick auf den Porendurchmesser und auf die Filterdichtigkeit möglich. Damit können Kontaminationen des Dialysates grundsätzlich nicht ausgeschlossen werden. Darüber hinaus stellt die Dialyseflüssigkeit durch ihre Zusammensetzung und die Erwärmung auf Körpertemperatur ein hervorragendes Milieu für Mikroorganismen dar. Zudem kann es durch die Vernachlässigung der Asepsis, aber auch durch die schwierige Desinfizierbarkeit des Dialysegerätes mit seinen Toträumen (Reinigung + Desinfektion), zu weiteren mikrobiellen Kontaminationen mit krankenhausspezifischen Problemkeimen kommen, wie z.B. mit *P.aeruginosa* (MASCHER, 1988), Enterobacteriaceae und *Aeromonas* spp. (MASCHER et al., 1988) sowie Mycobacteriaceae (CARSON et al., 1989). Dies gilt auch für die Kontamination mit Hepatitis-B-Virus (Hepatitis C?), wie es die Hepatitisverbreitung bei Dialysepatienten dokumentiert.

Um das Infektionsrisiko zu minimieren, müssen die Trinkwasserbehandlungsanlage, Rohwasser (Trinkwasser) und Dialysat Mindestanforderungen erfüllen, die im Sinne der Infektionskontrolle regelmäßig mikrobiell zu prüfen sind. „Für Dialysegeräte muß keimarmes Wasser zur Verfügung stehen. Die Gesamtkoloniezahl soll bei einer Bebrütungstemperatur von 36°C den Richtwert von 100 pro ml nicht überschreiten. *Pseudomonas aeruginosa* soll in 100 ml nicht enthalten sein. Bei Überschreiten der Richtwerte müssen die Ursachen geklärt und weitere Maßnahmen mit dem Krankenhaushygieniker abgestimmt werden" (RKI-Richtlinie, Anlagen 4.4.6 u. 6.7, 1988). Eine erneute Aufbereitung des Rohwassers vor der Umkehrosmose mit Ozon könnte diese Maßnahmen positiv unterstützen.

Auch *zahnärztliche Behandlungseinheiten (Dentaleinheiten)* werden mit Trinkwasser aus dem kommunalen Leitungsnetz versorgt, welches dann als Kühl- und Spülmittel dem Zahnarzt und dem Patienten zur Verfügung steht. In Dentaleinheiten hat das medizinisch verwendete Trinkwasser aus infektionspräventiven Gründen ebenso mindestens Trinkwasserqualität zu besitzen.

*Nach § 1 (1) der Trinkwasser-Verordnung (TrinkwV) muß Trinkwasser frei sein von Krankheitserregern. Diese Erfordernis gilt als nicht erfüllt, wenn Trinkwasser in 100 ml Escherichia coli, coliforme Bakterien oder Fäkalstreptokokken enthält = Grenzwert.*

*(2) Im Trinkwasser soll die Koloniezahl 100/ml und im desinfizierten Wasser 20/ml nicht überschreiten = Richtwerte.*

Durchgeführte, kontinuierliche Untersuchungen mit mikrobiologischen Tages- und Wochenprofil zeigen dagegen, daß das Wasser der Munddusche und der Turbinensprüher nach Wochenenden oder morgens vor Arbeitsbeginn besonders stark mikrobiell kontaminiert ist (FILIPPI, 1990, 1995, STEINBOCK, 1993; s.a. Kapitel V-12.2). Diese Ergebnisse bestätigen die Untersuchungsergebnisse anderer Autoren (EXNER et al., 1981, BORNEFF, 1986, 1989).

Damit besteht eine *Infektionsgefährdung für den Patienten*. Das *Infektionsrisiko* ist besonders erhöht bei den zahnärztlichen Eingriffen, die mit einer Durchbrechung der Integrität der Mundschleimhaut verbunden sind und wenn zudem der Immunstatus des Patienten beeinträchtigt ist. Wenn darüber hinaus die mit der Behandlung in unmittelbaren Zusammenhang stehende Infektion mit einem Erreger erfolgte, für den bis zur Manifestation der Infektionskrankheiten eine lange Inkubationszeit erforderlich ist (z.B. Hepatitis B, C), können Infektionsursache und -zeitpunkt anamnestisch verloren gehen bzw. die Infektionskontrolle des Zahnarztes unterlaufen (Abb. 1).

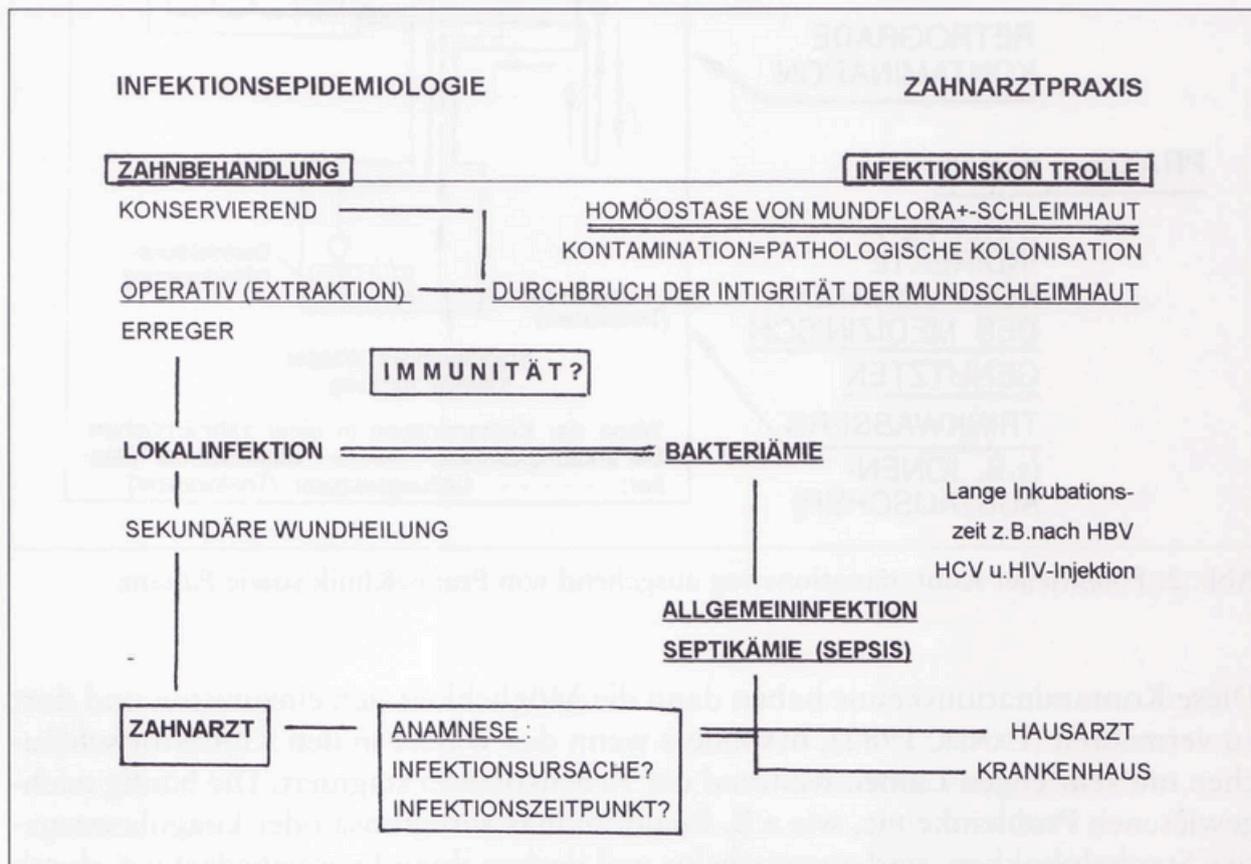


Abb. 1: Potentielle Infektionen bei der Zahnbehandlung.

Die an den Entnahmestellen der Dentaleinheiten im Trinkwasser gefundenen *Keimzahlen*, übersteigen häufig erheblich die *Grenz- und Richtwerte* der *TrinkwV* (s.a. Kapitel V-12.2). Hauptursachen dafür sind direkte und indirekte Kontamina-

tionen mit Problemkeimen seitens der Praxis bzw. der Klinik, unter Umständen durch schlecht gewartete Ionenaustauscher (Steinbock, 1993). Aber auch beim Einsatz von Rücksaugventilen können Keime aus der Mundhöhle des Patienten in das wasserführende Schlauchsystem verschleppt werden und dieses kontaminieren (Abb. 2 u. 3).

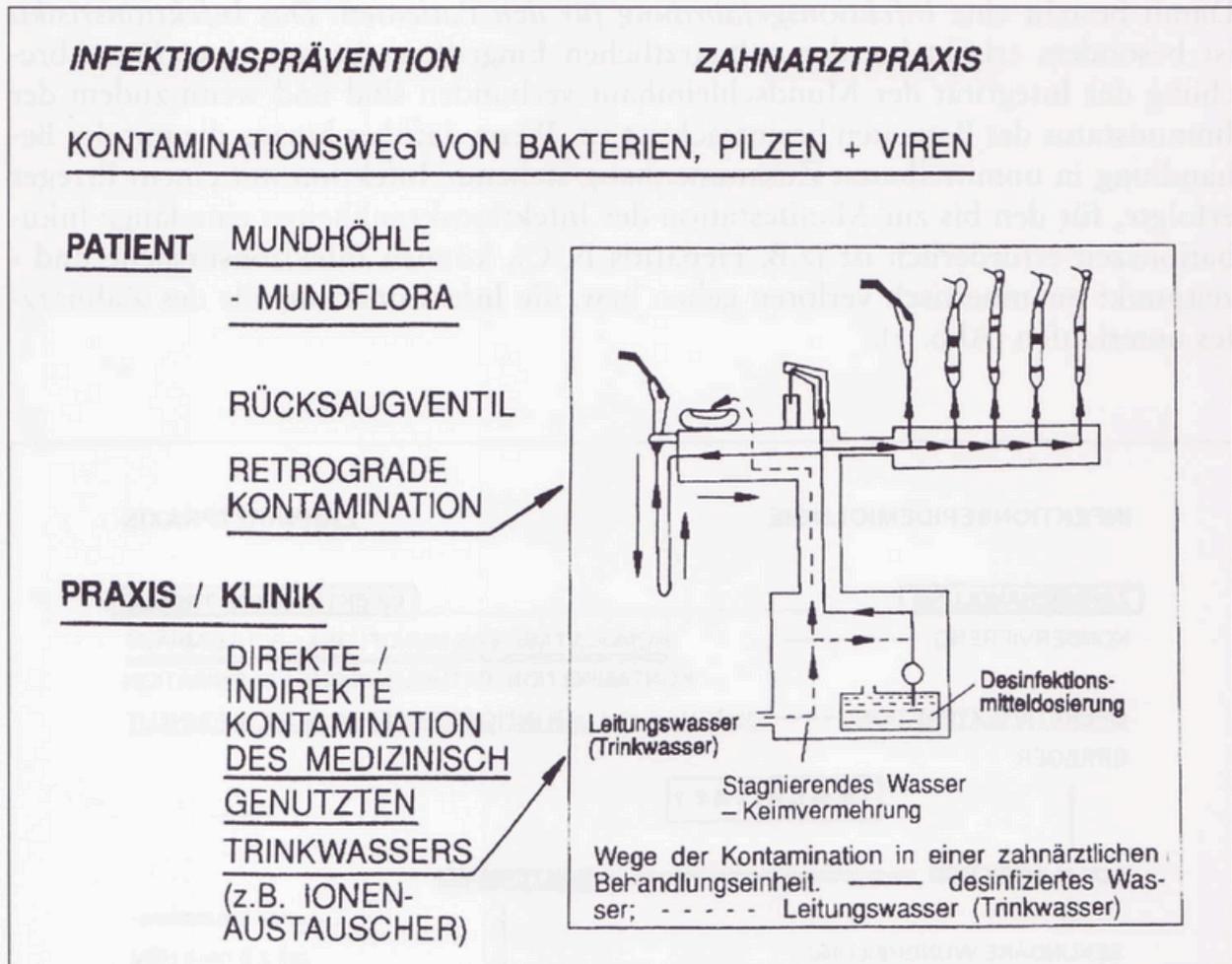


Abb. 2: Potentieller Kontaminationsweg ausgehend von Praxis/Klinik sowie Patient.

Diese Kontaminationskeime haben dann die Möglichkeit sich einzunisten und dort zu vermehren (EXNER, 1982), besonders wenn das Wasser in den Kunststoffschläuchen mit sehr engen Lumen während der Arbeitspausen stagniert. Die häufig nachgewiesenen Problemkeime, wie z.B. *Pseudomonas aeruginosa* oder koagulasenegative Staphylokokken, sind anspruchslos und decken ihren Energiebedarf u.a. durch oxidativen Abbau des Kohlenstoffes des Kunststoffes der wasserführenden Schläuche, mit denen Turbinen, Winkelstücke, Winkelmotor und Munddusche verbunden sind. Diese Keime besitzen weiterhin die Fähigkeit, irreversibel an die Schlauchoberfläche zu adhären, sich dort zu vermehren und eine extrazelluläre Schleimsubstanz zu bilden, die sie voll vor dem Eingriff von Desinfektionsmittel-Wirkstoffen entziehen kann (EXNER et al. 1987) (Abb. 4).

**KONTAMINATIONSWEGE VON BAKTERIEN, PILZEN, + VIREN**

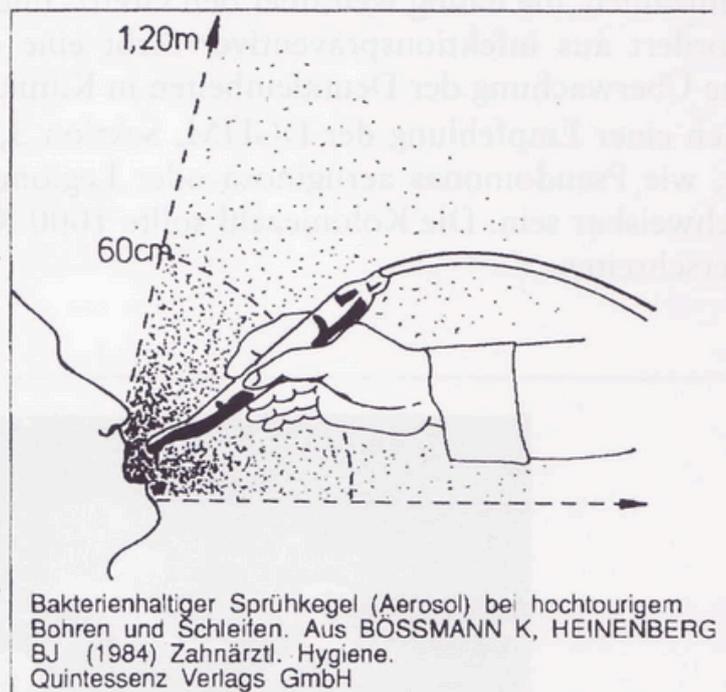
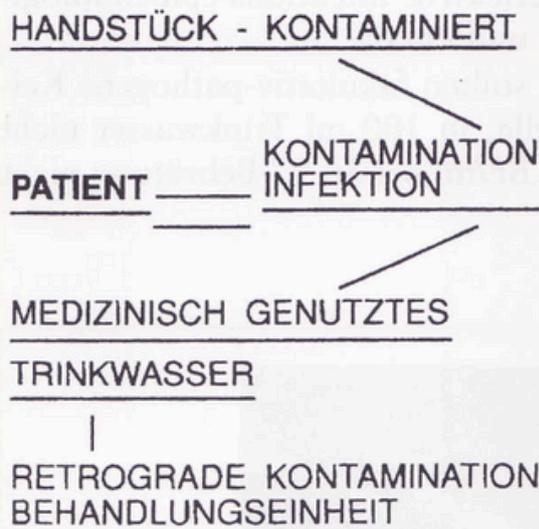


Abb. 3: Potentieller Kontaminations- bzw. Infektionsweg in der Zahnarztpraxis.

Die Vermehrung der Mikroorganismen in den Dentaleinheiten wird durch folgende Kriterien begünstigt (FILIPPI, 1990):

- Lange Wasserverweildauer im Gerät,
- Temperierung des Wassers,
- Schläuche und sonstige wasserführende Bauelemente aus Kunststoff,
- Querschnittsveränderungen der Wasserwege im Gerät mit sehr langsamen Wasseraustausch und
- Vorhandensein von Hohlräumen, in denen ungestörte Keimvermehrung stattfinden kann.

Bei der Kontamination des Trinkwassers und des wasserführenden Schlauchsystems handelt es sich überwiegend um Problemkeime:

- Pseudomonas aeruginosa und Pseudomonaden der Fluoreszenz-Gruppe,
- Legionellen,
- Alcaligenes faecalis,
- Escherichia coli,
- Flavo-Bakterien,
- koagulasenegative Staphylokokken,

- humanpathogenen Viren, die durch Wasser übertragen werden können (z.B. enteropathogene Viren, wie HAV und HEV, bedingt HIV, HBV u. HCV),
- Amöben.

Der Nachweis dieser fakultativ und z.T. obligat pathogenen Problemkeime, mit Keimzahlen, die häufig weit über den Grenz- und Richtwerten der TrinkwV liegen, erfordert aus infektionspräventiver Sicht eine effektive infektions-epidemiologische Überwachung der Dentaleinheiten in Klinik und Praxis.

Nach einer Empfehlung der DGHM, Sektion 3, sollten fakultativ-pathogene Keime, wie *Pseudomonas aeruginosa* oder *Legionella*, in 100 ml Trinkwasser nicht nachweisbar sein. Die Koloniezahl sollte 1000 KBE/ml bei 36 °C-Bebrütung nicht überschreiten.

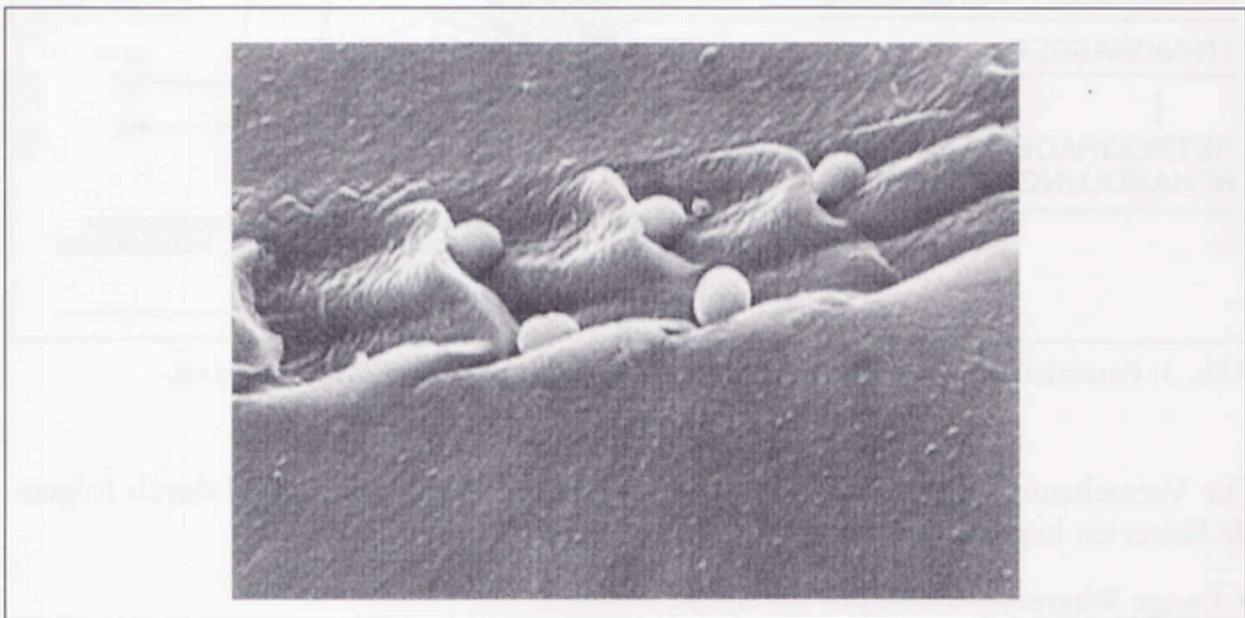


Abb. 4: Adhärenente Koagulase-negative Staphylokokken in Oberflächendefekten eines Polyäthylenkatheters (rasterelektronenmikroskopische Aufnahme G. Peters 1989) (Aus: BECK u. SEIPP: Nosokomiale Keime. In: E.G. Beck u. TH. EIKMANN (Hrsg.): Hygiene in Krankenhaus und Praxis. 2. Auflage. ecomed verlag 1995).

Mit § 13 (1) Nr. 4 TrinkwV ist der zuständigen Behörde die Möglichkeit gegeben, über die Indikatorgruppe hinaus auf *Pseudomonas aeruginosa*, pathogene *Staph. aureus*, atypische Mykobakterien sowie auf Fäkalbakteriophagen oder enteropathogene Viren untersuchen zu lassen. Wegen der häufigen Kontamination von Dentaleinheiten mit *P.aeruginosa* und *pneumophila* ist eine Ausweitung der mikrobiologischen Trinkwasseruntersuchung auf der Grundlage des § 13 TrinkwV in diesem Bereich geboten (AURAND et al., 1992).

Dies sieht auch die *RKI-Richtlinie für Krankenhaushygiene und Infektionsprävention* vor (Anlage zu Ziff. 5.6 unter 2.7, 1994): Die hygienische Untersuchung von medizinisch verwendetem Trinkwasser hat an festzulegenden Probenahmestellen

zu erfolgen. Hierzu zählen entsprechend der Anlage zu Ziffer 4.4.6 und 6.7 der RKI-Richtlinie u.a.

- Wasser für Dialysegeräte (z.B. auf Koloniezahl, *P.aeruginosa*) in halbjährlichen Abstand
- Wasser für Sprühlanzen, Mundduschen und Turbinensprays, insbesondere in zahnärztlichen Einheiten (z.B. auf Koloniezahl, *P.aeruginosa*, *Ledionella* spp.) in halbjährlichen Abstand
- Wasser für Umlaufsprühbefeuchter von RLT-Anlagen (entsprechend Anforderungen DIN 1945 Teil 4)
- Wasser zur Herstellung von Arzneimitteln (entsprechend DAB), soweit nicht On der Verantwortung des Apothekers, entsprechen AMG
- Hygienische Untersuchungen an festzulegenden Stellen von wasserführenden Geräten (z.B. Beatmungsgeräte, Inhalatoren) mindestens halbjährlich (Tab. 4).

Tabelle 4: Maßnahmen zur Verhinderung von wasserbedingten Erkrankungen durch medizintechnische Geräte. (R. SOMMER, 1992, modifiziert)

#### **Luftbefeuchter**

- keine Vernebler, sondern Verdunster und Verdampfer

#### **Inhalatoren und Beatmungsgeräte, sowie Vernebler**

- Verwendung von sterilisiertem Wasser

#### **Dialyse-Einheiten**

- Einwandfreie Basiswasserqualität (Ozon-Wiederaufbereitung)
- Verwendung der Umkehrosmose zur Aufbereitung des Dialysates
- Keine Vorratshaltung von Basiswasser und Dialysat
- Keine Stagnation
- Kontaminationssichere Anschlußstellen
- Gut desinfizierbare Installation und Gerät (Hyperthermie)
- Regelmäßige Wartung
- Mikrobiologische und chemische Kontrollen

#### **Zahnärztliche Behandlungseinheiten**

- Wiederaufbereitung und kontinuierliche Desinfektion des medizinisch verwendeten Trinkwassers im Schlauchsystem u.a. für Munddusche und Turbinenspray mit Ozon
- Regelmäßige Reinigung und Flächendesinfektion der Oberflächen

Eine Sanierung von kontaminiertem Trinkwasser erfordert nicht nur die erneute Aufbereitung bzw. Desinfektion des Wassers in der Dentaleinheit, mit dem Ziel, wieder Trinkwasserqualität gemäß TrinkwV zu erhalten, sondern darüber hinaus ein Verfahren, welches das Erreichen dieses Zieles dauerhaft garantiert. Diese Forderung wird durch die Tatsache unterstrichen, daß auch der Zahnarzt zunehmend häufig mit Patienten konfrontiert ist, die eine Immunschwäche aufweisen, manifest bedingt durch Grundleiden oder hohes Alter sowie passager durch immunsuppressiv wirkende Umweltschadstoffe bzw. negative Stressreaktionen (Abb. 5).

Zur Wiederherstellung der Trinkwasserqualität bzw. der Keimzahlreduktion im Spül- und Kühlwasser der Dentaleinheiten, wurden bisher die unterschiedlichsten

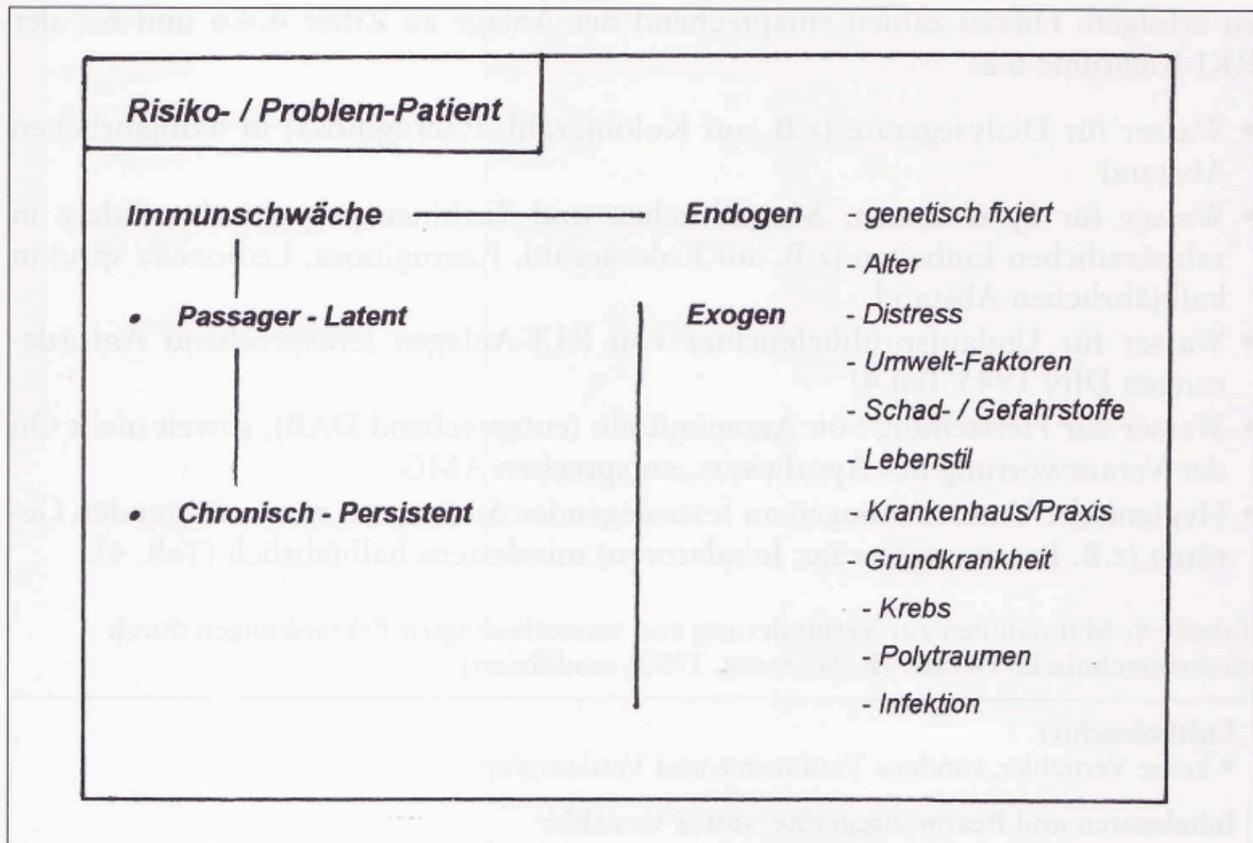


Abb. 5: Der Risiko-(Problem) Patient: Ursachen und Folgen. (nach E. G. BECK u. P. SCHMIDT: Hygiene-Umweltmedizin, 1996).

Verfahren und Methoden vorgeschlagen und praktiziert. Sie gewährleisteten im allgemeinen aber keine dauerhafte infektionspräventive Sicherheit.

Als Beispiele sind zu erwähnen:

- Einfaches Ablaufenlassen des Wassers vor Behandlungsbeginn (> 10 min) = Relative Keimreduktion durch Verdünnung.
- Nachchloren des Trinkwassers (in einer Praxis kaum praktikabel).
- Desinfektion des Wassers mit Präparaten auf Aldehydbasis (z.B. 2%ige Glutaraldehyd-Lösung) bzw. mit Peressigsäure sowie Amphotensiden. Diese Wirkstoffe können zwar eine Keimreduktion erreichen, sie wirken aber nicht kontinuierlich ein und sind toxikologisch bedenklich.
- Kombinationspräparate auf Wasserstoffperoxid-Basis mit Silberionen erwiesen sich als wirkungsvoll, jedoch ebenfalls nur als Stoßdesinfektion. Darüber hinaus werden die gemäß TrinkwV zulässigen Konzentrationen von 0,1 mg Wasserstoffperoxid massiv überschritten.
- Weitere Desinfektionsmaßnahmen: z.B. Einziehen von Kupferdraht in Polyäthylenschläuche oder Einsatz von Silberionen. Nachteil ist u.a. hier die lange Anlaufzeit von 2-3 Monaten sowie die wenig wirksame anodische Oxidation (Hypochloritwirkung).

Eine einmalige Sanierung der Dentaleinheiten durch chemische Desinfektionsmittel oder auch durch Wasserdampf kann keinen dauerhaften Effekt bewirken, nicht nur weil immer wieder neu Problemkeime von der Patientenseite nachgeliefert werden, sondern auch wegen der bekannten Problematik, daß die durch eine Schleimschicht geschützten Keime dadurch kaum angreifbar sind. Eine dauerhafte Sanierung ist erst dann zu erwarten, wenn das Wasser im gesamten wasserführenden Schlauchsystem (Teflon) der Dentaleinheit kontinuierlich wirkungsvoll desinfiziert werden kann.

Bei den in einer Zahnklinik durchgeführten Untersuchungen (FILIPPI, 1990, FILIPPI et al., 1995) wurde erstmalig *ozoniertes Wasser (Ozon-Wasser) zur kontinuierlichen Trinkwasseraufbereitung in Dentaleinheiten* eingesetzt. Die desinfizierenden (Mikrobizidie + Virusinaktivierung) sowie oxidierenden (Reduktion organischer Substanz) Eigenschaften von Ozon im Wasser sind seit dem erfolgreichen Einsatz von Ozon bei der Cholera-Trinkwasserepidemie 1892 in Hamburg (OHLMÜLLER, 1893) bekannt. Genutzt werden sie bei der Aufbereitung von Trinkwasser (TrinkwV), Schwimmbeckenwasser und Abwasser, auch im Katastrophenfall, sowie bei der Wiederaufbereitung von kontaminiertem medizinisch verwendetem Trinkwasser (BECK u. TILKES, 1991) (Abb. 6).

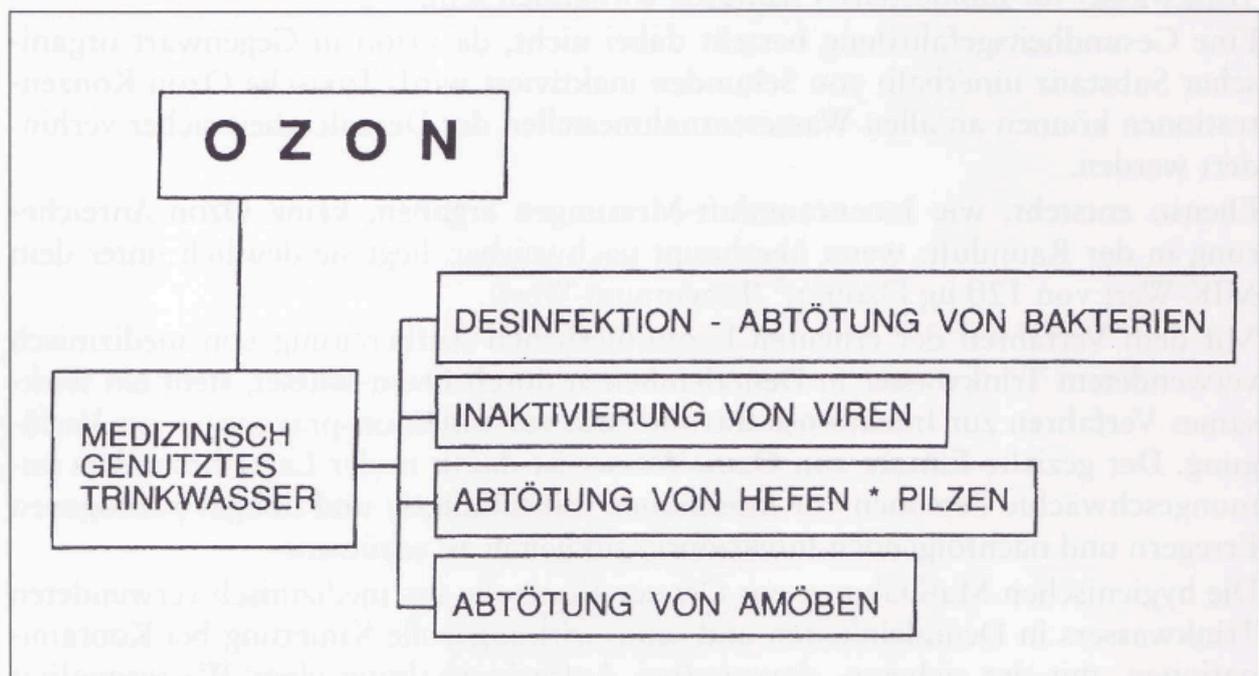


Abb. 6: Wirksamkeiten von Ozon im Wasser.

#### *Virusinaktivierende und mikrobizide Aktivität von Ozon*

- Lipophile und Hydrophile Viren,
- einschließlich HAV, HBV, HCV und HIV,
- gram-negative und gram-positive Bakterien,

- einschließlich Pseudomonaden und Legionellen,
- Sporen von Bakterien,

*in Abhängigkeit von Konzentration und Zeit.*

Eine Senkung der Koloniezahlen auf Werte die im Bereich der gesetzlich zulässigen Trinkwasserbelastungen liegen ( $< 20$  Kolonien/ml), konnte bisher nur durch die nachträgliche, kontinuierliche Aufbereitung des medizinisch verwendeten Trinkwassers mit Ozon erreicht werden. Dabei kommt es zu einer schnellen und meßbaren Reduktion der koloniebildenden Einheiten in Spül- und Kühlwasser der Dentaleinheit, aber auch zu einer Trinkwasserqualität, die mikrobiologisch besser ist als sie die TrinkwV vorschreibt.

Durch den Einbau einer kontinuierlich arbeitenden Ozon-Dosieranlage in eine Dentaleinheit in einer Zahnklinik konnte dauerhaft bisher länger als 6 Jahre, in einer zweiten Dentaleinheit seit mehr als 3 Jahren, die hygienische Qualität des medizinisch verwendeten Trinkwassers ohne Beanstandung aufrechterhalten werden. In der Anlage wird Ozon aus Luft-Sauerstoff generiert. Die Ozon-Wasser-Konzentrationen betragen im Ozon-Generator-Behälter 3-4 mg/l, im wasserführenden Schlauchsystem 0,4-0,9 mg/l. Um eine optimale Desinfektionswirkung zu erzielen, soll entsprechend einer WHO-Empfehlung ein Ozon-Überschuß von 0,3-0,4 mg/l Trinkwasser für mindestens 4 Minuten vorhanden sein.

Eine Gesundheitsgefährdung besteht dabei nicht, da Ozon in Gegenwart organischer Substanz innerhalb von Sekunden inaktiviert wird. Toxische Ozon-Konzentrationen können an allen Wasserentnahmestellen der Dentaleinheit sicher verhindert werden.

Ebenso entsteht, wie Innenraumluf-Messungen ergaben, keine Ozon-Anreicherung in der Raumluft, wenn überhaupt nachweisbar, liegt sie deutlich unter dem MIK-Wert von  $120 \mu\text{g Ozon/m}^3$  (Innenraum-Wert).

Mit dem Verfahren der erneuten kontinuierlichen Aufbereitung von medizinisch verwendetem Trinkwasser in Dentaleinheiten durch Ozon-Wasser, steht ein wirksames Verfahren zur Infektionskontrolle bzw. zur Infektionsprävention zur Verfügung. Der gezielte Einsatz von Ozon-Wasser ist damit in der Lage, besonders immungeschwächte Personen vor Infektionen mit fakultativ und obligat pathogenen Erregern und nachfolgenden Infektionskrankheiten zu schützen.

Die hygienischen Maßnahmen vor Ort zur Kontrolle des medizinisch verwendeten Trinkwassers in Dentaleinheiten und seine wirkungsvolle Sanierung bei Kontaminationen, mit der sicheren, dauerhaften Aufrechterhaltung einer Wasserqualität gemäß TrinkwV, sollte ebenso wie diejenigen zur Vorbeugung einer Infektionsgefährdung der Patienten durch kontaminierte Hand- und Winkelstücke, aus infektionspräventiver Sicht in die geplante *RKI-Richtlinie zu den Anforderungen der Hygiene an die zahnärztliche Praxis* aufgenommen werden.

Zusammenfassend bleibt festzustellen, daß mit Ozon-Wasser bzw. Ozon im Wasser ein Desinfektionsverfahren mit höchster bakterizider, fungizider und virusinaktivierender Wirkung zur Verfügung steht, welches nicht nur bei der Aufbereitung von Oberflächenwasser zu Trinkwasser, für die Aufbereitung von Schwimmbek-

kenwasser und für die Behandlung von Abwasser nicht mehr wegzudenken ist, sondern auch bei der mikrobiologischen Wiederaufbereitung von medizinisch verwendetem Trinkwasser in Klinik und Praxis. Die medizinische Prävention besitzt mit dem Einsatz von Ozon im Wasser ein sicheres Verfahren mit großer Wirkungsbreite und toxikologischer Unbedenklichkeit.

## Literatur

- AURAND K., HÄSSELBARTH U., LANGE-ASSCHENFELDT H., STEUER W.: Die Trinkwasserverordnung. 3. Auflage, Erich Schmidt Verlag (1991)
- BECK E.G., SCHMIDT P.: Hygiene-Umweltmedizin. 6. Auflage, Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart (1996)
- BECK E.G., TILKES F.: Ozon zur Wasseraufbereitung im medizinischen Bereich. ZBW 5, 224-225, 292 (1991)
- BORNEFF M.: Hygiene-Probleme in der zahnärztlichen Praxis unter besonderer Berücksichtigung der Dentaleinheiten. Zentralbl. Bakteriol. Mikrobiol. Hyg. B 187, 130-152 (1986)
- BORNEFF M.: Legionellen-Vorkommen in Dentaleinheiten und Konsequenzen für die Praxishygiene. Zentralbl. Bakteriol. Mikrobiol. Hyg. B 187, 295-311 (1989)
- BOTZENHART M.: Mikroorganismen in Wasser: Deutsches Ärzteblatt 93, Heft 34-35 (1996)
- BOTZENHART K., HERBOLD K.: Abtötung von Hepatitis A-Viren im Wasser durch Ozon. Z. Gesamt. Hyg. 34, 508-2510 (1988)
- CARSON L.A., BLAND L.A., CRUSICK L.B., FAVERO M.S., BOLAN G.A., REINGOLD A.L., GOOD R.C.: Prevalence of nontuberculous mycobacteria in water supplies of hemodialysis centers. Appl. Environ. Microbiol. 54, 3122-3125 (1988)
- EXNER M., HAUN F., KOCIKOWSKI R.: Zahnärztliche Einheiten als Kontaminationsquellen für *Pseudomonas aeruginosa*. Dtsch. Zahnärztl. Zschr. 36, 819-824 (1981)
- EXNER M., TUSCHEWITZKI G.-J., HAUN F.: Rasterelektronische Darstellung der Wandbesiedlung wasserführender Kunststoffschläuche. Zentralbl. Bakteriol. Mikrobiol. Hyg. B 176, 3425-434 (1982)
- EXNER M., TUSCHEWITZKI G.-J., SCHARNAGEL J.: Influence of biofilms by chemical disinfectants and mechanical cleaning. Zentralbl. Bakteriol. Mikrobiol. Hyg. B 183, 549-563 (1987)
- FILIPPI A.: Ozon – eine Möglichkeit zur Wasserdesinfektion in Dentaleinheiten. Med. Diss. Giessen (1990)
- FILIPPI A.: Bewährung der Wasserdesinfektion zahnärztlicher Behandlungseinheiten durch Ozon. Dtsch. Zahnärztl. Zschr. 50, 708-710 (1995)
- FILIPPI A., TILKES F., BECK E.G., KIRSCHNER H.: Wasserdesinfektion zahnärztlicher Behandlungseinheiten durch Ozon. Dtsch. Zahnärztl. Zschr. 46, 485-487 (1991)
- MASCHNER F., UDERMANN H., BRANTNER H.: Chemische und mikrobiologische Vergleichsuntersuchungen wasserführender Systeme in fünf Dialysestationen. Hyg + Med. 13, 260-264 (1988)
- OHLMÜLLER: Über die Einwirkung von Ozon auf Bakterien. Arbeiten aus dem Kaiserlichen Gesundheitsamt. Band 8, Verlag von Julius Springer Berlin (1893)
- ROBERT-KOCH-INSTITUT: Richtlinie für Infektionsprävention und Krankenhaushygiene. Anlagen: Anforderungen der Hygiene an die Wasserversorgung 4.4.6 u. 6.7 (1988)
- ROBERT-KOCH-INSTITUT: Richtlinie für Infektionsprävention und Krankenhaushygiene. Anlage: Hygienische Untersuchung in Krankenhäusern und anderen medizinischen Einrichtungen 5.6 (1994)