

# Wasserhygiene – Problemstellungen und Lösungsmöglichkeiten

Dr. rer. nat. Andreas Burger

## Einleitung

Der Begriff Hygiene stammt aus dem Griechischen und bedeutet soviel wie „gesund und heilsam“. Aufgabe der Trinkwasserhygiene ist es, Krankheiten zu verhüten, die durch unsauberes Wasser verursacht oder übertragen werden. Wie wichtig Wasserhygiene ist, mag dadurch belegt werden, dass vor der Einführung von Wasserwerken in Mitteleuropa von vier geborenen Kindern nur eines die Schulreife erreichte. In Ländern der dritten Welt, in denen die Trinkwasserversorgung nicht gesichert ist, liegt die Kindersterblichkeit auch heute noch in dieser Größenordnung.

Hygienemaßnahmen dienen der Krankheitsvorsorge. Vergleicht man ihre Effizienz mit den Erfolgen der heilenden Medizin, so ist festzustellen, dass die Steigerung der Lebenserwartung in den letzten 100 Jahren, die immerhin stolze 35 Jahre beträgt, zu 85 % auf den Gesundheitsschutz zurückzuführen ist.

## Trinkwasserhygiene heute

Die Steigerung des Lebensstandards hat uns nicht nur Gutes beschert sondern auch neue Risiken gebracht. Durch unsere Komfortansprüche und nicht zuletzt auch durch das Bestreben nach Versorgungssicherheit sind unsere Trinkwassernetze in den letzten fünfzig Jahren ausgedehnter, verzweigter, komplexer geworden. Die Entwicklung in der Versorgungstechnik geht zu immer stärker werdender Verflechtung der einzelnen Teilbereiche, wie Heizung, Klimatechnik und Wasserinstallation, die heute kaum noch getrennt werden können.

Probleme entstehen zwangsläufig durch unterschiedliche, zum Teil gegensätzliche Anforderungen. Energieeinsparung, Materialschonung und Verbrühungsschutz können durch niedrige Brauchwassertemperaturen realisiert werden, andererseits steigt dabei das Risiko der Legionellenvermehrung. Nicht verschwiegen werden dürfen Probleme, die durch unsachgemäße Planung, durch fehlerhafte und nachlässige Ausführung und durch sorglosen oder gar schlampigen Betrieb der technischen Einrichtungen entstehen. Aber selbst bei ordnungsgemäßer und sorgfältigster Vorgehensweise bei der Planung, der Installation und dem Betrieb von Wasserversorgungsanlagen sind Risiken nicht völlig auszuschließen, ein Restrisiko ist immer vorhanden.

Im Bereich der Kaltwasser- und Warmwasserversorgung können an verschiedenen Stellen bakterielle Verkeimungen auftreten, welche die Qualität des Wassers sowohl in mikrobiologischer als auch organoleptischer, d. h. farblicher und geruchlicher Hinsicht erheblich beeinträchtigen können. Mehr noch als Installationssysteme in Wohnhäusern sind davon Leitungsnetze größerer Einrichtungen, z. B.

Krankenhäusern, Schulen, Kindergärten, Sportstätten, Bäder, Freizeit- und Erlebnisparks, Senioren- und Pflegeheime, Reha-Kliniken, Kuranstalten, Behinderteneinrichtungen, Hotels, Gefängnissen etc. betroffen.

Das Wasser aus der öffentlichen Versorgungsleitung entspricht im allgemeinen der Trinkwasserverordnung. Dies schließt jedoch nicht aus, dass Mikroorganismen gelegentlich in geringer Menge aus dem Versorgungsnetz in die Hausinstallation eingespült werden und für eine primäre Kontamination sorgen. Diese kann aber auch bei Installationsarbeiten, beim Anschluss zusätzlicher Geräte oder sogar retrograd von Entnahmestellen her erfolgen.

Ein wässriges Milieu bietet zahlreichen Mikroorganismen die Grundlage zur Vermehrung. Dabei ist das Nährstoffangebot selten ein limitierender Faktor. Ganz überwiegend sind die Mikroorganismen als Infektionserreger unerheblich, es gibt aber auch einige beachtenswerte Ausnahmen.

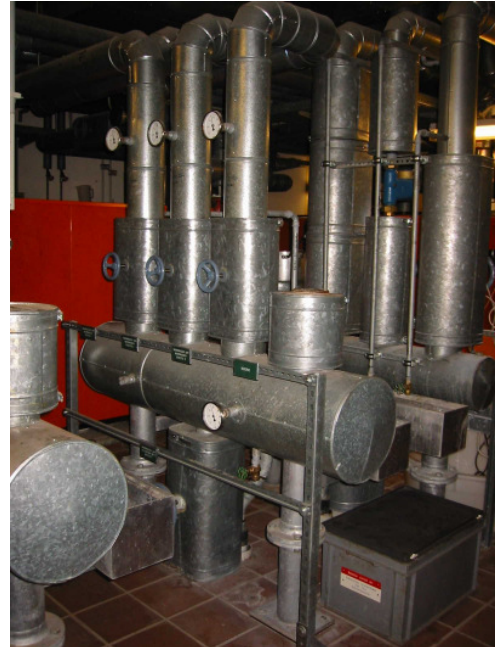


Abb. 1: Ausschnitt aus der Warmwasserversorgung eines Klinikums.

## Krankheitserreger fäkalen Ursprungs

### **Bakterien:**

- *Salmonella typhi*: wasserbedingte Typhuserkrankungen
- andere Salmonellen: akute Brechdurchfallerkrankungen, häufig in Deutschland
- *Shigellen*: bakterielle Ruhr (Ismaning 1978)
- *Vibrio cholerae*: Choleraepidemien im letzten Jahrhundert in Deutschland
- *enteropathogene E. coli*: Durchfallerkrankungen, relativ häufig in Deutschland

### **Viren:**

- *Hepatitis-A-Virus*: gelegentlich kleinere Epidemien in Deutschland, i. a. gute Prognose, hohe Dunkelziffer, ausgeprägte Resistenz der Viren.
- *Hepatitis-E-Virus*: neu entdeckte Hepatitisform, Verläufe mit Komplikationen, bisher nicht in Deutschland
- *Enteroviren*: Polio-, Coxsackie-, Echoviren, zumeist relativ harmlose Durchfallerkrankungen, selten Lähmungen, häufiges Auftreten in Wasservorkommen

### **Protozoen:**

- *Giardia lamblia* / *Cryptosporidium parvum*: Durchfallerkrankungen, bei immungeschwächten Patienten tödliche Komplikationen, resistent gegen Aufbereitungsmaßnahmen, Herkunft häufig von Wild- und Haustieren, trinkwasserbedingte Epidemien in USA und England, in Deutschland sporadisch.

## Krankheitserreger nicht-fäkalen Ursprungs

- Legionella pneumophila: Pontiac-Fieber, atypische Pneumonie; optimierte Wachstumsbedingungen in modernen Wasserinstallationssystemen, Aerosolübertragung
- Pseudomonas aeruginosa: Whirlpool-Dermatitis
- Mykobakterien: Wachstum in freier Natur und Wasserinstallationen, Biofilme
- Amöben: Wachstum in Wasserinstallationen, Ernährung von Bakterien in Biofilmen, Wirtsorganismen von Legionellen.

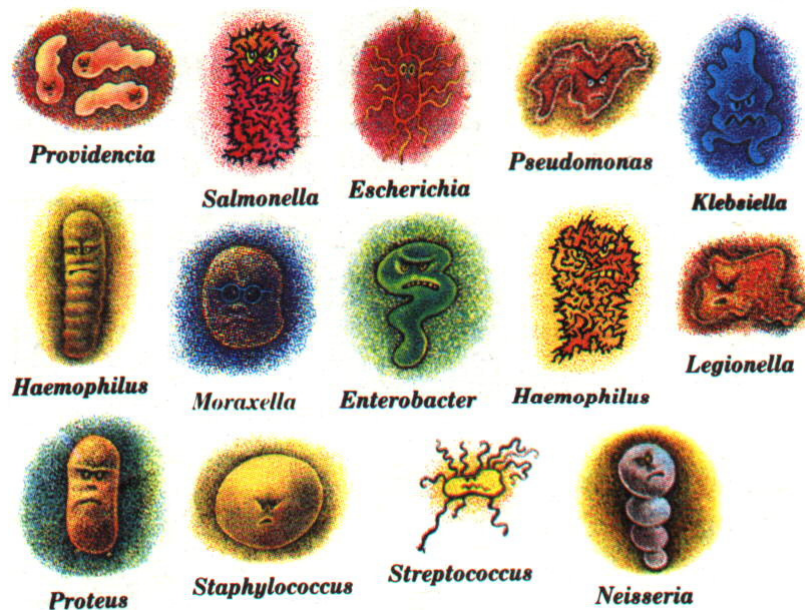


Abb. 2: Einiger bekannte Krankheitserreger als Karikaturen dargestellt.

## Der Biofilm

Die bevorzugte Form der mikrobiellen Besiedlung in sanitärtechnischen Einrichtungen ist der Biofilm, in dem die Bakterien für sich die beiden Faktoren Stagnation und Nährstoffanreicherung bzw. lokale Nährstoffausnutzung sicherstellen. In wässrigem Medium kommen Bakterien zum Teil in suspensierter Form frei im Wasser vor, in größerer Menge treten sie jedoch in Form von schleimigen Belägen an den Wänden auf. Man spricht dann von Biofilmen, die aus mehreren mit extrazellulären Schleimsubstanzen durchsetzten Zell-Lagen bestehen. In ihnen finden sich verschiedenartigste Bakterien, Pilze, Amöben, u. U. auch mehrzellige Organismen. Einerseits sind diese Biofilme Voraussetzung für das Heranwachsen spezialisierter Mikroorganismen, z. B. Legionellen, die für sich alleine nicht vermehrungsfähig wären, zum anderen sind sie durch antimikrobielle Maßnahmen ungleich schwerer zu beseitigen als frei suspendierte Bakterien.

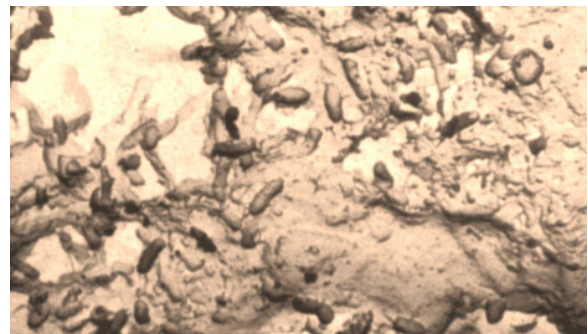


Abb. 3: Biofilm in einer „sterilen“ Ringleitung eines Dialysezentrums.

Auf allen von Wasser benetzten Oberflächen kommt es zur bakteriellen Besiedlung. Bei Materialien, die bakteriell verwertbare Substanzen (Nährstoffe) abgeben, kommt es zur Massenvermehrung, die massive Verschlechterungen und Beanstandungen zur Folge haben können.

## **Risikofaktoren**

### ***Kritischer Temperaturbereich***

Die Massenvermehrung von Legionellen tritt vor allem im Temperaturbereich zwischen 30 und 50 °C auf. Temperaturen zwischen ca. 50 und 60 °C hemmen das Bakterienwachstum, töten die Legionellen aber nicht sicher ab, so dass bei Temperaturunterschreitung eine rasche Wiedervermehrung erfolgt. Temperaturen über 60 °C töten Legionellen sicher ab, bei 70 °C dauert die Abtötung nur wenige Sekunden. Nach wie vor ist die thermische Desinfektion das sicherste und wirksamste Verfahren zur Abtötung von Legionellen und zur temporären Inaktivierung von Biofilmen. Diese Maßnahme ist jedoch nur zeitlich begrenzt wirksam, da Biofilme thermisch nicht abgebaut werden können. Nach Absetzen der Temperaturbeaufschlagung und Rückkehr in den kritischen Temperaturbereich besteht das grundsätzliche Risiko der Rekontamination, die in der Praxis auch häufig beobachtet wird bzw. sogar den Regelfall darstellt. Es wird daher empfohlen, die thermische Desinfektion in regelmäßigen Abständen zu wiederholen oder das Temperaturniveau grundsätzlich so hoch anzuheben, dass eine Vermehrung von Legionellen nicht mehr stattfindet. Diese Empfehlung kann in der Praxis aber nur dann umgesetzt werden, wenn nicht andere Gründe dagegensprechen.

### ***Stagnation***

Der Kampf gegen Verkeimung ist immer ein Wettlauf mit der Zeit. Eine lange Verweildauer des Wassers ist daher grundsätzlich ungünstig, weil den Keimen dadurch genügend Zeit zur Vermehrung zur Verfügung steht und darüber hinaus ein Temperaturanstieg das Keimwachstum beschleunigt. Abhilfe kann durch sorgfältige Planung, minimierte Leitungswege, verbrauchsgerechte Rohrdimensionierung, bedarfsgerechte Warmwasserbereitung und Speicherung geschaffen werden.

### ***Komplexität***

Mit zunehmender Länge (Oberfläche, Volumen) und Verzweigung des Rohrnetzes nehmen die Kontaminationsmöglichkeiten zu. Auch bei jeder technischen Einrichtung zur Wasserbehandlung (Filtration, Enthärtung, Dosierung, Erwärmung, Speicherung) ist der Nutzen gegen das Risiko abzuwägen. Hier ist besonderes Augenmerk auf die Verarbeitungstechnik sowie auf Art und Umfang der erforderlichen Aufbereitungsmaßnahmen zu legen.

### ***Korrosion***

Ungeeignete Werkstoffe, mangelhafte Verarbeitung und ungünstige Betriebsbedingungen fördern die Korrosion. Korrosionsprodukte, insbesondere die des Eisens sind sehr voluminös und bieten Bakterien ideale Besiedlungsräume. Grundsätzlich genügen aber bereits Oberflächenrauigkeiten, um eine Besiedlung mit Bakterien (Biofilmbildung) zu ermöglichen. Hier ist bereits frühzeitig, d. h. im Planungsstadium, eine Risikoanalyse unter Berücksichtigung eventueller Folgekosten für Sanierung oder Wasserbehandlung durchzuführen, damit die Investitionskosten nicht das einzige und ausschlaggebende Kriterium für die Wasserinstallation darstellen. Es sind also auch die wasser- und korrosionschemischen Aspekte fachlich zu würdigen.

Bei bestehenden Installationen kann eine sinnvolle Schadensbegrenzung durch geeignete Wasserbehandlungsmaßnahmen erfolgen. Unter bestimmten wasserchemischen und betriebstechnischen Voraussetzungen kann Korrosion auch durch nichtchemische Wasserbehandlungsmaßnahmen inhibiert oder zumindest vermindert werden. Schäden, die unmittelbar durch Korrosion entstehen aber auch die mögliche Bildung von Dauerkontaminationsquellen, speziell Biofilmen im Leitungsnetz sind so vermeidbar.

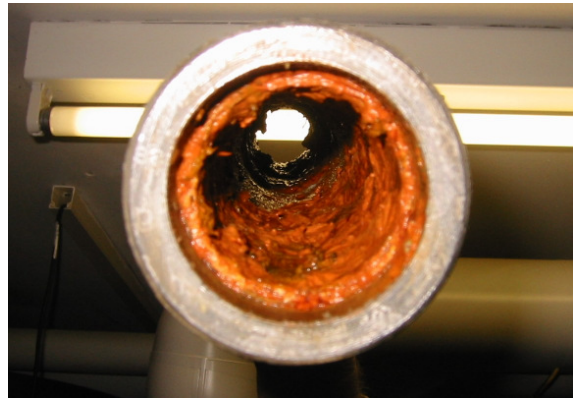


Abb. 4: Korrodiertes Stahlrohr aus einer verzinkten Wasserleitung. Die Korrosionsprodukte fühlten sich schleimig an und rochen extrem muffig.

### **Verkalkung**

Kalkablagerungen treten bevorzugt aber nicht ausschließlich in der Warmwasserinstallation auf. Im Sanitärbereich bzw. an der Atmosphäre setzt sich Kalk durch Verdunstung zwangsläufig an Oberflächen fest.



Abb. 5: Kalk in Form von Aragonit aus einem Warmwasserspeicher. Die zerklüftete Struktur bietet Mikroorganismen vorzügliche Schutzräume.

Wasserstein ist nicht nur ein ästhetisches Problem sondern stellt auch einen geeigneten Nährboden für Mikroorganismen dar. Kalkinkrustationen in der Wasserleitung sind potentielle Schutzzone für bakterielle Lebensgemeinschaften. Manche Mikroorganismen sind durch Schaffung eines geeigneten Milieus sogar in der Lage, Kalk aus dem Wasser abzuscheiden. Man spricht dann von biogener (oder mikrobiell induzierter) Verkalkung. Verkalkung tritt unabhängig vom Leitungsmaterial sowohl in Alt- als auch in Neuinstallationen auf.

### **Nährstoffe**

Die Nährstoffsituation ist meist nicht limitierend für das Überleben von Mikroorganismen. Selbst in sehr reinem Wasser können besonders genügsame Bakterien überleben. Manche bilden sogenannte Dauerformen, in denen sie ihren Stoffwechsel völlig einstellen. Sie erwachen wieder zum Leben, sobald die Umweltbedingungen und die Nährstoffverhältnisse günstiger werden. In nährstoffarmem Wasser ist die Aktivität der Mikroorganismen jedoch meist so weit herabgesetzt, dass keine hohen Keimzahlen auftreten.

Anders sieht es in nährstoffreichem Wasser aus. Ein Überangebot an Nährstoffen führt bei gleichzeitig günstigen Umweltbedingungen zur explosionsartigen Vermehrung von Mikroorganismen. Als Nährstoffquellen dienen vorzugsweise organische Materialien, wie z. B. Weichmacher aus Kunststoffen, Dichtungsmaterialien, nicht für Trinkwasser zugelassene Schmiermittel und Lotzusätze. Auch Korrosionsprodukte und Mineralstoffe stellen Nahrungsquellen dar.

## **Risikominimierung, Hygienisierungskonzepte**

Einhaltung der Regeln der Technik bei der Planung, dem Bau und dem Betrieb von wassertechnischen Anlagen. Risikoeinschätzung und -identifikation. Vorhalten eines Maßnahmenplanes für den Fall einer Verkeimung.

- Sofortmaßnahmen, Sanierungsmaßnahmen
- Dauermaßnahmen, permanente Hygienisierung, Prophylaxe

Die Maßnahmen sollten der Problemstellung angemessen und aufeinander abgestimmt sein. Eine Erfolgskontrolle durch analytische Überwachung ist dringend anzuraten.

## **Maßnahmen zur Hygienisierung**

### ***Desinfektionsverfahren***

- Thermische Desinfektion
- Chemische Desinfektion
  - o Ozon
  - o Chlor
  - o Chlordioxid
  - o Andere Biozide
- UV-Desinfektion

### ***Sterilfiltration***

- Membranfiltration, speziell Ultrafiltration

### ***Vermeidung kontaminationsfördernder Faktoren***

- Enthärtung
- Korrosionsschutzdosierung

## Produkte für die Trink- und Brauchwasserhygienisierung

- Chemische Produkte, speziell Reinigungsmittel und Biozide zur Sanierung von Installationssystemen durch Spülung.
- Dosieranlagen zur temporären oder permanenten Einbringung von Desinfektionsmitteln.
- Automatische Chlordioxidierungs- und Dosieranlagen
- Elektrolytische Chlorerzeuger
- UV-Desinfektionsanlagen
- Ultrafiltrationsanlagen



Abb. 6: Doppelkammerpumpe mit Vorförderung; speziell geeignet für die Dosierung ausgasender Medien wie Chlor, Chlordioxid, Wasserstoffperoxid u. a.

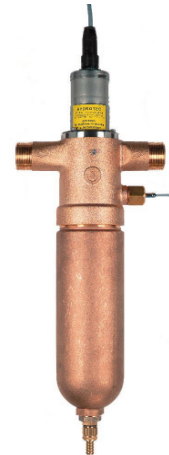


Abb. 7: Kompakte UV-Desinfektionsanlage aus Rotguss für den Einsatz in der Hausinstallation, speziell in der Warmwasserinstallation zur Legionellenbekämpfung.



Abb. 9: Ultrafiltrationsanlage zur Sterilfiltration von Trinkwasser



Abb. 10: Vollautomatische Chlordioxidierungs- und Dosieranlage mit höchstem Sicherheitsstandard.

## Schlusswort

Die Einhaltung der hygienischen Anforderungen an Wasser für den menschlichen Gebrauch (Def. TrinkWV 2001) erfordert zumindest die Kenntnis des technischen Regelwerkes und der Gesetzesgrundlagen. Die Einhaltung der anerkannten Regeln der Technik minimiert das hygienische Risiko, kann es aber nicht ausschließen. Insbesondere unterschiedliche Schutzbedürfnisse, ökonomische und ökologische Aspekte, technische Realisierbarkeiten und die Vielzahl äußerer Einflüsse können zu Konfliktsituationen führen, die keine eindeutige Entscheidung ermöglichen. In diesen Fällen müssen intelligente Kompromisslösungen gefunden werden, bei denen allerdings die Sicherheitsaspekte oberste Priorität haben sollten. Die latent vorhandenen Risiken bieten dem Planer, der Industrie, dem Handel und dem Fachhandwerk große Chancen auf ein relativ krisensicheres Geschäft. Vorausgesetzt ist, dass jeder in der Versorgungs- und Dienstleistungskette seine Pflichten erfüllt, damit alle zu ihrem Vorteil partizipieren können.

Wir als Hersteller von Wasseraufbereitungs- und Wasserbehandlungsanlagen bieten unser Know How, innovative Produkte, Analysendienstleistungen und technischen Support an, um gemeinsam mit unseren Kooperations- und Geschäftspartnern optimale Lösungen für die vielfältigen Aufgabenstellungen im Bereich der Wasserversorgung zum Wohle unserer Kunden bereitstellen zu können.