

DER

HYGIENEINSPEKTOR

INFEKTIONSSCHUTZ - TRINKWASSER - BADEWASSER - UMWELTHYGIENE



**Digitale
Wasserhygiene.
Nur eine
„neue Welle“
im ÖGD?**

MITTEILUNGEN UND BERICHTE AUS BUND UND LÄNDERN

FACHBEITRÄGE UND FACHWISSEN

BERUFSPOLITIK



Trinkwasserbehandlung mit in situ¹ generiertem Desinfektionsmittel INNOWATECH Anolyte – Eine nachhaltige und kostengünstige Alternative zur thermischen Behandlung

DR. C. FEIL*

Trinkwasserverordnung (TrinkwV)

Die deutsche Trinkwasserverordnung wurde im Jahre 2001 erlassen und seither mehrmals aktualisiert (letzte Änderung vom September 2021). Den Zweck der Verordnung stellt der Schutz der „menschliche[n] Gesundheit vor nachteiligen Einflüssen, die sich aus der Verunreinigung von Wasser ergeben, das für den menschlichen Gebrauch bestimmt ist, durch Gewährleistung seiner Genussauglichkeit und Reinheit“ dar (§1 TrinkwV²). Trotzdem treten seit Einführung der Trinkwasserverordnung weiterhin regelmäßig Probleme mit hohen Keimbelastungen in Krankenhäusern, Pflegeheimen, Schwimmbädern, Hotels und auch in Wohnhäusern auf.

Legionellenbekämpfung – Typische Desinfektionsmaßnahmen

Eine besondere Bedrohung stellt hierbei die Belastung des Trinkwassers mit Legionellen und/oder Pseudomonaden dar. Deshalb wurde in der ersten Verordnung zur Änderung der Trinkwasserverordnung von 2011³ ein technischer Maßnahmenwert von 100 KBE/100 ml Trinkwasser eingeführt. Dieser Maßnahmenwert wird von Medizinern aufgrund des Dosis-Wirkungs-Paradoxons (keine Korrelation zwischen Legionellenkonzentration und Infektionsrisiko) teilweise kritisch beurteilt.⁴

Um die Vermehrung von Legionellen zu vermeiden, werden Warmwassersysteme prophylaktisch dauerhaft mit Wassertemperaturen zwischen 55-60°C, nicht selten auch bis 65°C, betrieben (DVGW Arbeitsblatt W 551⁵). Im Falle der Überschreitung des Maßnahmenwerts wird typischerweise mit der thermischen Desinfektion dagegen vorgegangen. Hierbei muss das Trinkwasser auf über 70 °C erhitzt werden, um an jeder Entnahmestelle bei geöffnetem

Auslass eine Wassertemperatur von ≥ 70 °C für 3 Minuten zu gewährleisten. Die thermische Desinfektion besitzt mehrere Nachteile: Zum einen wird die Legionellenvermehrung nicht ausreichend und nur kurzfristig verhindert und die Legionellenbelastung kann nach erfolgter Behandlung wieder zunehmen, weshalb die Maßnahme oft in regelmäßigen Abständen wiederholt werden muss. Zum anderen führt die hohe Temperatur zu verstärktem Kalkausfall und zu erhöhtem Materialverschleiß in den Rohrleitungen, was dazu führen kann, dass deshalb das komplette Trinkwassersystem saniert werden muss. Darüber hinaus müssen sicherheitstechnische Details wie Berührungs- und Verbrühungsschutz gewährleistet werden. Die thermische Behandlung bedingt zusätzlich einen erheblichen Energieverbrauch und verhindert den Einsatz regenerativer Energiesysteme (z.B. Wärmepumpen). Bei erhöhtem Legionellennachweis im Kaltwasser ist eine thermische Desinfektion nahezu unmöglich.

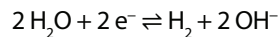
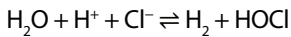
Mikrobiologische Anforderungen und Minimierungsgebot

Allgemein wird in Bezug auf mikrobiologische Anforderungen in § 5 Absatz 4 der Trinkwasserverordnung deutlich gemacht, dass „Konzentrationen von Mikroorganismen, die das Trinkwasser verunreinigen oder seine Beschaffenheit nachteilig beeinflussen können, [...] so niedrig gehalten werden [sollen], wie dies nach den allgemein anerkannten Regeln der Technik mit vertretbarem Aufwand unter Berücksichtigung von Einzelfällen möglich ist.“² In gleichem Maße soll bei der Behandlung des Trinkwassers das Minimierungsgebot berücksichtigt werden. In § 6 Absatz 3 der TrinkwV heißt es, dass „Konzentrationen von chemischen Stoffen, die das Trinkwasser verunreinigen oder seine Beschaffenheit nachteilig

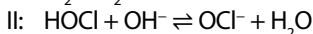
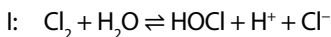
beeinflussen können, [...] so niedrig gehalten werden [sollen], wie dies nach den allgemein anerkannten Regeln der Technik mit vertretbarem Aufwand unter Berücksichtigung von Einzelfällen möglich ist.“² In der vom Umweltbundesamt veröffentlichten Liste der Aufbereitungsstoffe und Desinfektionsverfahren⁶ gemäß § 11 der Trinkwasserverordnung werden alle Verfahren und Wirkstoffe aufgelistet, die für die Desinfektion von Trinkwasser eingesetzt werden dürfen. Es gibt für die Anwendung der dort gelisteten Wirkstoffe Vorgaben zu den erlaubten Höchstmengen und zu ggfs. gebildeten Nebenprodukten, jedoch keine zeitliche Begrenzung.

In situ generiertes Desinfektionsmittel mittels Membranzellenelektrolyse – Grundlagen, Besonderheiten und Vorzüge

Eines der gelisteten Desinfektionsverfahren ist die elektrolytische Herstellung und Dosierung von Chlorgas, Chlorklösungen und Natriumhypochlorit-Lösungen vor Ort (in situ). Die technischen Details dazu sind im DVGW-Arbeitsblatt W 229⁷ geregelt. Alle gemäß dieser Vorgabe produzierten Produkte müssen eine hinreichende Reinheit gemäß DIN EN 901 aufweisen. Die Firma INNOWATECH GmbH mit Standort in Empingen produziert Elektrolyseanlagen (INNOWATECH Aquadron-Anlagen) für die in-situ-Herstellung eines solchen Desinfektionsmittels. Hierbei wird die Technologie der Membranzellenelektrolyse eingesetzt. Bei dieser Technologie ist zwischen dem Kathoden- und Anodenraum eine semipermeable Membran angebracht, die nur für bestimmte Ionen durchlässig ist. Durch Elektrolyse einer Natriumchloridhaltigen Sole wird hierbei eine neutrale Natriumhypochlorit-Lösung (INNOWATECH Anolyte) an der Anode als Produkt erhalten, welches die Reinheitsanforderungen gemäß DIN EN 901 erfüllt.

Kathodenreaktion:**Anodenreaktion:****Gesamtreaktion:**

Besonderheit dieser Lösung ist, dass sie in situ und just-in-time am Ort der Verwendung produziert wird. Sie weist geringe Wirkstoffkonzentrationen (200-600 mg/l) auf, weshalb das Anolyte-Konzentrat als nicht wassergefährdend und nicht als Gefahrstoff eingestuft ist. Als Bezeichnung für den Wirkstoff wird häufig der Begriff „freies Chlor“ oder „Aktivchlor“ verwendet.⁸ Die Begriffe beinhalten die Substanzen Chlor (Cl_2), Hypochlorige Säure (HOCl) und Hypochlorit (OCl^-), da diese in einem pH-abhängigen dynamischen Gleichgewicht miteinander stehen (Reaktionsgleichungen I und II, Abbildung 1).⁹



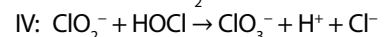
Bei pH-Werten < 1 liegt ausschließlich elementares Chlor vor, während bei $\text{pH} > 10$ ausschließlich Hypochlorit und bei $\text{pH} = 5,5$ ausschließlich Hypochlorige Säure vorliegt. Im pH-Bereich dazwischen liegen immer zwei der drei Substanzen miteinander im Gleichgewicht vor. Es wird ersichtlich, dass im neutralen pH-Bereich ($\text{pH} = 7$) Hypochlorige Säure als Hauptkomponente und

Hypochlorit miteinander im Gleichgewicht stehen, aber kein elementares Chlor vorliegt. Folglich kann die Bildung elementaren Chlors und somit das Ausgasen von gesundheitsschädlichem und korrosivem Chlor-Gas bei der Produktion des Anolytes im neutralen Bereich vollständig vermieden werden.

Nach der Produktion wird das Anolyte in einem Puffertank aufgefangen und von dort gemäß den rechtlichen Vorgaben dem Trinkwasser zudosiert. Durch die permanente Behandlung des Trinkwassers mit dem hoch bakteriziden, viruziden und fungiziden Anolyte kann die Konzentration an schädlichen Mikroorganismen sowie Biofilmen, die als Reservoir für viele Keime dienen, nachhaltig reduziert werden. Dies entspricht der mikrobiologischen Anforderung § 5 Absatz 4 TrinkwV. Die Beschaffenheit des Trinkwassers wird somit nachhaltig positiv beeinflusst. Als weitere positive Folge können die Nachteile der thermischen Behandlung (Kalkablagerungen im Warmwasser, Korrosion der Leitungssysteme, höherer Energiebedarf) vermieden und die Keimbildung auch in wenig genutzten Bereichen des Trinkwassernetzes reduziert werden. Darüber hinaus kann die Warmwassertemperatur zusätzlich abgesenkt werden, was zu einer weiteren Energie- und CO_2 -Einsparung führt.

Bei Desinfektionsmitteln auf Chlorbasis ist gemäß der Liste der Aufbereitungsstoffe⁶ nach § 11 TrinkwV auf

die Desinfektionsnebenprodukte Trihalogenmethan (THM), Chlorat und Bromat zu achten. Die Bildung dieser Nebenprodukte kann vor allem durch die in-situ-Produktion und die Verkürzung von Lagerzeiten, aber auch durch die Verwendung eines hochreinen Zugangswassers für die Aquadron-Anlage und die Produktion eines pH-neutralen Produktes vermieden werden. Die Bildung von Chlorat in Chlor-haltigen Desinfektionsmitteln beruht auf der schrittweisen Umwandlung (Disproportionierung) des Anolyte-Wirkstoffs Hypochloriger Säure (HOCl) über Chlorit (ClO_2^-) zu Chlorat (ClO_3^-) (s. Reaktionsgleichungen III-V).⁹ Dieser Prozess läuft bei niedrigen Temperaturen langsam aber stetig ab, wodurch hohe Chlorat-Konzentrationen hauptsächlich bei älteren Anolyte-Lösungen beobachtet werden. Durch eine Füllstandsüberwachung im Puffertank kann eine litergenaue Herstellung und Bevorratung und somit eine Minimierung der Lagerzeit gewährleistet werden. Durch die Verwendung reinen Zugangswassers (Bromid-frei und mit geringem Anteil an organischen Substanzen) kann die Bildung der Nebenprodukte Bromat und THM vermieden werden.

Reaktionen zur Bildung von Chlorit (III) und Chlorat (IV,V):**Fazit**

Das Verfahren der Membranzellenelektrolyse zur Herstellung eines Desinfektionsmittels auf der Basis von Hypochloriger Säure und Natriumhypochlorit, das von der Firma INNOWATECH GmbH in den Aquadron-Anlagen verwendet wird, ermöglicht durch permanente Behandlung von Kalt- und/oder Warmwasser eine nachhaltige Reduktion von Keimen in Trinkwasserinstallationen und damit eine nachhaltige Verbesserung der Trinkwasserqualität. Aufgrund der deutlichen Energieeinsparung im Vergleich zur thermischen Behandlung und aufgrund der Verwendung eines

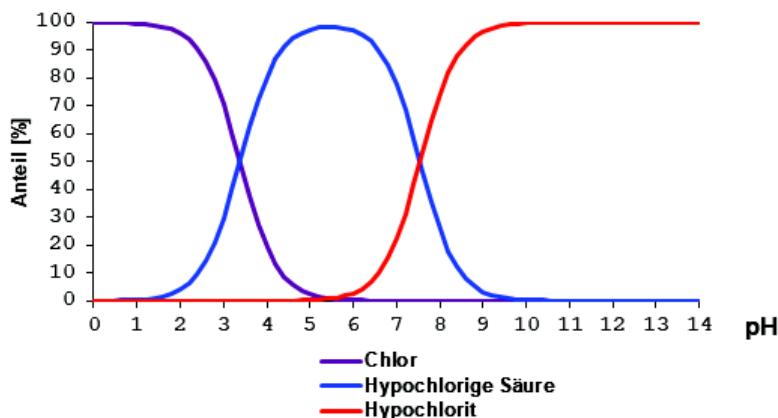
Gleichgewichts-Diagramm Hypochlorige Säure

Abbildung 1: Anteile der verschiedenen Bestandteile des freien Chlors in Abhängigkeit des pH-Wertes.



INNOWATECH Aquadron mit Multi-Mess-Center zur Trinkwasser-Behandlung.

gefährstofffreien Systems, bei dem die Bildung gefährlicher Nebenprodukte entweder durch Wahl des pH-Wertes (Vermeidung der Bildung von Chlorgas) oder durch die in-situ-Produktion (Vermeidung der Bildung von Chlorat) vermieden werden kann, stellt das Verfahren eine ernsthafte Alternative zur thermischen Behandlung dar. Die dauerhafte Behandlung von Trinkwasserinstallationen in Kliniken, Senioren- und Pflegeheimen, Wohnanlagen, Industriegebäuden, Schwimmbädern und Hotels mit in situ produziertem INNO-

WATECH Analyte bietet die Möglichkeit das Problem erhöhter Keimbelastung langfristig und ressourcenschonend in den Griff zu bekommen und so den Änderungen der TrinkwV hinsichtlich Legionellenvermehrung vor fast 20 Jahren in vollem Maße Genüge zu tun.

Referenzen

- [1] lateinisch: „vor Ort“, „unmittelbar am Ort“.
 [2] Verordnung über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch (Trinkwasserverordnung - TrinkwV),

letzte Änderung 22.09.2021.

[3] Erste Verordnung zur Änderung der Trinkwasserverordnung (1. TrinkwVÄndV), 2011.

[4] Health&Care Management 11/2017, S. 55 ff. M. Thalmayr, Legionellen-Infektionsprävention – Außer Spesen nichts gewesen?

[5] DVGW Arbeitsblatt W 551, Trinkwassererwärmungs- und Trinkwasserleitungsanlagen; Technische Maßnahmen zur Verminderung des Legionellenwachstums; Planung, Errichtung, Betrieb und Sanierung von Trinkwasserinstallationen, April 2004.

[6] Umweltbundesamt, Bekanntmachung der Liste der Aufbereitungsstoffe und Desinfektionsverfahren gemäß § 11 der Trinkwasserverordnung, 22. Änderung, Dezember 2020.

[7] DVGW Arbeitsblatt W 229, Verfahren zur Desinfektion von Trinkwasser mit Chlor und Hypochloriten, März 2021.

[8] DIN 19693, Anlagen zur Wasserbehandlung – In-situ-Erzeugung von Bioziden – Aktives Chlor hergestellt aus Natriumchlorid durch Elektrolyse, Juli 2021.

[9] A. F. Hollemann, E. Wiberg, Lehrbuch der Anorganischen Chemie, 81.-90. Auflage, Walter de Gruyter-Verlag, Berlin, 1976.

*Dr. rer. nat. Christoph Feil
 Leiter F&E INNOWATECH GmbH

INNOWATECH Aquadron®

Klinische Tests: bestanden

INNOWATECH

Seit über 15 Jahren bewähren sich unsere Anlagen im Alltag vieler Heime und Krankenhäuser unter teilweise extremen Bedingungen. INNOWATECH Aquadron® Systeme sorgen für die zuverlässige Abtötung von Legionellen, Pseudomonaden und anderen Mikroorganismen und verhindern den Aufbau von Biofilmen. **Prüfen Sie die amtlichen Testate und unseren glänzenden Referenzen!**



▲ Foto: INNOWATECH Aquadron FX und MMC

*gelistet nach TrinkwV
 Wirkstoff geprüft auf
 Reinheit nach DIN EN 901
 entspricht DVGW
 Arbeitsblatt W229

- zulässige* und zuverlässige Desinfektion von Trinkwassersystemen (u. a. mikrobielle Abwehr von Legionellen, Pseudomonaden)
- In-Situ Produktion verhindert Bildung von Desinfektionsnebenprodukten
- kein Umgang mit Gefahrgut, nur Wasser + Kochsalz zum Betrieb nötig
- hohes Einsparpotenzial durch Senkung der Warmwassertemperatur
- ermöglicht regenerative Warmwasserbereitung (Wärmepumpen/Solar)

INNOWATECH INNOVATIVE
 WASSER
 TECHNOLOGIEN

Alte Kaserne 28 | 72186 Empfingen
 Telefon +49 (0)7485 / 97 87 47 0 | Fax +49 (0)7485 / 97 87 47 55
 E-mail: info@innowatech.de | www.innowatech.de