



TRINKWASSERDESINFEKTION MIT CHLORDIOXID IM VERGLEICH ZU ANDEREN DESINFEKTIONSVERFAHREN

Ján IĽKO - Dieter PIETRUCHA - Miroslav RUSKO

DRINKING WATER DISINFECTION WITH CHLORINE DIOXIDE COMPARED WITH OTHER DISINFECTION METHODS



Sustainability - Environment - Safety '2019

ABSTRAKT

Die Studie beschreibt die Methode und das Chlordioxid-System zur Trinkwasserdesinfektion im Vergleich zu anderen Methoden. Nutzt die Vorteile dieser Technik an vorderster Front und die technische Erfahrung im Hintergrund. Es liegen Informationen zu einer Anwendung im mehrjährigen Betrieb unter realen Bedingungen vor.

SCHLÜSSELWÖRTER: Trinkwasser, Desinfektion, Chlordioxid

ABSTRACT

The study describes the chlorine dioxid drinking water disinfection method and system in relation to other methods. Takes the advantages of this kind of technique in the front line and the technical experience in background. There are information about an application in several years operation under real conditions.

KEY WORDS: Drinking water, Disinfection, Chlorine dioxide

Einleitung

Nach der Trinkwasserverordnung von 2001 (TrinkwV 2001) ist jeder Betreiber einer öffentlichen Einrichtung verpflichtet, Wasser für den menschlichen Gebrauch in einwandfreier Qualität zur Verfügung zu stellen. Das Trinkwasser, das vom Wasserversorger in unsere Gebäude eingespeist wird, darf auf dem Weg bis zu den Entnahmestellen wie Waschbecken, Duschen, WCs oder Geräteanschlüssen keine Verkeimung erfahren. Der Einsatz einer Chlordioxid-Desinfektion bietet den Schutz vor Legionellen oder anderen Krankheitserregern im Trinkwasser, um die größtmögliche Sicherheit für Patienten, Besucher und Mitarbeiter zu erreichen. Chlordioxid-Desinfektion ist eine zulässige und sichere Technik, die in vielen öffentlichen Einrichtungen wie Kliniken, Heimen, Hotels und Schwimmbädern seit Jahren erfolgreich eingesetzt wird.

Wasserdesinfektion

Ein Nachteil bei der Desinfektion mit Mitteln auf Chlorbasis besteht darin, dass durch Reaktionen mit Wasserinhaltsstoffen unerwünschte, unter bestimmten Voraussetzungen die Gesundheit belastende, Nebenprodukte gebildet werden können. Desinfektionsnebenprodukte im Trinkwasser haben weltweit aufgrund von Grenzwertvorgaben neben den seuchenhygienischen Aspekten besondere Bedeutung erlangt. Als Leitparameter für halogenierte Desinfektionsnebenprodukte gelten



die Trihalogenmethane (THM), die charakteristische Nebenprodukte bei der Desinfektion mit Chlor oder Hypochlorit sind.¹

Um Wasser zu desinfizieren und somit für den menschlichen Gebrauch mikrobiologisch sicher zu machen, werden weltweit unterschiedliche Methoden angewandt, die sich in zwei Gruppen aufteilen lassen.

Zu den physikalischen Methoden zählt zunächst erst einmal die Filtration. Deren einfachste und am weitesten verbreitete Form ist die Filtration von Grundwasser durch die verschiedenen geologischen Schichten im Boden, sowie in den Filteranlagen von Wasserwerken mit ihren zahlreichen Kies- und Sandschichten. Weitere Arten der Filtration sind die sogenannte Ultrafiltration bishin zur Sterilfiltration. Beide Verfahren bleiben aber eher speziellen Bereichen der Wasseraufbereitung vorbehalten. Zu den physikalischen Methoden zählt auch die Bestrahlung des Wassers mittels UV-Licht. Die sogenannte UV-Entkeimung hat die Vorteile, dass es ein relativ kostengünstiges Verfahren ist und auch schwer zu bekämpfende Parasiten wie Giardia oder Cryptosporidien mit dieser Methode zuverlässig deaktiviert werden. Jedoch ist allen physikalischen Desinfektionsmethoden gemeinsam, dass sie nur als Barriere eingesetzt werden können und über keinerlei Depotwirkung verfügen. Sie sind somit nur eine erste Behandlungsstufe in einem umfassenden Aufbereitungsverfahren.

Bei chemischen Desinfektionsmethoden wird das Wasser mit einem hochreaktiven Oxidationsmittel versetzt. In der Trinkwasseraufbereitung sind hierzu nur Chemikalien erlaubt, deren Konzentration überwachbar und deren Gefährdungspotenzial für die menschliche Gesundheit bekannt und kalkulierbar sind. Ein Nebeneffekt aller dieser Desinfektionsmittel ist, dass sie nicht nur spezifisch auf die zu bekämpfenden Mikroorganismen wirken, sondern auch mit anderen Inhaltsstoffen des Wassers reagieren. So können im Zuge ihrer Chemie auch u.U. unerwünschte Reaktionsprodukte entstehen. Das Ziel einer chemischen Desinfektion muss also die Optimierung des Verfahrens sein, um das mikrobiologische Risiko so gut wie möglich zu minimieren, ohne das durch die Desinfektionsnebenprodukte ein neues Risiko entsteht.²

Chlordioxid

Chlordioxid ist heute das stärkste antimikrobielle Mittel der Welt.³ Chlordioxid weist gegenüber dem in der Wasserdesinfektion hauptsächlich eingesetzten Chlor aufgrund seiner Chemie eine Reihe von Vorteilen auf. Chlordioxid dissoziiert nicht wie Chlor, sondern löst sich als grünlich-gelbes Gas in Wasser. Dadurch ist seine Desinfektionswirkung unabhängig vom pH-Wert. Die gebräuchlichste Methode zur Herstellung von Chlordioxid ist das so genannte „Chlorit-Säure-Verfahren“. Chlordioxidlösung wird aus Natriumchlorit (NaClO_2) und Salzsäure (HCl) nach folgender Gleichung erzeugt:



Aufgrund seines sehr hohen Redox-Potentials ist Chlordioxid erheblich effektiver als andere Desinfektionsmittel, wie z.B. Chlor. Deshalb ist eine deutlich geringere Konzentration für die gleiche Desinfektionswirkung ausreichend. Ein weiterer Vorteil ist seine Langzeitstabilität in Leitungssystemen von mehreren Tagen gegenüber Chlor von nur einigen Stunden. Darüber hinaus

¹RITTER, K.&KÖNIG, M. 2012. Modellhaftes technologisches Konzept für die Verbesserung der Sicherheit bei der Chlorlagerung am Beispiel eines Moskauer Großwasserwerkes in Verbindung mit Maßnahmen zur Verbesserung des anlagenbezogenen Gewässerschutzes. *Umweltforschungsplan des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit.* - [on-line] Verfügbar auf -

URL:https://www.google.sk/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=4&ved=2ahUKEwimoa6799_mAhUUM8AKHb1xAy4QFjADegQIBBAH&url=http%3A%2F%2Fwww.umweltbundesamt.de%2Fsites%2Fdefault%2Ffiles%2Fmedien%2Fpublikation%2Flong%2F2361.pdf&usg=AOvVaw1XdUUFo54jJ5lNQUlgZkm8

²GEWA. 2015. Trinkwasserdesinfektion – weltweit von zentraler Bedeutung. - [on-line] Verfügbar auf - URL:<https://www.gewa.com/lotus-2015/>

³УМДИС. Диоксид хлора ClO₂. - [on-line] Verfügbar auf - URL:<https://www.umdis.org/news/dioksid-xloro-clo2-89603>

baut Chlordioxid im Gegensatz zu Chlor aktiv Biofilme in Leitungen und Behältern ab. Dadurch ist ein besserer Schutz von Wassersystemen und vor allen Dingen die Bekämpfung von Legionellen möglich. Weder reagiert es mit Ammonium noch bilden sich chlorierte Nebenprodukte wie z.B. die als krebserregend verdächtigten Trihalogenmethane (THM). Chlordioxid ist ein hoch wirksames Desinfektionsmittel gegen Legionellen und andere pathogene, Chlor resistente Keime, mit einem hohen Eindringungsvermögen in Biofilme über einen weiten pH-Bereich und sorgt durch seine Langzeitstabilität für viele Stunden bis Tage für einen mikrobiologischen Schutz im Leitungsnetz. Ohne Zehrung durch im Wasser gelöstes Ammonium, ohne Bildung von Chlorphenolen und anderer, geruchsintensiver Verbindungen, ohne Bildung von Trihalogenmethanen (THM) und anderen chlorierten Kohlenwasserstoffen (AOX).⁴Es wurde festgestellt, dass Chlordioxid die Permeabilität der äußeren und zytoplasmatischen Zellmembranen erhöht und folglich zur Freisetzung lebenswichtiger Kernmaterialien führt, die stark mit dem Verlust der Zellaktivität oder dem Tod korrelieren.⁵

SELECTIVITY OF Cl₂ vs ClO₂

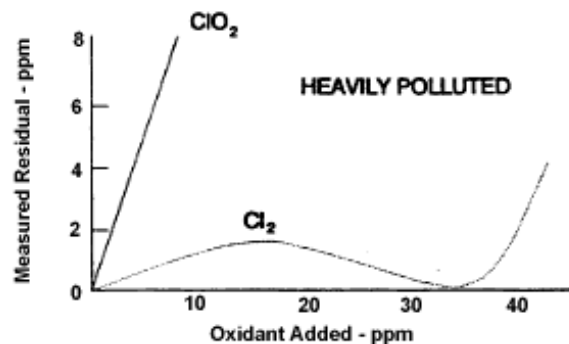
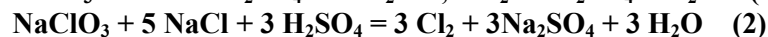
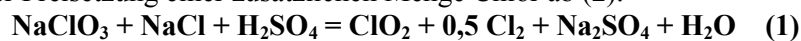


Bild 1 Chlordioxid ist als Oxidationsmittel selektiver als Chlor. Bei gleicher Dosierung ist die Restkonzentration an Chlordioxid bei starker Verschmutzung wesentlich höher als die Restkonzentration an Chlor.⁶

Anderes Prinzip des Chlordioxidgenerators

Das Funktionsprinzip der Anlage beruht auf der chemischen Wechselwirkung von Natriumchlorat und Natriumchlorid in Gegenwart von Schwefelsäure gemäß Reaktion (1), die im Reaktor der Anlage mit der anschließenden Auflösung der freigesetzten Gase ClO₂ und Cl₂ in Wasser und Gewinnung ihrer wässrigen Lösung stattfindet. Teilweise im Reaktor der Anlage läuft gemäß Reaktion (2) ein Nebenprozess unter Freisetzung einer zusätzlichen Menge Chlor ab (2).⁷



UV

Die UV-Bestrahlung ist in der modernen Wasseraufbereitung ein sicheres, chemiefreies und zuverlässiges Desinfektionsverfahren.⁸

⁴EMEC LIQUID CONTROL SYSTEMS. Chlordioxid - Desinfektion mit hoechster effizienz. LOTUS Chlor dioxide generators.

⁵OFORI, Isaac, et al. Chlorine dioxide inactivation of Pseudomonas aeruginosa and Staphylococcus aureus in water: The kinetics and mechanism. *Journal of water process engineering*, 2018, 26: 46-54. ISSN: 2214-7144

⁶Lenntech. Disinfectants Chlorine Dioxide. Chlorine dioxide as an oxidizer. - [on-line] Verfügbar auf - URL: <https://www.lenntech.de/chlorine-dioxide.htm>

⁷Новые Технологии. Разработка, сборка и внедрение установок типа ДХ-100. Установка типа "ДХ-100". - [on-line] Verfügbar auf - URL: https://www.dioxide-chlor.ru/services/tekhnicheskaya_dokumentatsiya/razrabotka-sborka-i-vnedrenie-ustanovok-tipa-dkh-100/.

⁸PROMINENT. UV-Anlagen. Schonend für Mensch und Umwelt. - [on-line] Verfügbar auf - URL: <https://www.prominent.de/de/Produkte/Produkte/Desinfektionssysteme-und-Oxidationssysteme/UV-Anlagen/pg-uv-systems.html>

Mit UV-Strahlen werden gefährliche Bakterien und Einzeller bekämpft, UV-Anlagen sind zur Desinfektion von Trinkwasser zugelassen.⁹ UV-C-Strahlung mit einer Wellenlänge im Bereich von 240 bis 280 nm greift direkt die lebenswichtige DNA von Keimen an. Diese verlieren ihre Vermehrungsfähigkeit und werden abgetötet. Selbst gegen chemische Desinfektionsmittel äußerst beständige Parasiten wie Cryptosporidien oder Giardia werden effizient reduziert.¹⁰

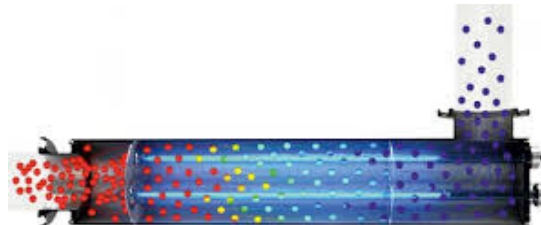


Bild 2 Schnitt der Desinfektionsanlage¹¹

Kurzwelliges (hartes) UV-Licht ist ein gutes Desinfektionsmittel. Es tötet Viren, Bakterien und manche Parasiten. Am effizientesten ist Licht von 254 Nanometer Wellenlänge, dem Absorptionsmaximum bestimmter Bausteine der Erbsubstanz. Die DNA der Krankheitserreger wird durch das Licht so stark geschädigt, dass diese sich nicht mehr vermehren können.¹²

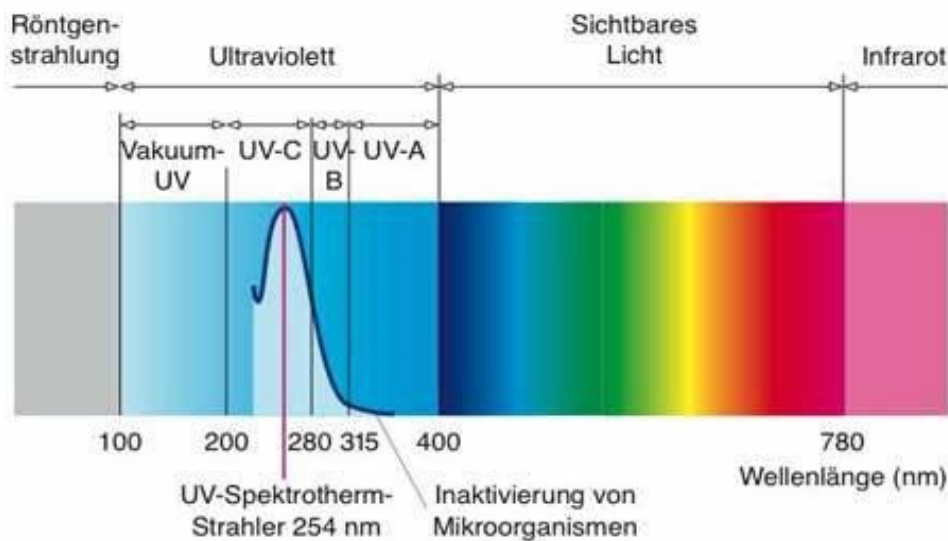


Bild 3 UV-Licht ist Lichtenergie, die die DNA gefährlicher Mikroorganismen zersetzt.¹³

⁹EVOQUA WATER TECHNOLOGIES. Wasseraufbereitung und -desinfektion. - [on-line] Verfügbar auf - URL: https://www.evoqua.com/de/brands/Wallace_and_Tiernan/Seiten/Water-Wastewater-Disinfection.aspx

¹⁰PROMINENT. UV-Anlagen. Unschlagbar: UV-C-Strahlung. - [on-line] Verfügbar auf - URL: <https://www.prominent.de/de/Produkte/Produkte/Desinfektionssysteme-und-Oxidationssysteme/UV-Anlagen/pg-uv-systems.html>

¹¹PROMINENT. - [on-line] Verfügbar auf - URL: https://www.google.sk/url?sa=i&ret=j&q=&esrc=s&source=images&cd=&ved=2ahUKewiVmITc_qDnAhUQYVAKHYPhB5gQjB16BAgBEAM&url=https%3A%2F%2Fwww.prominent.de%2Fresources%2FBrochureFlyer%2FGerman%2F16433%2FSales-folder-Dulcodes-LP-04-16-DE.pdf&psig=AOvVaw3Lj5o7uq-77L0cyFJqm8Jq&ust=1580118538299744

¹²WISSENSCHAFT.DE. - [on-line] Verfügbar auf - URL: <https://www.wissenschaft.de/umwelt-natur/desinfiziert-uv-licht-wasser/>

¹³ALFILTRA. UV-Desinfektion Funktionsweise. <https://support.alfiltra.de/hc/de/articles/360000354945-UV-Desinfektion-Funktionsweise>



Biofilmbildung

Biofilm ist der Ausdruck für mikrobielle Aggregate wie Flocken, Beläge und Schlämme¹⁴, ist ein organisierter Zusammenschluss verschiedener Mikroorganismen, die in Symbiose leben und sich durch eine gemeinsame, selbst produzierte Schleimschicht, die Extrapolymersaccharid-Matrix (EPS), auszeichnen.¹⁵ Multizelluläre Gemeinschaften in Form bakterieller Biofilme stellen aus medizinischer Sicht ein großes klinisches Problem dar.¹⁶ Biofilme lassen sich nicht durch Abspülen von ihrer Oberfläche lösen.¹⁷ Technik bei der Biofilmkontrolle ist der gezielte Einsatz von Bioziden und anderen Additiven.¹⁸ Viele Biozide haben besondere Probleme bei der Durchdringung dieses Biofilms, da das Polysaccharid "Kleber" von Bakterien wie *Pseudomonas* abgesondert wird, um den Biofilm zusammenzuhalten. Im Gegensatz zu den meisten Bioziden kann Chlordioxid die Polysaccharidschicht des Biofilms effektiv durchdringen, ohne bei der Reaktion mit den inerten Zuckern verbraucht zu werden. Dadurch kann das ClO_2 auf die Bakterien selbst einwirken und den Biofilm zerstören.¹⁹

Die Zusammensetzung bakterieller Populationen in Biofilmen im Verteilungsnetz des Trinkwassers können sehr vielfältig sein. Vertreter der Gattungen *Pseudomonas*²⁰, *Alcaligenes*²¹, *Acinetobacter*, *Arthrobacter*, *Bacillus*, *Flavobacterium*, *Nocardia*²², *Sphingomonas* und *Agrobacter* gehören zu den häufig nachgewiesenen Biofilmbewohnern. Es ist aber je nach Versorgungssituation nicht auszuschließen, dass sich in den Biofilmen auch hygienisch relevante Organismen anreichern können. Beispiele für hygienisch relevante Mikroorganismen, die in Biofilmen nachgewiesen wurden, sind *Legionella pneumophila*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Aeromonas* spp., *Mycobacterium* spp., coliforme Keime, *Cryptosporidium*, *Giardia*, *Acanthamoeba* und Enteroviren.²³

¹⁴FLEMMING, Hans - Curt; WINGENDER, Jost. Biofilme - die bevorzugte Lebensform der Bakterien: Flocken, Filme und Schlämme. *Biologie in unserer Zeit*, 2001, 31.3: 169-180.

¹⁵BEULE, A. G.; HOSEMANN, W. Bakterielle Biofilme. *Laryngo-rhino-otologie*, 2007, 86.12: 886-898. - [on-line] Verfügbar auf - URL: <https://www.thieme-connect.com/products/ejournals/html/10.1055/s-2007-967031>

¹⁶REIDL, Sebastian. Funktionale Charakterisierung an der Biofilmbildung beteiligter Faktoren pathogener und kommensaler *Escherichia coli*. 2009.- [on-line] Verfügbar auf - URL: <https://opus.bibliothek.uni-wuerzburg.de/frontdoor/index/index/docId/2910>

¹⁷COSTERTON J W, STEWART P S, GREENBERG E P. Bacterial biofilms: a common cause of persistent infections. *Science*. 1999; 284 1318-1322

¹⁸PAULY, Dieter; DIETZ, Wolfram. *Vermeidung von Biofilmbildung in Stoff- und Wassersystemen durch optimierte Prozessführung in Altpapier verarbeitenden Produktionsanlagen: PTS-Forschungsbericht*. Papiertechn. Stiftung (PTS), 2005.- [on-line] Verfügbar auf -

URL: https://www.ptspaper.com/fileadmin/PTS/PTSPAPER/06_Forschung/Dokumente/Forschungsprojekte/AiF_13669.pdf

¹⁹SCOTMAS GROUP. The oxidising properties and the radical nature of Chlorine Dioxide make it an excellent virucidal and bactericidal agent in a large pH range. - [on-line] Verfügbar auf - URL: <https://www.scotmas.com/chlorine-dioxide/how-does-clo2-kill-bacteria.aspx?locale=en>

²⁰*Pseudomonaden kommen ubiquitär in der Umwelt vor, vor allem an Pflanzen und in Gewässern. Als Teil der menschlichen Normalflora werden sie selten nachgewiesen. Sie gelten als typische "Opportunisten". Ihr Vorkommen in Wasserinstallationen ist ein Indikator für Hygieneprobleme.* - [on-line] Verfügbar auf -

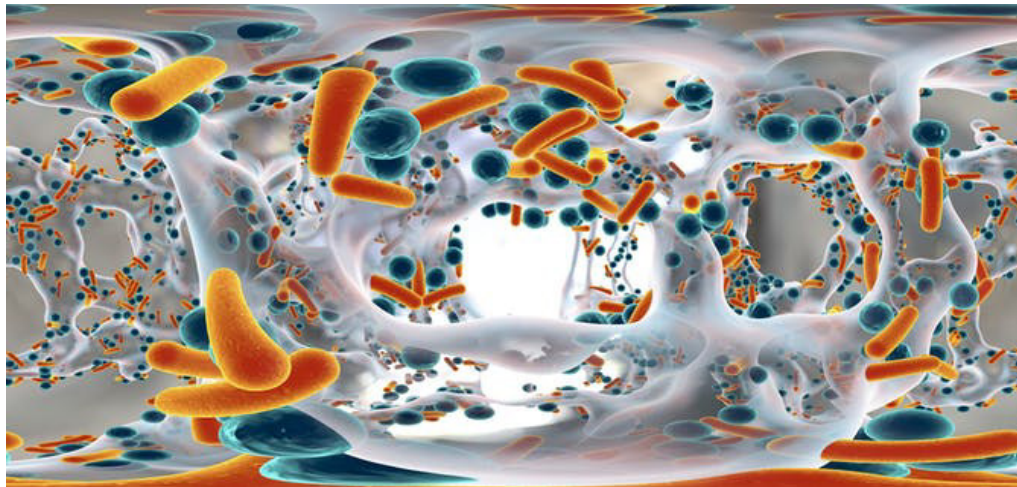
URL: <https://flexikon.doccheck.com/de/Pseudomonas>

²¹*Alcaligenes-Arten kommen als Saprobier im Boden, Wasser, Belebtschlamm von Kläranlagen und im Darm von Wirbeltieren vor. Die Arten sind stäbchenförmig (0,5–1,2 × 0,5–2,5 µm) oder seltener mehr kugelig, peritrich begeißelt, Oxidase-positiv, mit einem streng aeroben Stoffwechsel (keine Gärung) und einige mit einer Nitrataatmung.* - [on-line] Verfügbar auf - URL: <https://www.spektrum.de/lexikon/biologie/alcaligenes/1927>

²²Nokardien sind primär Umweltbakterien (Staub, Erdboden, Wasser) und damit opportunistische Krankheitserreger. Infektionen betreffen vorwiegend Patienten mit schwerwiegenden Grunderkrankungen

oder Immunschwäche. MAIWALD, Matthias. *Nocardia*. In: *Lexikon der Infektionskrankheiten des Menschen*. Springer, Berlin, Heidelberg, 2009. p. 599-602. ISBN: 978-3-540-39005-3

²³JUNGFER, Christina. *Einfluss der UV-Desinfektion auf molekulare Reparaturmechanismen bei Bakterien im Trinkwasser*. Fakultät für Chemieingenieurwesen und Verfahrenstechnik, Universität Fridericiana Karlsruhe, 2006.



*Bild 4 Bacterial biofilm.*²⁴

Es muss weiterhin davon ausgegangen werden, dass eine einzige Legionelle unter ungünstigen Rahmenbedingungen zu einer Infektion führen kann. Eine unbedenkliche Legionellenanzahl gibt es daher nach derzeitigem Erkenntnisstand nicht.²⁵

Statt der bisher angenommenen 10.000 Infektionen treten nach diesen neuesten Untersuchungen bis zu 30.000 ambulant erworbene Legionellen-Lungenentzündungen auf. Präventionsstrategien müssen daher an der Vermeidung von Biofilmen in derartigen wasserführenden Systemen und der Weiterverbreitung ansetzen.²⁶

Ein 730 Tage alter Biofilm wird durch Chlordioxid in 70 Tagen, durch Chlor in 180 Tagen und durch UV nicht eliminiert. Um eine Biofilmbildung in einem neuen Wasserversorgungssystem effizient zu verhindern, ist eine Desinfektionsmassnahme schon vor Inbetriebnahme dringend zu empfehlen.²⁷

Die Durchführung einer thermischen Desinfektion erfordert einen hohen organisatorischen Aufwand und einen hohen Personalbedarf. Die Störung des Klinikablaufs und die Verbrühungsgefahr von Patienten und Personal sprechen gegen die thermische Desinfektion als Routinemaßnahme. Einer thermischen Desinfektion sollten deshalb immer weitere Massnahmen folgen. Eine dauerhafte Erhöhung der peripheren Auslasstemperatur über 58 °C ist nicht ratsam, da dies, außer hohen Heizkosten und Verbrühungsgefahr, eine übermäßige Beanspruchung der Wasserrohre durch Korrosion und Kalkablagerungen zur Folge hat. Dies fördert die Entstehung von Biofilmen und begünstigt das Überleben und Wachstum von Legionellen.²⁸

²⁴THECONVERSATION. Articles sur Bacterial biofilm. - [on-line] Verfügbar auf -
 URL:<http://theconversation.com/fr/topics/bacterial-biofilm-27932>

²⁵SCHAEFER, B. Umweltbundesamt

²⁶Prof. M. Exner, „Kommunikationsplattform der Wasserhygiene“, S&H Report 2 (2006)

²⁷Prof. M. Exner, „Wirksamkeit von Chlor, Chlordioxid und UVC gegenüber Biofilmen im Silikonschlauchmodell“, Umweltmed Forsch Prax 9 (2004)

²⁸H.J. Linde, A. Hengerer, E. Voggesberger, J. Hecht, W. Ehret, H. Wolf, „Sanierung von Warmwassersystemen mit Legionellenbefall – Dokumentation eigener Erfahrungen mit thermischer Desinfektion“, Zbl. Hyg. 197 (1995)

Tabelle 1 Der Chlor und Chlordioxid im Vergleich²⁹

Kriterium	Chlor	Chlordioxid
Biofilmbau in Rohrnetzen	In Trinkwasserwirkkonzentrationen nur geringer Biofilmbau, da mangelnde Durchdringung.	Chlordioxid durchdringt den Biofilm vollständig und baut ihn sehr gut ab.
Desodorierung	Erzeugung von geruchs- und geschmacksbeeinträchtigenden Stoffen durch Reaktion mit Phenolen, Aminen oder auch Algen.	Desodorierende Eigenschaften, d.h. Geruchs- und Geschmacksstoffe im Wasser, z. B. von Phenolen, Algen oder deren Zersetzungsprodukten werden umgewandelt, bzw. werden erst gar nicht erzeugt.
Desinfektionswirkung in Abhängigkeit des pH-Wertes	Desinfektion nur gewährleistet bei pH-Werten < 7,5. Geringe Desinfektion bei zementausgekleideten Betonrohren.	Desinfektion pH-Wert unabhängig gleichbleibend hoch im Bereich 4 < pH < 10. Desinfektion auch in zementausgekleideten Beton-rohren.
Bildung von krebserregenden THM's und AOX	Starke Bildung durch Reaktion mit organischen Wasserinhaltsstoffen.	Keine THM Bildung im Trinkwasser. Nur sehr geringe AOX Bildung.
Bildung von schleimhautreizenden Chloraminen (Ursache für Hallenbadgeruch)	Chlorierung aller Amine zu Chloraminen.	Keine Reaktion mit primären und sekundären Aminen und damit keine Chloraminbildung. Durch Chlor gebildete Chloramine werden oxidativ zerstört.
Bakterizide und virizide Wirkung	Gute bakterizide aber schlechte virizide Eigenschaften. Bei pH-Werten > 7,5 auch sehr schlechte bakterizide Wirkung.	Sehr gute bakterizide und sehr gute virizide Eigenschaften. Bei pH Werten > 7,5 ca. 20 - 30 mal stärkere Desinfektionswirkung als Chlor.
Algicide Wirkung	Nur bei Stoßchlorung.	Ist bereits bei Permanentdesinfektion mit nur 0,2 – 0,05 mg/l sichergestellt.
Oxidationswirkung	Starkes Oxidationsmittel, welches aber durch Chlorierung (AOX Bildung) oxidierend wirkt.	Bis zu 2,5 -fache stärkere Oxidationswirkung als Chlor. Oxidation findet durch Sauerstoffübertragung statt.
Netzstabilität	Temperaturen > 30 °C zerstören Chlor sehr schnell. Durch Reaktionsfreudigkeit hohe Zehrung im Netz.	Chlordioxid auch noch bei Temperaturen 30°C < T < 45°C hinlänglich stabil in geschlossenen Systemen. Reagiert selektiver als Chlor.
Korrosivität.	Hoher Chloridanteil in Chlorbleichlaugelösungen in Zusammenhang mit hohem Oxidationspotential bewirkt hohe Korrosionsraten.	Chlordioxidlösungen enthalten nahezu kein Chlorid. Damit geringere Korrosionsraten.
Ausspülverhalten	Schlechtere Ausspülbarkeit durch Bildung und Adhäsion der chlorierten Wasserinhaltsstoffe.	Gute Ausspülbarkeit aus Rohren, Flaschen, u.s.w. und damit geringerer Spülwasserverbrauch.

²⁹IOTRONIC PROCESS MONITORING. Chlordioxid im Vergleich mit Chlor. *Wasserdesinfektion mit Chlordioxid. Internes Dokument der Firma Iotronic Proccerss Monitoring, Deutschland.*

Chlordioxidanlagen

Chlordioxid ist umweltfreundlich und eine Technologie zum Schutz vor Verschmutzungen, denn es schützt die Umwelt und die menschliche Gesundheit vor Bakterien und vor Nebenprodukten, die durch andere Desinfektionsmethoden gebildet worden wären. So hat z.B. der Gebrauch von ClO_2 in der Zellstoff- und Papierindustrie sämtliches Dioxin in den Fabrikabwässern beseitigt und somit zu einer bedeutenden Verbesserung des Wasserökosystems beigetragen.³⁰ Aufgrund der physikalischen und physikalisch-chemischen Eigenschaften wird Chlordioxid nur in Form von wässrigen Lösungen am Ort der Verwendung in besonderen Apparaturen bereitet. Chlordioxid wird entweder aus Natriumchlorit (NaClO_2) und Chlor (Cl_2) als Aktivierungsmittel oder aus Natriumchlorit und Salzsäure (HCl) hergestellt.³¹



Bild 5 Chlordioxidgenerator – links oben die Steuerung, rechts oben die Mischkammer, unten Dosierungspumpen.³²

³⁰LENNTECH. Häufig gestellte Fragen zum Thema Chlordioxid. Wie beeinflusst Chlordioxid die Umwelt. - [on-line] Verfügbar auf - URL:<https://www.lenntech.de/faq-clo2.htm>

³¹RITTER, K., KONIG, M. 2002. Desinfektion und Oxidation mit Chlor - Umweltbundesamt. Modellhaftes technologisches Konzept für die Verbesserung der Sicherheit bei der Chlorklagerung am Beispiel eines Moskauer Großwasserwerkes in Verbindung mit Maßnahmen zur Verbesserung des anlagenbezogenen Gewässerschutzes. *Umweltforschungsplan des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit.* - [on-line] Verfügbar auf - URL:<https://www.google.sk/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=5&ved=2ahUKEwjctPuxxvPmAhWEIYsKHZ4GBjsQFjAEegQIBBAC&url=http%3A%2F%2Fwww.umweltbundesamt.de%2Fsites%2Fdefault%2Ffiles%2Fmedien%2Fpublikation%2Flong%2F2361.pdf&usg=AOvVaw1XdUUFo54jJ51NQUlgZkm8>

³²IOTRONIC PROCESS MONITORING. *Interne Dokumentation der Firma IPM.*



Epilog

Chlordioxid ist als sehr wirksames Oxidationsmittel bekannt. Chlordioxid wird in vielen Bereichen verwendet und findet sich häufig in der Wasseraufbereitung, am häufigsten in verschiedenen Gesundheitseinrichtungen, Hotels, Krankenhäusern und in der Lebensmittelindustrie. Es kann in resistente Bakterienbiofilme eindringen, mit denen nur wenige andere Desinfektionsmittel umgehen können und eignet sich daher ideal zum Entfernen von Legionellen, welche sich häufig in Biofilmen befinden. Chlordioxid wird auch in anderen Bereichen verwendet. Es wird zum Bleichen von Zellstoff bei der Herstellung von Holzpapier verwendet, manchmal in Kombination mit Chlor. Die Verwendung von Chlordioxid minimiert die Menge an organischen chlorierten Verbindungen, die bei der Papierherstellung verwendet werden. Etwa 95 % des gebleichten Kraftzellstoffs werden mit Chlordioxid gebleicht.

CONTACT ADDRESS

Ing. Bc. Ján ILKO, EUR-ING

- FLEXIM GmbH, Olbendorf, Republik Österreich
 - Slovak University of Technology in Bratislava, Faculty of Materials Science and Technology in Trnava, 917 24 Trnava, Slovak Republic
- E-mail: jan.ilko@gmail.com

Dipl.- Ing. Dieter PIETRUCHA

Iotronic Process Monitoring, Langenargen am Bodensee, Bundesrepublik Deutschland

Assoc. prof. RNDr. Miroslav RUSKO, PhD.

Slovak University of Technology in Bratislava, Faculty of Materials Science and Technology in Trnava, 917 24 Trnav, Slovak Republic
E-mail: mirorusko@centrum.sk

RECENZIA TEXTOV V ZBORNÍKU

Recenzované dvomi recenzentmi, členmi vedeckej rady konferencie. Za textovú a jazykovú úpravu príspevku zodpovedajú autori.

REVIEW TEXT IN THE CONFERENCE PROCEEDINGS

Contributions published in proceedings were reviewed by two members of scientific committee of the conference. For text editing and linguistic contribution corresponding authors.