



UMWELTZEICHEN IN BEZIEHUNG MIT WASSERDESINFIZIERUNG

Ján IĽKO - Miroslav RUSKO

ECOLABELLING IN RELATION TO WATER DISINFECTION

ABSTRAKT

Umweltkennzeichnung ist ein Weg für die einfache Kundenorientierung. Im Bereich der Desinfektion von Wasser verwendet eine Reihe von Verfahren zur Entfernung von Bakterien und Viren aus Wasser und jede hat neben seiner Vor- auch die Nachteile. Mit Blick auf die Tatsache, dass das Wasser in Kontakt mit dem Mensch, kommt es oft in Kontakt mit dem Desinfizierungsstoff, die unterschiedliche Reaktionen beim Menschen hervorrufen können. Das Ziel dieser Arbeit ist der Vorschlag von Umweltzeichen in der obigen Praxis einzuführen, damit der Verbraucher oder Wasser Benutzer wird von der Art der Verfahren zur Desinfektion von Wasser informiert, mit denen es in Kontakt kommt.

Schlüsselwörter: *Umweltkennzeichnung, Wasser, Desinfektion*

ABSTRACT

Environmental labeling is a tool for easy customer orientation. In the field of disinfection of water is used a number of methods for the removal of bacteria and viruses from water and each has besides its advantages also its disadvantages. Overlooking the fact that the water is in contact with the human, it often comes into contact with the disinfection compound, which can cause different reactions to humans. The aim of this paper is the proposal to introduce environmental labeling in the above practice, the consumer to be informed about the type of method of disinfection of water with which it comes into contact.

Keywords: *Environmental labeling, Water, Disinfection*

Einleitung

Heute wird es in der Praxis verschiedene Methoden der Wasseraufbereitung eingesetzt. Jede hat ihre Vorteile und Nachteile. Die Anwendung ist entsprechend dem Zweck ausgewählt. Heute die gebräuchlichste Methode ist die Verwendung von Chlor, die Bakterien und Viren vom Wasser zu entfernen. Es wurden aber bei der Kontrolle von Legionellen verschiedene Diskussionen bezüglich ihrer Wirksamkeit gehalten. Da ist das wirksamste Desinfizierungssystem mit Chlordioxid. Chlordioxid ist toxisch, und daher wird vor erzeugte Anwendung ihre Freisetzung in die Umwelt zu verhindern. Bei der Anwendung ist es notwendig, die Konzentration von ClO₂ in dem Rohrleitungssystem zu überwachen, da es in hohen Konzentrationen würde die menschliche Gesundheit, die Pipeline oder sogar gefährden beschädigen können. Mit der Umweltkennzeichnung des Gerätes, Systems oder der Abnahmepunkt des Wassers, der den Verbraucher über die Methoden der Desinfektion von Wasser informiert, ob es um eine Chlordioxid, Chlor oder selten verwendete UV-Röhre geht, kann der Verbraucher sich gleich orientieren. Die Information wäre behilflich z. B. bei allergische Reaktion auf Chlor. Von der verwendete Methode hängt z B Lebensdauer der Bakterien in Gewässern ab. Chlor verhindert bakteriellen Stoffwechsel, so macht Bakterien als solche nicht sofort sterben. Das Chlordioxid tötet die Bakterien sofort. UV-Strahlung bewirkt, dass die Bakterien sich nicht vermehren können.

Desinfektion mit Chlordioxid

Chlordioxid ist eines der effektivsten Desinfektionsmittel überhaupt. Es ist überaus vielseitig einsetzbar, insbesondere für die gesetzeskonforme Trinkwasserdesinfektion. Durch seine hervorragende Desinfektions- und Depotwirkung ist es bestens für die Beseitigung und die Prävention von unerwünschten Mikroorganismen (Biofilm, Legionellen, E. Coli, ...) in Prozessen und Leitungssystemen geeignet.

Chlordioxid ist ein sehr gut wasserlösliches Gas, dass zur Wasserdesinfektion als wässrige Lösung mit einer Chlordioxidkonzentration von ca. 2 – 3 g/l vor Ort hergestellt und anschließend in einer Wirkstoffkonzentration von ca. 0,2 mg/l in das Wassersystem dosiert wird. Chlordioxid hat ein hohes Redoxpotential und dadurch eine grosse Wirksamkeit als Desinfektionsmittel. Es wirkt oxidierend und nicht chlorierend, so dass giftige Desinfektionsnebenprodukte wie THM (Trihalomethane), Chlorphenole und Chloramine nicht gebildet werden und der AOX-Grenzwert sicher eingehalten werden kann. Bereits gebildete Chlorphenole und Chloramine werden sogar oxidativ zerstört.

Als Nebenprodukt entsteht lediglich Chlorit. Im Gegensatz zu vielen anderen Desinfektionsmitteln ist das Redoxpotential und damit die desinfizierende Wirkung von Chlordioxid nahezu pH-Wert-unabhängig. Bei höheren Temperaturen nimmt die desinfizierende Wirkung von Chlordioxid im Gegensatz zu Desinfektionsmitteln wie Chlor und Ozon sogar zu, so dass sich Chlordioxid sehr gut für Warmwassersysteme und zur Legionellenprophylaxe eignet.

Chlordioxid baut nachweislich den Biofilm in Rohrleitungssystemen ab und verhindert dessen Neubildung. Es ist im Rohrleitungssystem so beständig, dass eine nachhaltige Wasserdesinfektion möglich ist. Die Desinfektionsmittelkapazität im Rohrleitungssystem kann durch den messtechnischen Nachweis eines Chlordioxidüberschusses nachgewiesen werden.

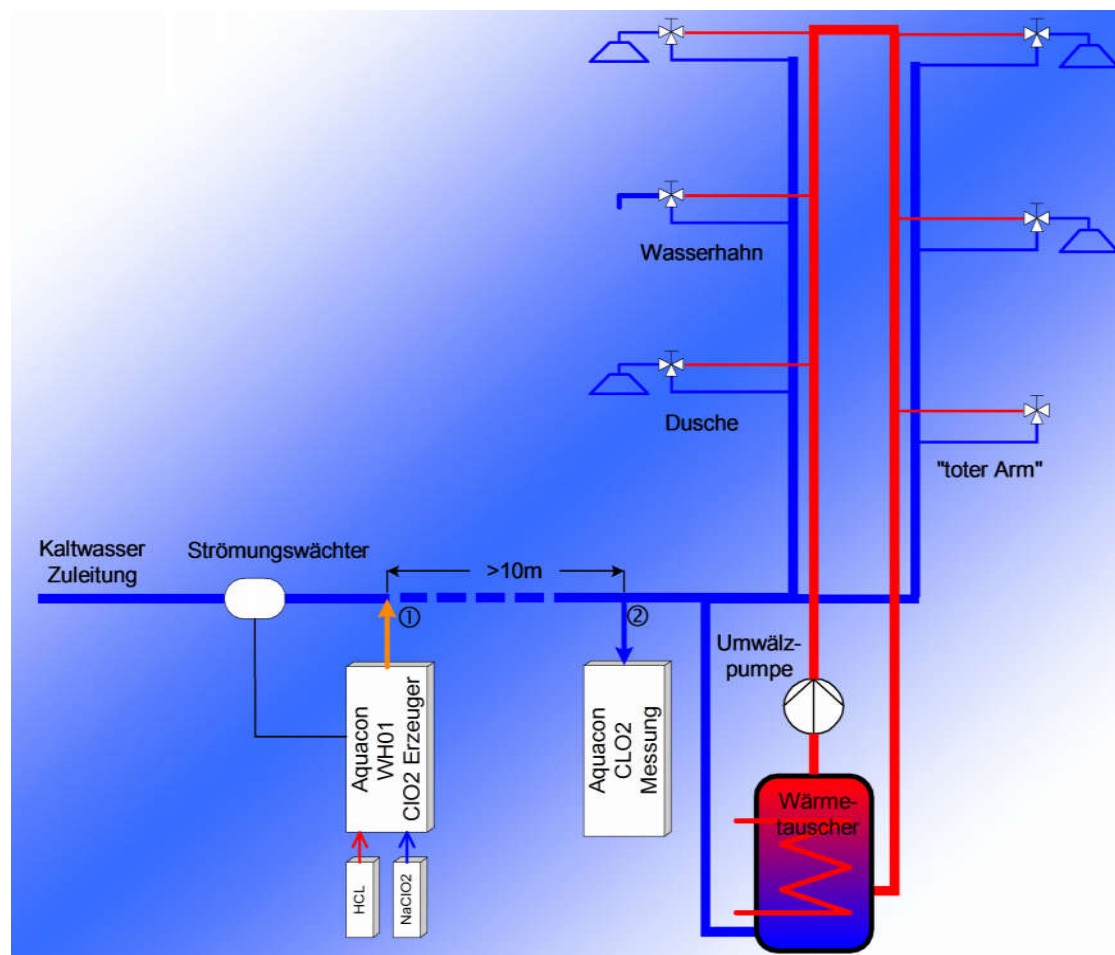


Bild 1 Chlordioxidproduktionsanlage

Alternative Desinfektionsverfahren

Alternativ zur Desinfektion mit Chlordioxid werden in der Praxis auch andere Verfahren zur Wasserdesinfektion und Legionellenprophylaxe eingesetzt. Diese haben jedoch im Vergleich zu Chlordioxid erhebliche Nachteile. Beispiele für solche Verfahren sind:

- Thermische Desinfektion
- UV-Entkeimung
- UV-Entkeimung und Ultraschall
- Endständige Filter
- Desinfektion mit Wasserstoffperoxid, Kaliumpermanganat, Peressigsäure,
- Desinfektion mit organischen Bioziden
- Desinfektion mit Chlor
- Desinfektion mit Schwermetallionen (Silberionen, Kupferionen, etc.)

Thermische Desinfektion

Bei der thermischen Desinfektion muss das Rohrleitungssystem bis zu den Wasserentnahmestellen auf über 70 °C aufgeheizt werden, obwohl für die Bereitstellung von Warmwasser wesentlich geringere Temperaturen ausreichen würden. Anschließend muss jede Wasserentnahmestelle nacheinander für min. 3 Minuten mit min. 70 °C warmem Wasser durchgespült werden. Um alle im Leitungssystem vorkommenden Keime (z.B. Legionellen) abtöten zu können, muss das gesamte Rohrleitungssystem bei der thermischen Desinfektion auf die entsprechenden hohen Temperaturen gebracht werden. Dies ist ein sehr personal- und energieaufwendiger Prozess, der eine Vielzahl an Nachteilen hat und in der Praxis oft nicht durchführbar ist:

- Vermehrte Kalkausfällung führt zu Inkrustierungen im System,
- erhöhtes Korrosionsrisiko und schnellere Materialermüdung,
- erhebliche Verbrühungsgefahr (besonders gefährlich für ältere Menschen und Kinder),
- sehr großer Personalaufwand,
- hohe Energiekosten.

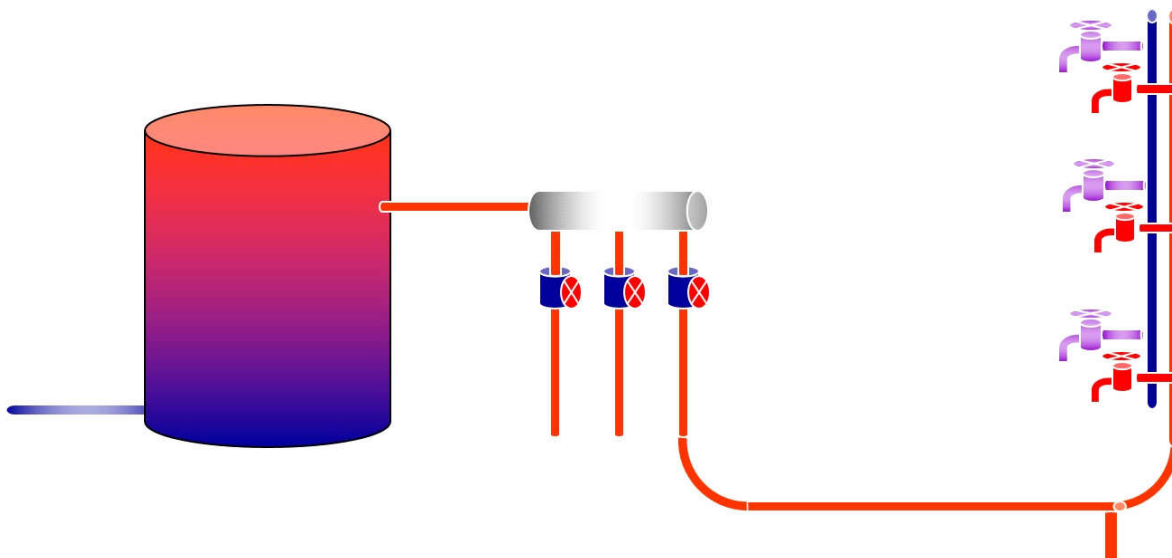


Bild 2 Schema der thermischen Wasserdesinfektion.

Bei der thermischen Desinfektion ist eine nachhaltige Desinfektion nicht gegeben. Der Biofilm im Rohrleitungssystem wird nicht abgelöst, sondern dient Legionellen und anderen Bakterien weiterhin als Schutzraum und Substrat. Die thermische Desinfektion stellt deshalb keinen sicheren Schutz gegen Keime und Legionellen dar.

UV-Entkeimung

Ultraviolette Strahlung (oder UV) ist ein bewährtes Mittel zum Desinfizieren von Wasser, Luft oder festen Oberflächen, die mikrobiell kontaminiert sind. Die desinfizierende Wirkung von UV-Strahlung ist seit den Anfangstagen der biologischen und physikalischen Erforschung von Lichtwellen bekannt. Die UV-Strahlen sind sehr energiereich. Mit Hilfe von Quarzlampen, die mit Quecksilberdampf gefüllt sind, lassen sich desinfizierend wirkende UV-Strahlen, insbesondere der Wellenlänge 254 nm, erzeugen. Derartige Wellenlängen bewirken eine sehr schnelle photochemische Zersetzung der Grundelemente einer Zelle, so dass es bei ausreichender Bestrahlungsdosis zu einer Abtötung und Inaktivierung von Keimen, Bakterien und Viren kommt.

Dieses Desinfektionsverfahren ist überaus umweltfreundlich und kostengünstig, da zu seiner Durchführung neben einer UV-Lampe nur elektrische Energie benötigt wird. Allerdings werden die UV-Strahlen von Verunreinigungen des zu reinigenden Wassers z.B. von Rostpartikeln, Farb- und Trübungsstoffen absorbiert und somit verbraucht.

Das zu bestrahlende Wasser soll daher völlig klar, sauber und frei von Eisen- und Manganverbindungen sowie auch von anderen Trübungsstoffen sein. Gegebenenfalls muss das Wasser in einer Vorfiltration so weit als nur eben möglich in den für eine UV-Anlage erforderlichen Reinheitszustand gebracht werden. Das zu entkeimende Wasser muss in einer dünnen Schicht nahe an der Lampe vorbeifließen, damit die UV-Strahlen von den Bakterien und anderen Krankheitserregern schnell absorbiert werden kann. Meistens erfolgt die Behandlung unter Druck.

Das Wasser wird durch eine Leitung geführt, in deren Mitte ein Quarzrohr untergebracht ist, in dem sich die Bestrahlungslampe befindet.

Auf diese Weise wird das zu entkeimende Wasser in dünner Schicht der keimtötenden UV-Strahlung ausgesetzt. UV-Desinfektion ist nicht nur wirksam und sicher, es verändert auch weder den Geschmack, die Farbe noch den Geruch des Wassers. Darüber hinaus sind UV-Systeme sehr einfach anzubringen und wartungsfreundlich.

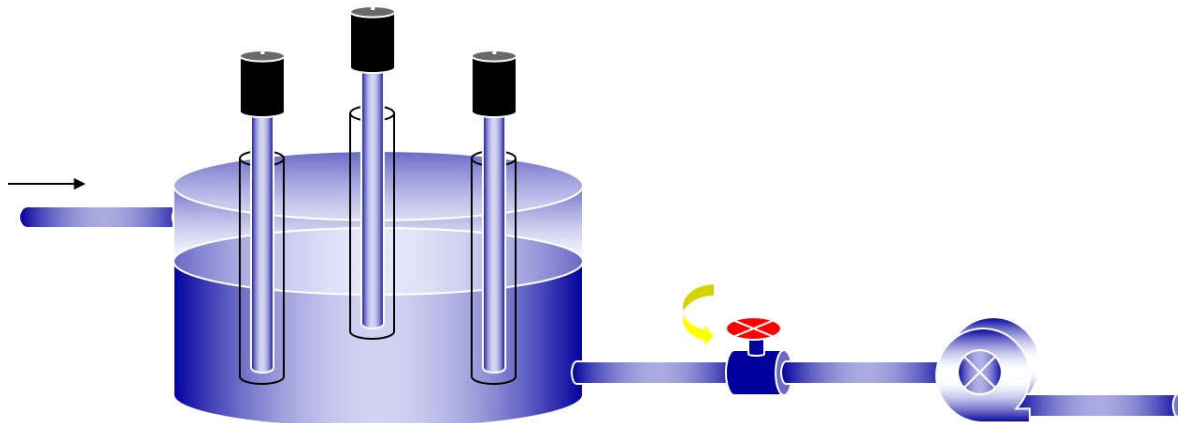


Bild 3 Prinzip des UV-Entkeimungssystems.

UV-Entkeimung und Ultraschall

Bei kombinierten UV-Ultraschall-Entkeimungssystemen werden größere im Wasser enthaltene Mikroorganismen (z.B. Amöben), die durch UV-Entkeimung nicht beseitigt werden können, zunächst durch Ultraschalleinsatz aufgeschlossen und anschließend im UV-Strahlungsfeld abgetötet. Die Wirksamkeit dieser Systeme zur Wasserdesinfektion wird dadurch etwas verbessert, die Nachteile bleiben jedoch die gleichen wie bei der UV-Entkeimung.

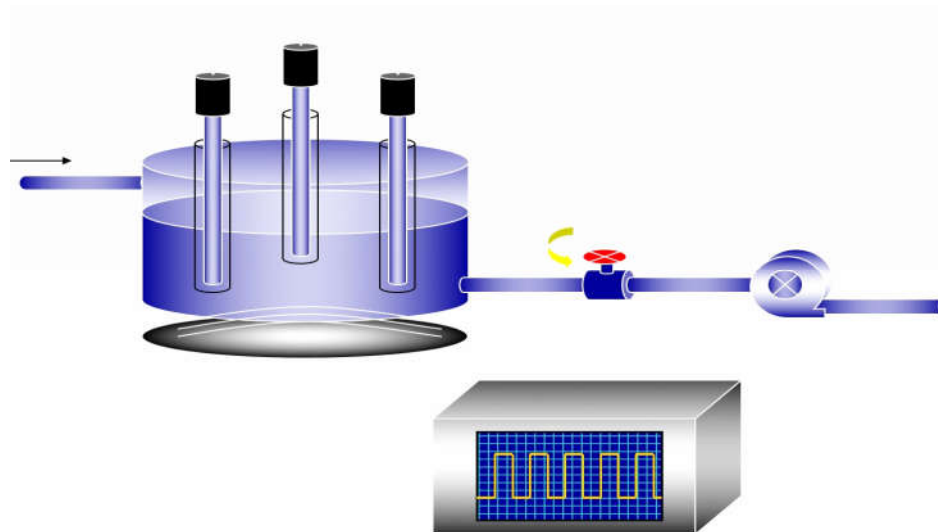


Bild 4 Prinzip des UV-Entkeimung Systems mit Ultraschall

Endständige Filter

In endständigen Filtern werden lediglich die im Wasser enthaltenen Keime zurückgehalten. Eine Abtötung der Mikroorganismen und eine Desinfektion des Wassersystems findet dagegen nicht statt. Um durch endständige Filter einen wirklichen Schutz vor im Wasser enthaltenen Keimen zu gewährleisten, müsste vor jeder Wasserentnahmestelle ein solcher Filter eingebaut werden. Da solche Filter sich relativ schnell zusetzen und verkeimen, müssen sie bereits nach kurzer Zeit gewechselt werden. Dies führt zu großen Material- und Personalkosten, die den Einsatz entsprechender Filtersysteme sehr teuer machen.

Desinfektion mit Wasserstoffperoxid, Kaliumpermanganat oder Peressigsäure

Die Desinfektion mit Wasserstoffperoxid, Peressigsäure oder Kaliumpermanganat erfolgt durch deren Oxidationswirkung.

Die Nachteile dieser genannten Perverbindungen beruhen auf ihrem Redoxpotential (gute Oxidations-/Desinfektionswirkung durch hohes Redoxpotential), das jedoch stark von dem pH-Wert abhängig ist. Der pH-Wert Bereich von Trinkwasser bewegt sich meist zwischen pH 6,5 und pH 9,5.

Das Redoxpotential der vorstehenden Perverbindungen wird ab einem pH-Wert ab ca. 7,0 bereits deutlich herabgesetzt.

Bei höheren Werten, z.B. von pH 8,0 – 9,0 kann es sogar dazu führen, dass durch Sauerstoffabspaltung ein Reduktionsmittel entsteht, welches dadurch sogar die Entwicklung von Mikroorganismen beschleunigen kann.

Negativ von Perverbindungen ist auch die Eigenschaft der Zersetzung bereits durch geringe katalytische Verunreinigungen, wie z.B. durch Schwermetallionen wie von Eisen, Kupfer usw. Ebenso wird auch keine Langzeitstabilität und –wirkung in Leitungsnetzen erreicht. Nach der TVO (Trinkwasserverordnung) sind aus diesem Grund diese Perverbindungen meist auch nur als Oxidationsmittel, jedoch nicht als Desinfektionsmittel zugelassen.

Desinfektion mit organischen Bioziden

Organische Biozide wirken meist spezifisch auf bestimmte Keimarten. Durch Blockade eines Enzyms, eines Enzymkomplexes oder einzelner Rezeptoren der Membranoberfläche der Mikroorganismen wird der Stoffaustausch der Mikroorganismen mit dem Wasser unterdrückt oder der Stoffwechsel innerhalb der Mikroorganismen soweit beeinträchtigt, dass diese absterben.

Ihre Wirksamkeit wird jedoch dadurch eingeschränkt, dass viele im Wasser enthaltenen Mikroorganismen nach einer gewissen Zeit eine Resistenz gegen das organische Biozid ausbilden und sich deshalb als Mutationsform weiter vermehren können. Dies hat zur Folge, dass immer neue Biozide eingesetzt werden müssen, um diese Mutationsformen bekämpfen zu können.

Dieser Umstand führt beispielsweise zum Hospitalismus, d.h. durch den massiven Einsatz von nicht oxidierend wirkenden Desinfektionsmitteln entsteht eine hohe Anzahl an resistenten Keimen, die zu einem erheblichen Gefahrenpotential für Mensch und Umwelt werden. Ein weiterer Nachteil von organischen Bioziden ist, dass sich diese in der Nahrungskette anreichern können. Aus diesem Grund wurde von der EU eine Biozidrichtlinie erlassen, nach der die Ungefährlichkeit des jeweiligen Biozids in der Umwelt nachgewiesen werden muss.

Desinfektion mit Chlor (u.a. Chlorbleichlauge, anodische Oxidation, elektrolytische Desinfektion)

Die Chlorung ist für die zentrale Wasserversorgung noch immer das gebräuchlichste Desinfektionsverfahren, da sowohl die Kosten der erforderlichen Apparate als auch die laufenden Betriebskosten gering sind, die Wirkung der Desinfektion durch den einfach zu führenden Nachweis des Chlorgehalts, teilweise sogar nur über die Redoxspannung, geprüft werden kann und eine bei ordnungsgemäßer Durchführung gegebene Depotwirkung Wiederverkeimungen im Verteilungsnetz verhindert.

Nicht mehr zugelassen ist die Chlorung zur Oxidation anorganischer und organischer Wasserinhaltsstoffe, ebenso sollte die Zugabe hoher Chlormengen bei der Desinfektion nach Möglichkeit unterbleiben, da die Gefahr der Bildung von krebserregenden Trihalogenmethanen (THM) besteht (Grenzwert 0,025 mg/l). Die THM bilden auch den typischen Badewassergeruch und führen somit zu spürbaren Qualitätseinbußen beim Trinkwasser durch Geruchsbildung.

Die typischen THM sind:

- Bromoform (CHBr_3)
- Dibromchlormethan - CHClBr_2
- Dichlorbrommethan - CHBrCl_2
- Chloroform (Trichlormethan) - CHCl_3

Die zulässige Zugabe ist deshalb durch die Trinkwasserverordnung für Chlor, Natrium-, Calcium- und Magnesiumhypochlorit sowie Chlorkalk auf **1,2 mg/l an freiem Chlor** begrenzt worden, nur in Ausnahmefällen bei sonst gegebener hygienischer Gefährdung sind bis 6 mg/l gestattet. Im abgegebenen **Reinwasser** dürfen nach der Aufbereitung nur noch **maximal 0,3 mg/l an freiem Chlor** bzw. in Ausnahmefällen bis 0,6 mg/l nachweisbar sein. Einige Wasserwerke haben deshalb auf Chlordioxid, bei dessen Zugabe solche Haloforme nicht entstehen, oder andere Desinfektionsverfahren umgestellt.

Desinfektion mit Ozon

Ozon wird zur Desinfektion von Trinkwasser in der städtischen Wasserindustrie in Europa bereits seit über 100 Jahre benutzt. Hauptanwendungsgebiete in Deutschland sind im Bereich Schwimmbeckenwasser und Trinkwasser.

Das Verfahren wird auch in der Abwasserreinigung eingesetzt. Bei der Ozonierung kommt es durch die reaktive Wirkung von Ozon zu einer sehr schnellen Inaktivierung von Bakterien und Viren. Durch die Ozonierung kann der problematische Einsatz von Chlor bei der Wasserentkeimung teilweise erheblich reduziert werden. Im Gegensatz zur Chlorung ist die desinfizierende Wirkung der Ozonierung nicht dauerhaft, da Ozon sehr instabil ist und schnell mit organischen Wasserinhaltsstoffen reagiert, so kann dazu führen, dass bei langen Wasserleitungen ozonfreies Wasser am Zapfhahn ankommt, was zu sekundären Infektionen führen kann.

Da Ozon aus reinem Sauerstoff gebildet wird und zu reinem Sauerstoff zerfällt, verschwindet es ohne Reststoffe, sobald es aufgebraucht ist. Wenn Ozon schädliche Bakterien oder Verschmutzungsstoffe inaktiviert oder oxidiert, gibt es im Allgemeinen keine Nebenerscheinungen oder Nebenprodukte, im Gegensatz zu anderen Desinfektionsmitteln, wie z.B. Chlor.

Desinfektion mit Schwermetall-Ionen

Bei der Desinfektion mit Schwermetallionen können sich Schwermetalle als Kationen fest mit der oftmals negativ aufgeladenen Bakterienoberfläche verbinden und damit den Stoffaustausch der Zelle verhindern. Schwermetallionen haben nur einen bakteriostatischen Effekt, sie wirken nicht direkt keimabtötend. Die Nachteile dieser meist in Kupfer, Silber oder Blei vorkommenden Schwermetallionen besteht darin, dass diese neben ihrer positiven Wirkung des Bedarfs im menschlichen Körper dazu neigen, sich bei größeren Mengen im Körper anzureichern und dann zu ernsthaften Störungen des menschlichen Stoffwechsels zu führen. So gelten in der TVO (Trinkwasserverordnung) die Silberionen auch nur als Notfallmaßnahme für die Wasserdesinfektion.



So sollen auch die Richtwerte für Kupferionen in Kürze von 5mg/l auf einen Grenzwert von 2 mg/l gesenkt werden, um gesundheitliche Schäden zu vermeiden. Bleiionen aus Bleirohren haben den gleichen bakteriostatischen Effekt auf Mikroorganismen, jedoch wird durch diese das Nervensystem und das Gehirn des Menschen nachhaltig geschädigt.

Im so genannten Outdoorbereich sind Silberionen immer noch ein weit verbreitetes Desinfektionsmittel. Den Anwendern von Segelbooten und Wohnmobilen, die häufig einen Tank aus Aluminium an Bord haben, ist meist nicht bekannt, dass es durch Silberionen oft schon in kurzer Zeit zu Lochfrass und damit zur Zerstörung ihrer Tankanlagen kommen kann. Erhebliche umweltrelevante Nachteile der Schwermetallionen bestehen darin, dass diese über das Abwasser wieder in die Umwelt gelangen. Dann werden sie oft als sog. Hydroxide ausgefällt in Flusssedimenten immobilisiert. Die Kombination der Schwermetallionen mit ankommenden Resten aus Waschmitteln können dazu führen, dass diese wieder aktiviert werden und so in die Nahrungskette gelangen oder zu einem Fischsterben führen können.

Epilog

Markierungsverfahren der Wasseraufbereitung für die Orientierung des Verbrauchers das verwendet wird, sollte die Klarheit und Prägnanz unter Berücksichtigung gestaltet werden. Es sollte die Methode definieren, das heißt, O₃ in dem Fall der Verwendung von Ozon oder UV für die ultraviolette Strahlungsquelle. Es sollte erwähnt werden, ob es geht über lokale oder zentrale Wasseraufbereitung oder auch wie ist die Leistung des Systems. Schilder von dem System der Überwachung, z. B. Chlormonitoring oder regelmäßige biologische Analyse wäre eine ideale Ergänzung der vorgeschlagenen Markierung.

CONTACT ADDRESS

Ing. Bc. Ján ILKO, Eur -Ing.

◆ Premiumpack Gmbh, Wien, Republik Österreich

◆ Slovak University of Technology in Bratislava, Faculty of Materials Science and Technology in Trnava, Trnava 917 24, Slovak Republic

E-mail: jan.ilko@gmail.com

Assoc. prof. RNDr. Miroslav RUSKO, PhD.,

Slovak University of Technology in Bratislava, Faculty of Materials Science and Technology in Trnava, Institute of Safety, Environment and Quality, Department of Safety Engineering, 49 Botanická Str., Trnava 917 24, 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.