

Wasserentkeimung

mit

Chlordioxid



iotronic
ELEKTROGERÄTEBAU GMBH

Iotronic Elektrogerätebau GmbH
Fillerkampsweg 1 - 5
D-31832 Springe

Telefon: 0 50 44 - 8 87 - 0
Telefax: 0 50 44 - 8 87 - 99
Email: info@iotronic.de
Internet: www.iotronic.de

Für Fragen stehen Ihnen zur Verfügung:

Elektronik, Mess- und Regeltechnik

Dipl.-Ing. I. Jastrow
Tel. 0 50 44 - 8 87 - 40

Ing. W. Krömer
Tel. 0 50 44 - 8 87 - 45

Chemie und Prozessanalytik

Dipl.-Ing. Holger Beißner
Tel. 0 50 44 - 8 87 - 50

Technischer Service und Kundenbetreuung

Dipl.-Ing. Christian Gräser
Tel. 0 50 44 - 8 87 - 33

Vertrieb, Marketing und Kundenbetreuung

Dipl.-Ing. Helrik Bobke
Tel. 0 50 44 - 8 87 - 32

Chlordioxid

Chlordioxid – ein bewährtes Desinfektionsmittel

Mit der Trinkwasserverordnung (TrinkwV) gilt in Deutschland seit vielen Jahren ein weltweit anerkannter Qualitätsmassstab für das Lebensmittel Trinkwasser. In der seit Januar 2003 geltenden Fassung (TrinkwV 2001) wurden erstmals die Zuständigkeiten von Wasserversorgern und Hausbesitzern präzisiert. Danach ist jeder Besitzer bzw. Betreiber einer Einrichtung, die Trinkwasser an die Öffentlichkeit abgibt (Krankenhäuser, Altenheime, Schulen, Kindergärten, Hallenbäder, Kasernen, Hotelbetriebe, Gaststätten usw.), aber auch jeder Hausbesitzer automatisch auch „Betreiber einer Wasserversorgungsanlage“ – und zwar für den Abschnitt zwischen dem Hausanschluss (1. Absperrventil) und den Zapfstellen. Er ist haftbar für die Qualität seines Trinkwassers, die sich auf dem Weg durch die Hausinstallation nicht verschlechtern darf – mit allen rechtlichen Folgen.

Für Gesundheitsrisiken, die durch Verunreinigungen und pathogene Keime im Trinkwasser entstehen, macht die TrinkwV 2001 die Besitzer bzw. Betreiber von Einrichtungen, die Wasser an die Öffentlichkeit abgeben, voll verantwortlich. Dabei kann selbst die fahrlässige Abgabe von keimbelastetem Trinkwasser an die Öffentlichkeit als Ordnungswidrigkeit und u.U. sogar als Straftat geahndet werden. Deshalb sind seit dem 01.01.2003 die Gesundheitsbehörden verpflichtet, die Wasserqualität von Hausinstallationen, aus denen Wasser für den menschlichen Gebrauch abgegeben wird, streng zu kontrollieren.

Neu ist auch die Definition des Begriffs „Trinkwasser“. Demnach ist Trinkwasser gleich „Wasser für den menschlichen Gebrauch“ und damit alles Wasser, dass zum Trinken, zum Waschen, für die Zubereitung von Speisen und Getränken sowie für die Reinigung von Lebensmitteln und Gegenständen, die mit Lebensmitteln oder dem menschlichen Körper in direkten Kontakt kommen, verwendet wird. Die TrinkwV 2001 fordert, dass „Wasser für den menschlichen Gebrauch so beschaffen sein muss, dass eine Schädigung der Gesundheit, insbesondere durch Krankheitserreger, nicht zu besorgen ist“. Um diese Forderung zu erfüllen, sind Präventivmassnahmen unumgänglich.

Die Hauptursache für die Verkeimung des Trinkwassers in der Hausinstallation sind Biofilme in den Rohrleitungen, die einen Nährboden für Legionellen und andere Krankheitserreger bieten. Deshalb ist es erforderlich, geeignete Vorkehrungen gegen Verkeimungs- und Legionellenprobleme und gegen die Biofilmbildung in der Wasserinstallation zu treffen. Nur so kann gewährleistet werden, dass das an den Zapfstellen entnommene Wasser in seiner Qualität der TrinkwV 2001 auch wirklich entspricht.

Chlordioxid

Die Vergangenheit hat gezeigt, dass physikalische Desinfektionsverfahren wie die „Thermische Desinfektion“ oder die „UV-Entkeimung“ das Problem der Biofilmbildung in den Wasserleitungen nicht beseitigen und keinen ausreichenden Schutz vor pathogenen Keimen und Legionellen bieten.

Nach neuesten Untersuchungen des Inst. für Hygiene der Universität Bonn (Prof. Exner) kann dem chemischen Desinfektionsmittel Chlordioxid (ClO_2) ein großes Wirkungspotential zur Inaktivierung der Bakterien in Biofilmen und zur Verhinderung der Neubildung von Biofilmen bescheinigt werden, wenn es kontinuierlich nach den Vorgaben der TrinkwV 2001 dosiert und überwacht wird (siehe Gutachten Inst. für Hygiene, Bonn). Chlordioxid gehört neben Chlorit und Chlorat zu den höherwertigen Chlorsauerstoffverbindungen und darf nach §11, TrinkwV 2001 und DIN EN 12671 (Produkte zur Aufbereitung von Wasser für den menschlichen Gebrauch – Chlordioxid) als Mittel zur Entkeimung von Trinkwasser eingesetzt werden. Seine vornehmlich oxidierende Wirkung macht es zu einem hochwirksamen und gleichzeitig umweltfreundlichen Desinfektionsmittel. Chlordioxid ist ein bewährtes Mittel zur Wasserentkeimung, das aufgrund seiner Instabilität direkt vor Ort als wässrige Lösung mit einem Chlordioxidgehalt von ca. 2 - 3 g/l hergestellt wird. Bereits eine kontinuierliche Chlordioxid dosierung von 0,2 mg/l bietet einen wirksamen Schutz gegen Bakterien (Legionellen, Kolibakterien etc.) und Biofilme. Chlordioxid dringt durch die Zellwand ein und reagiert mit den Aminosäuren der Bakterienzelle, um diese abzutöten und zu inaktivieren. Es ist dabei wesentlich wirksamer als beispielsweise Chlor. Weitere Vorteile gegenüber einer Chlorierung sind:

- Sicheres Abtöten von Biofilmen und Legionellen
- Schutz vor Biofilmneubildung
- wesentlich geringerer Chemikalienverbrauch
- konstante bakterizide Wirksamkeit über einen großen pH-Bereich (4-10)
- es entstehen keine gesundheitsschädlichen THM, AOX und Chloramine
- Geruchs- und Geschmacksneutralität.

Es ist zweifelsfrei erwiesen, dass Chlordioxid den Biofilm in den Rohrleitungen, in dem sich Bakterien und Keime anreichern, entfernt und dessen Neubildung sicher verhindert. Der Biofilm ist eine Schicht aus Mikroorganismen, die sich auf den Oberflächen von Wasserrohren bildet. Eine Einnistung von Krankheitserregern im Biofilm kann diese vor großen Desinfektionsmittelkonzentrationen und hohen Temperaturen schützen. Biofilme bieten Organismen wie Listeria, E. Coli (Kolibakterien) und Legionella pneumophila einen sicheren Hafen, in dem sie sich vermehren können, bis ein Niveau erreicht wird, an dem eine Kontamination des Wassers unvermeidlich ist.

Legionellen

Legionellenbekämpfung mit Chlordioxid

Legionellen entwickeln sich immer mehr zum „Schreckgespenst“ der Wasserhygieniker. Sie leben in natürlichen und künstlichen Wassersystemen wie Wasserleitungen, Kühl- und Klimaanlage, Whirlpools, Schwimmbädern, Kühltürmen und Zierspringbrunnen. Sie vermehren sich besonders stark in stagnierendem bzw. stehendem Wasser bei Wassertemperaturen von ca. 25-50 °C. Die Verdoppelungszeit beträgt im Idealfall 4 Stunden, d.h. Legionellen können sich innerhalb von 2 Tagen um das 4000-fache vermehren.



Legionella pneumophila, © King's College London, John Pacy

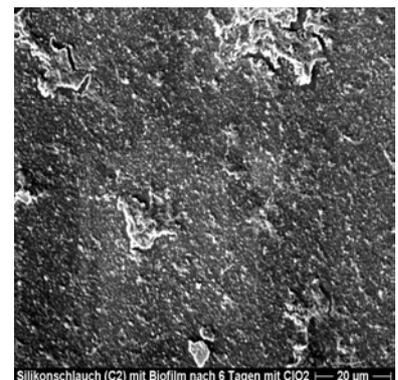
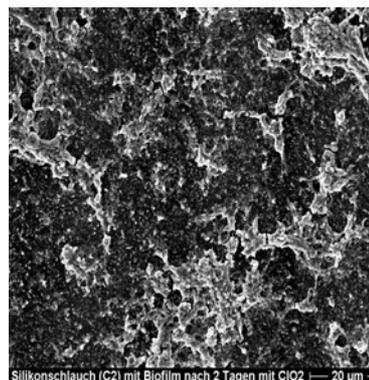
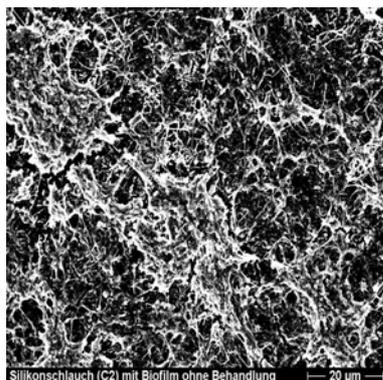
Treten Legionellen in erhöhter Konzentrationen auf, können sie zu der gefährlichen Legionärskrankheit (schwere bakterielle Lungenentzündung) führen, an der in Deutschland nach Aussage des Robert-Koch-Instituts Berlin jährlich ca. 6.000-10.000 Menschen erkranken. Dabei sind Personen mit geschwächtem Immunsystem wie Senioren, Kleinkinder, chronisch Kranke oder auch Raucher besonders gefährdet. Statistisch gesehen enden 13-15 % aller Erkrankungen tödlich. Die Infektionen mit Legionellen entstehen durch das Einatmen von legionellenhaltigen Aerosolen (kleinste Wassertröpfchen), wie sie beim Duschen, beim Händewaschen, durch Luftbefeuchter oder in Klimaanlage entstehen. Eine Übertragung der Krankheit ist jedoch auch durch Infektion von offenen Hautpartien mit legionelleninfiziertem Wasser möglich.

In der Vergangenheit wurde ein wesentlicher Grund für die Verkeimung des Wassers und für das Auftreten von Legionellen sträflich vernachlässigt: die Biofilme in den Rohrleitungssystemen. Diese bieten Organismen wie Listeria, E. Coli (Kolibakterien) und Legionella pneumophila einen sicheren Hafen, in dem sie sich vermehren können, bis ein Niveau erreicht wird, an dem eine Kontamination des Wassers unvermeidlich ist. Sie können weder durch eine Thermische Desinfektion (Aufheizen des Warmwassersystems auf >70 °C) noch durch UV-Entkeimung abgetragen werden.

Legionellen

Legionellen kommen im Wasser freilebend oder in Wirtsorganismen (Protozoen, z.B. Amöben) vor, die sich vorwiegend im Biofilm der Rohrleitungen aufhalten, da hier optimale Lebensbedingungen vorliegen. Eine effektive Legionellenbekämpfung bzw. Legionellenprophylaxe muss deshalb immer mit einer Abtragung des Biofilms in den Rohrleitungen verbunden sein, da sonst eine Wiederverkeimung des Wassers zu erwarten ist.

Im Gegensatz zur physikalische Wasserentkeimungsverfahren wie der Thermischen Desinfektion oder der UV-Entkeimung beseitigt eine kontinuierliche, kontrollierte Zugabe von Chlordioxid nach den Vorgaben der TrinkwV 2001 den Biofilm in den Rohrleitungen (siehe Abb.) und die darin enthaltenen Bakterien und verhindert eine Biofilmbildung. Entsprechende Untersuchungen wurden vom Institut für Hygiene der Universität Bonn (Prof. Exner) durchgeführt (siehe Gutachten).



Biofilme in Silikonschläuchen bei Versuchsbeginn, nach 2 Tagen Chlordioxid dosierung und nach 6 Tagen Chlordioxid dosierung (Inst. für Hygiene, Universität Bonn, 2004)

Chlordioxid ist als hochwirksames Mittel zur Wasserdesinfektion und zur Bekämpfung des Biofilms in den Rohrleitungen bereits seit Jahrzehnten bekannt. Jedoch erst die Kombination einer betriebssicheren Chlordioxidherzeugung mit redundanter Überwachung aller Verfahrensschritte in Verbindung mit der genauen Überwachung der Chlordioxidkonzentration nach den Vorgaben der TrinwV 2001 ermöglichen den Einsatz von Chlordioxid als Mittel zur Trinkwasserhygiene und Legionellenprophylaxe.

AQUACON CLO2

Automatische Chlordioxidmessung nach dem IOTRONIC-Verfahren

Bei der Desinfektion mit Chlordioxid ist eine Überwachung von Minimal- und Maximalkonzentrationen im Wasser nach den Vorgaben der TrinkwV zwingend erforderlich.

Der Prozessanalysator

AQUACON CLO2

führt automatisch eine diskontinuierliche Bestimmung der Chlordioxidkonzentration im Untersuchungswasser nach dem IOTRONIC-Messverfahren durch. Dieses ermöglicht erstmals eine automatisierte selektive Messung der Chlordioxidkonzentration. Andere oxidierende Bestandteile im Wasser wie beispielsweise Chlor beeinflussen das Messergebnis nicht.

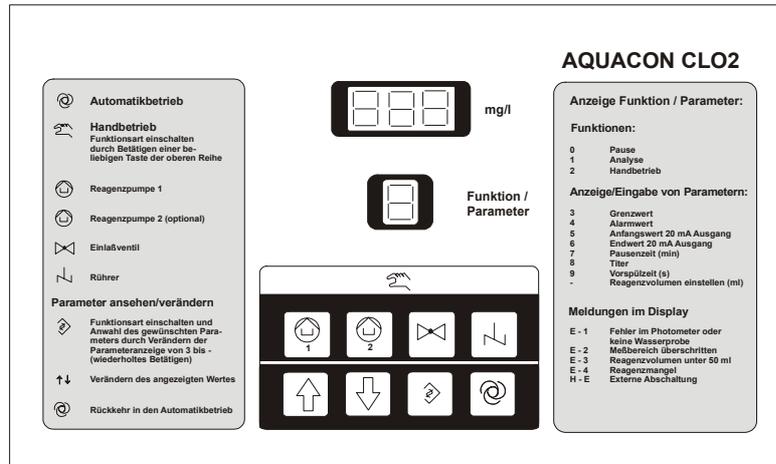


- Selektive Messung der Chlordioxid-Konzentration im Bereich 0,02-1 mg/l.
- Sicheres Einhalten der Grenzwerte nach der TrinkwV 2001 (>0,05 – 0,4 mg/l ClO₂).
- Skalierbarer Ausgang ermöglicht rechtssichere Dokumentation der Analyseergebnisse (wie in der TrinkwV 2001 gefordert).
- Geringe Betriebskosten durch automatischen Intervallbetrieb mit minimalem Indikator- und Wasserverbrauch.
- Zuverlässiger und wartungsarmer Betrieb.

AQUACON CLO2

Funktionsweise

Der Prozessanalysator AQUACON CLO2 führt automatisch eine diskontinuierliche Bestimmung des Chlordioxidgehalts im Untersuchungswasser durch. Dem Untersuchungswasser wird nach Einstellung der optimalen Pufferbedingungen über eine hochgenaue peristaltische Pumpe solange Reagenz zudosiert, bis eine bleibende Färbung auftritt. Diese Färbung wird durch ein photometrisches System erfasst. Aus dem Verbrauch an Reagenz wird der Gehalt an Chlordioxid berechnet und auf einem LED-Display angezeigt. Als Option kann das Gerät mit einer weiteren Pumpe zur Dosierung einer Reinigungslösung ausgerüstet werden.



Einfachste Bedienung

- Änderungen des Grenzwertes und anderer Einstellungen erfolgen im Dialog über das Tastenfeld.
- Der Routinebetrieb läuft vollautomatisch inklusive Drift-Kompensation.
- Das System wird betriebsbereit geliefert.

AQUACON CLO2 Bestell-Nr. 695 2730 01

Technische Daten

Messbereich:	0,02 – 1,00 mg/l Chlordioxid	Analyse:	
Auflösung:	0,01 mg/l	Dauer:	ca. 3 - 6 min (inkl. Spülzeit, messwertabhängig)
Genauigkeit:	2% vom Endwert	Pause:	1 - 99 min, einstellbar
Reproduzierbarkeit:	2% vom Endwert	Anzeigen:	3-stellige LED für Messwert 1-stellige LED für Funktion
Nullpunktstabilität:	automatische Nachjustierung	Stromausgang:	potentialgetrennt 0/4 - 20 mA Bürde max. 500 Ω
Anzahl Messstellen:	1	Relaisausgänge:	1 Alarm (potentialfrei 230 V / 50-60 Hz, 3A) 1 Grenzwert (potentialfrei 230 V / 50-60 Hz, 3A)
Probe:		Externe Abschaltung:	potentialgetrennt ca. 18 V DC, ca. 4 mA
Vordruck (Eingangventil):	0,1 – 10 bar	Temperatureinsatzbereich:	5° - 45°C
Temperatur:	5 – 30 °C	Hilfsenergie:	230 V / 50-60 Hz
Menge (ca.):	25 mL je Analyse (ohne Spülvolumen)	Leistungsaufnahme:	max. 16 VA
Beschaffenheit:	klar, filtriert	Anschluss:	Reihenklammern, 1,5 mm ²
chemische Anforderungen:	pH 4 - 10	Schutzart:	IP 65 (Gehäuse)
Ablauf:	drucklos (frei)	Abmessungen (HxBxT):	570x350x175 mm
Reagenzien:		Gewicht:	ca. 6,8 kg (inkl. Reagenz)
Anzahl:	2 (optional 3)		
Bezeichnung:	CLO2 R1001 Bestell-Nr. 101 2730 03 CLO2 R1002 Bestell-Nr. 102 2730 03 (optional : Reinigungslösung Bestell-Nr. 101 2705 05)		
Lagertemperatur:	5 - 30 °C		
Vorrat:	250 ml / 500 ml (/500 ml)		
Verbrauch pro Analyse:	ca. 0,1 –1 ml (messwertabhängig)		

Technische Änderungen sowie spezifische Anpassungen an die Messaufgabe bleiben vorbehalten.

Patent angemeldet

AQUACON-P CLO2

Portable Chlordioxidmessung nach dem IOTRONIC-Verfahren

Beim Einsatz von Chlordioxid als Desinfektionsmittel im Trinkwasserbereich ist die messtechnische Überwachung eines Chlordioxidüberschusses nach den Vorgaben der TrinkwV 2001 notwendig. Die zur Zeit gebräuchlichen Messmethoden (Redoxpotential, amperometrische Messung, DPD-Küvettest etc.) lassen eine Überwachung „vor Ort“ jedoch nicht zu.



Das tragbare Koffermessgerät

AQUACON-P CLO2

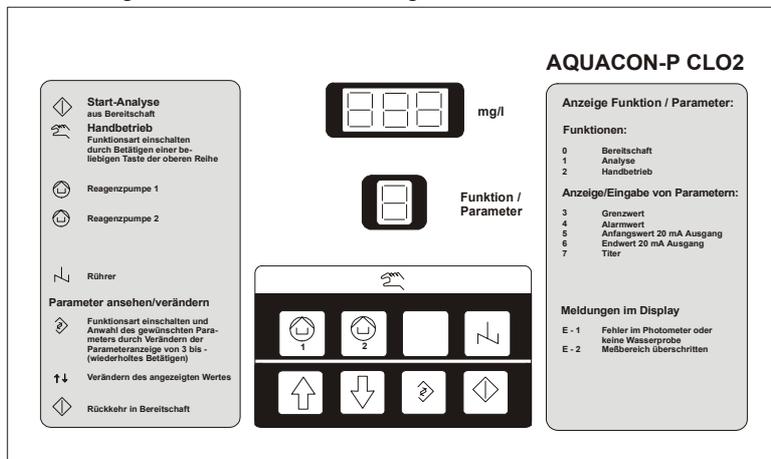
bestimmt halbautomatisch nach dem IOTRONIC-Messverfahren die Konzentration an Chlordioxid im Bereich von 0,02 bis 1 mg/l. Die IOTRONIC-Messmethode zeichnet sich dadurch aus, dass spezifisch Chlordioxid erfasst wird. Nur der Nachweis eines Chlordioxidüberschusses von min. 0,05 mg/l an der Zapfstelle und das Einhalten der Grenzwerte nach §11 der TrinkwV 2001 garantieren eine sichere und gefahrlose Wasserentkeimung.

- Sichere Kontrolle der Chlordioxid-Konzentration „vor Ort“.
- Kompakte Abmessungen als tragbarer Messkoffer.
- Sicheres Einhalten der Grenzwerte nach der TrinkwV (>0,05 – 0,4 mg/l ClO₂).
- Geringe Betriebskosten durch minimalen Reagenzienverbrauch.
- Zuverlässiger und wartungsarmer Betrieb.

AQUACON-P CLO2

Funktionsweise

Das tragbare Chlordioxidmessgerät AQUACON-P CLO2 führt halbautomatisch eine diskontinuierliche



Bestimmung der Chlordioxidkonzentration im Wasser durch. Nach dem manuellen Einspritzen einer Wasserprobe wird dem Untersuchungswasser nach Einstellung der optimalen Pufferbedingungen über eine hochgenaue peristaltische Pumpe solange Reagenz zudosiert, bis eine bleibende Färbung auftritt. Diese Färbung wird durch ein photometrisches System erfasst. Aus dem Verbrauch an Reagenz wird der Gehalt an Chlordioxid berechnet und auf einem LED-Display angezeigt.

Einfachste Bedienung

- Änderungen des Grenzwertes und anderer Einstellungen erfolgen im Dialog über das Tastenfeld.
- Nach der manuellen Probenzugabe läuft die Messung vollautomatisch inklusive Drift-Kompensation.
- Das System wird betriebsbereit geliefert.

AQUACON-P CLO2 Bestell-Nr. 695 2730 05

Technische Daten

Messbereich:	0,02 – 1,00 mg/l Chlordioxid
Auflösung:	0,01 mg/l
Genauigkeit:	2% vom Endwert
Reproduzierbarkeit:	2% vom Endwert
Nullpunktstabilität:	automatische Nachjustierung
Anzahl Messstellen:	1
Probe:	
Temperatur:	5 – 30 °C
Menge (ca.):	25 mL je Analyse (ohne Spülvolumen) 250 mL je Analyse (incl. Vor- und Nachspülen)
Beschaffenheit:	klar, filtriert
chemische Anforderungen:	pH 4 - 10
Ablauf:	drucklos (frei)
Reagenzien:	
Anzahl:	2
Bezeichnung:	CLO2 R1001 Bestell-Nr. 101 2730 03 CLO2 R1002 Bestell-Nr. 102 2730 01
Lagertemperatur:	5 - 30 °C
Vorrat:	250 ml / 250 ml
Verbrauch pro Analyse:	ca. 0,1 –1 ml

Analyse:	
Dauer:	ca. 1 - 4 min (ohne Befüllen und Spülen, messwertabhängig)
Anzeigen:	3-stellige LED für Messwert 1-stellige LED für Funktion potentialgetrennt 0/4 - 20 mA
Stromausgang:	Bürde max. 500 Ω
Temperatureinsatzbereich:	5° - 45°C
Hilfsenergie:	230 V / 50-60 Hz
Leistungsaufnahme:	max. 16 VA
Anschluss:	Reihenklammern, 1,5 mm ²
Abmessungen (LxBxH):	480 × 220 × 340 mm
Gewicht:	ca. 9,3 kg (inkl. Reagenz)

Technische Änderungen sowie spezifische Anpassungen an die Messaufgabe bleiben vorbehalten.

Patent angemeldet

Chlordioxidmessung

Vergleich der Messmethoden

1. Messung der Extinktion/Farbe der Chlordioxidlösung

- Photometrisches Messverfahren
- Nur für sehr grosse Chlordioxidkonzentrationen geeignet
- **Für ClO₂-Messung nach TrinkwV 2001 nicht geeignet**

2. Iodometrische Titration

- Photometrisches Messverfahren
- Nur für größere Chlordioxidkonzentrationen geeignet (ab ca. 1 mg/l)
- **Für ClO₂-Messung nach TrinkwV 2001 nicht geeignet**

3. Amperometrische Titration

- Messverfahren mit großer Fehlerquote bei ClO₂-Konzentrationen < 1 mg/l
- **Für ClO₂-Messung nach TrinkwV 2001 nicht geeignet**

4. Bestimmung mit ACVK-Lösung (saures Chromviolett K) nach DIN EN 12671

- Gutes und genaues photometrisches Messverfahren, Genauigkeit 0,02 mg/l
- Selektive ClO₂-Messung
- Nachteil: aufwendiges Laborverfahren, instabiler Farbstoff, nur von Fachpersonal durchführbar, nicht automatisierbar
- **Für ClO₂-Messung nach TrinkwV 2001 geeignet**

5. Redoxpotentialmessung

- Kann nur ungefähre Anhaltswerte für die ClO₂-Konzentration liefern, da grundsätzlich nicht vom gemessenen Redoxpotential auf den ClO₂-Gehalt geschlossen werden kann
- Kalibrierung notwendig
- **Für ClO₂-Messung nach TrinkwV 2001 nicht geeignet**

6. Chlordioxid-Handtest nach DPD- Methode

- Chlordioxid reagiert mit DPD (N,N-Diethyl-P-Phenylendiamine) zu einem rosafarbenem Farbstoff, anschl. photometrische Extinktionsmessung
- Nachteil: DPD wird auch zur Chlorbestimmung eingesetzt, reagiert auch mit Chlor, Ozon und anderen Oxidationsmittel, deshalb kein selektives Messverfahren
- Großer Nachteil: Ausgasen des Chlordioxids bei Probennahme und -aufbereitung (Umschütten in Reagenzglas mit freiem Gasraum, Schütteln), so dass gemessene Chlordioxidkonzentrationen viel zu klein sind
- **Für ClO₂-Messung nach TrinkwV 2001 nicht geeignet**

Chlordioxidmessung

7. Amperometrische/potentiostatische Bestimmung

- Chlordioxidmessung mit 2-Elektrodensystemen, 3-Elektrodensystemen oder Membransensoren
- Empfindlich gegen äußere Einflüsse (z.B. Strömungsgeschwindigkeit, Verschmutzung, Elektrolytqualität)
- Kalibrierung und Kompensation von Temperatureinflüssen notwendig
- Durch Verblocken der Membranen kann sich die Messqualität unbemerkt verschlechtern
- **Für ClO₂-Messung nach TrinkwV 2001 nicht geeignet**

8. Chlorphenolrot-Methode

- Chlorphenolrot reagiert spezifisch mit Chlordioxid zu einer farblosen Verbindung
- Selektive ClO₂-Messung mit großer Messgenauigkeit, nahezu keine Interferenzen anderer Oxidationsmittel und Chlorverbindungen
- obere Nachweisgrenze ca. 1 mg/l
- **Für ClO₂-Messung nach TrinkwV 2001 eingeschränkt geeignet**

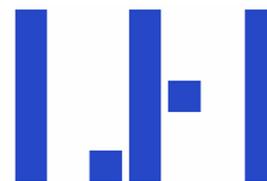
9. Iotronic-Verfahren

- Automatisierte ClO₂-Messung mit einem Analyseautomaten
- Modifikation der Chlorphenolrotmethode
- Selektives Messverfahren
- Messung im geschlossenen System, kein Ausgasen des ClO₂
- Messbereich 0,02 – 1 mg/l
- **Für ClO₂-Messung nach TrinkwV 2001 geeignet**

„Nur durch den zuverlässigen Nachweis eines Chlordioxidüberschusses nach §11 der TrinkwV 2001 (min. 0,05 mg/l, max. 0,2 mg/l) kann auf eine wirksame Entkeimung geschlossen werden“

„Anhand der ermittelten Daten kann festgestellt werden, dass das Verfahren der Firma Iotronic als automatisiertes Verfahren zur Messung von Chlordioxid geeignet ist. Im für die Trinkwasserverordnung besonders relevanten Bereich von 0,1-0,3 mg/l Chlordioxid zeigten die Messwerte des Aquacon ClO₂ in den durchgeführten Untersuchungen eine geringere mittlere relative Abweichung als das DIN-Verfahren“

(Gutachten, Inst. für Technische Chemie, Universität Hannover)



Iotronic Elektrogerätebau GmbH
Fillerkampsweg 1-5

31832 Springe

Sehr geehrte Damen und Herren,

hiermit bestätigen wir der Firma Iotronic Elektrogerätebau GmbH, dass das Messgerät Aquacon CLO2 (Seriennummer: 020784) zur Messung von Chlordioxid in wässrigen Lösungen in unserem Institut eingehenden Tests unterzogen worden ist. Bei diesen Tests wurden Chlordioxidgehalte zwischen 0,03 mg/l und 0,86 mg/l parallel nach DIN EN 12671 photometrisch (Messung des Anstiegs der Absorption bei 548 nm mit 1,5-bis(4-Methylphenylamino-2-Kaliumsulfonat)-9,10-Antrachinon) und mit dem Aquacon CLO2 bestimmt. Die Stammlösungen wurden dabei nach DIN EN 12671 iodometrisch titriert und als 100%-Werte ermittelt. Es wurden 99 Einzelmessungen in 11 Messreihen mit jeweils 3 unterschiedlichen Chlordioxidkonzentrationen und Dreifachbestimmung durchgeführt. Die Messungen ergaben folgende Ergebnisse:

Mittlere Standardabweichung (Messung nach DIN EN 12671):	0,0106 mg/l
Mittlere Standardabweichung (Messung mit Aquacon CLO2):	0,0099 mg/l
Mittlere relative Abweichung (Messung mit Aquacon CLO2 im Vergleich zur iodometrischen Messung, Messbereich 0,1 – 0,3 mg/l Chlordioxid)	6,18 %
Mittlere absolute Abweichung (mit Polynom 2. Ordnung gefittete Messwerte aus Messung mit Aquacon CLO2 im Vergleich zur iodometrischen Messung, Messbereich 0,03 – 0,86 mg/l Chlordioxid)	0,022 mg/l

Ergänzend dazu wurden 8 Messreihen von weiteren Personen durchgeführt. Dabei ergab sich eine Standardabweichung von 0,0079 mg/l.

Das Gerät Aquacon CLO2 (Seriennummer: 020784) arbeitete während der Testreihen störungsfrei. Anhand der ermittelten Daten kann festgestellt werden, dass das Verfahren der Firma Iotronic als automatisiertes Verfahren zur Messung von Chlordioxid geeignet ist. Im Vergleich zur Bestimmung nach DIN EN 12671 wiesen die Messergebnisse mit dem Aquacon nur geringe Abweichungen auf, die überwiegend systematisch waren und durch Fitten mit einer einfachen Ausgleichsfunktion (Polynom 2. Grades) minimiert werden konnten. Im für die Trinkwasserverordnung besonders relevanten Bereich von 0,1-0,3 mg/l Chlordioxid zeigten die Messwerte des Aquacon CLO2 in den durchgeführten Untersuchungen eine geringere mittlere relative Abweichung als das DIN-Verfahren. Im gesamten untersuchten Bereich von 0,03-0,86 mg/l betrug die mittlere absolute Abweichung von mit dem Aquacon CLO2 gemessenen und mit einem Polynom 2. Ordnung gefitteten Werten im Vergleich zur iodometrischen Messung 0,022 mg/l und damit 2,56 % vom Endwert 0,86 mg/l.

Auch bei Messungen von Personen, die lediglich eine Kurzeinweisung erhalten hatten, traten keine größeren Standardabweichungen auf. Eine Auflistung aller Messwerte findet sich im Anhang.



Hannover, 07.07.03

(Priv.-Doz. Dr. Roland Ulber)

AQUACON WH01/WH02

Kontrollierte und sichere Chlordioxidherzeugung

Chlordioxid ist ein bewährtes Mittel zur Desinfektion von Schwimmbad-, Dusch-, Trink- und Prozesswasser, das sich durch seine hohe bakterizide, viruzide und algizide Wirkung auszeichnet.

Die Chlordioxidherzeugungsanlagen

Aquacon WH01

und

Aquacon WH02

führen vollautomatisch die Erzeugung von Chlordioxid nach dem Salzsäure-Chlorit-Verfahren durch. Eine mengenproportionale Chlordioxiddosierung nach den Vorgaben der TrinkwV 2001 und eine Überwachung der Chlordioxidkonzentration durch ein externes Messgerät gewährleisten ein sicheres Einhalten der gesetzlichen Richtwerte.



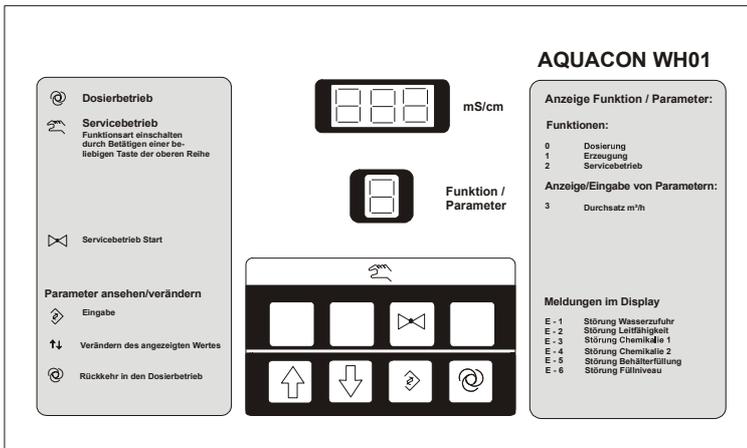
- Chlordioxidherzeugung nach dem Salzsäure-Chlorit-Verfahren.
- Reaktion erfolgt unter Wasser, keine Chlorgasentwicklung.
- **Aquacon WH01** → Mengenproportionale Chlordioxiddosierung bezogen auf den mittleren Wasservolumenstrom (frei programmierbar).
- **Aquacon WH02** → Mengenproportionale Chlordioxiddosierung nach den Vorgaben eines Wasserzählers mit 1 Impuls/Liter (bei diskontinuierlichem Wasserdurchfluss).
- Betriebssicherer Verfahrensablauf durch redundante Überwachung aller Füll- und Dosierschritte.
- Zuverlässiger und wartungsarmer Betrieb.

AQUACON WH01/WH02

Funktionsweise

Die Chlordioxidherzeugung besteht aus dem Reaktor, einer Dosierpumpe, zwei Schlauchpumpen zur volumetrischen Dosierung der Reagenzien sowie einer Leitfähigkeits- und Füllstandsüberwachung. Für die

Chlordioxidherzeugung wird der Reaktor über ein Magnetventil mit einer definierten Menge an Wasser gefüllt. Anschließend werden über Schlauchpumpen die für die Reaktion notwendigen Komponenten zudosiert. Befüllung und Dosierung wird durch eine Leitfähigkeitsmessung überwacht. Nach einer vorgegebenen Reaktionszeit wird der Reaktor komplett aufgefüllt (Überwachung durch Leitfähigkeitsmessung und Füllstandsfühler). Danach erfolgt mit einer Dosierpumpe die schrittweise Dosierung der Chlordioxidlösung in das jeweilige Wassersystem. Dabei wird die Dosiermenge auf den Durchflussvolumenstrom des Wassers abgestimmt, um die entsprechenden gesetzlichen Richtwerte sicher einzuhalten. Neben



der mengenproportionalen Dosierung ist ergänzend auch eine Überwachung durch ein externes Messgerät möglich. Das Mess- und Steuergerät der Chlordioxidherzeugung beinhaltet in einem kompakten Gehäuse sämtliche Komponenten zur mikroprozessorgesteuerten Ablaufsteuerung des Erzeugungsvorgangs mit Befüllung des Reaktors, Dosierung der Reagenzien, Überwachung der Reaktion und Dosierung der erzeugten Chlordioxidlösung.

Einfachste Bedienung

- Änderungen des Dosierbetriebs und anderer Einstellungen erfolgen im Dialog über das Tastenfeld.
- Der Routinebetrieb läuft vollautomatisch inklusive Einfahrprogramm.
- Das System wird betriebsbereit geliefert.

AQUACON WH01 Bestell-Nr. 695 2910 01

AQUACON WH02 Bestell-Nr. 695 2910 02

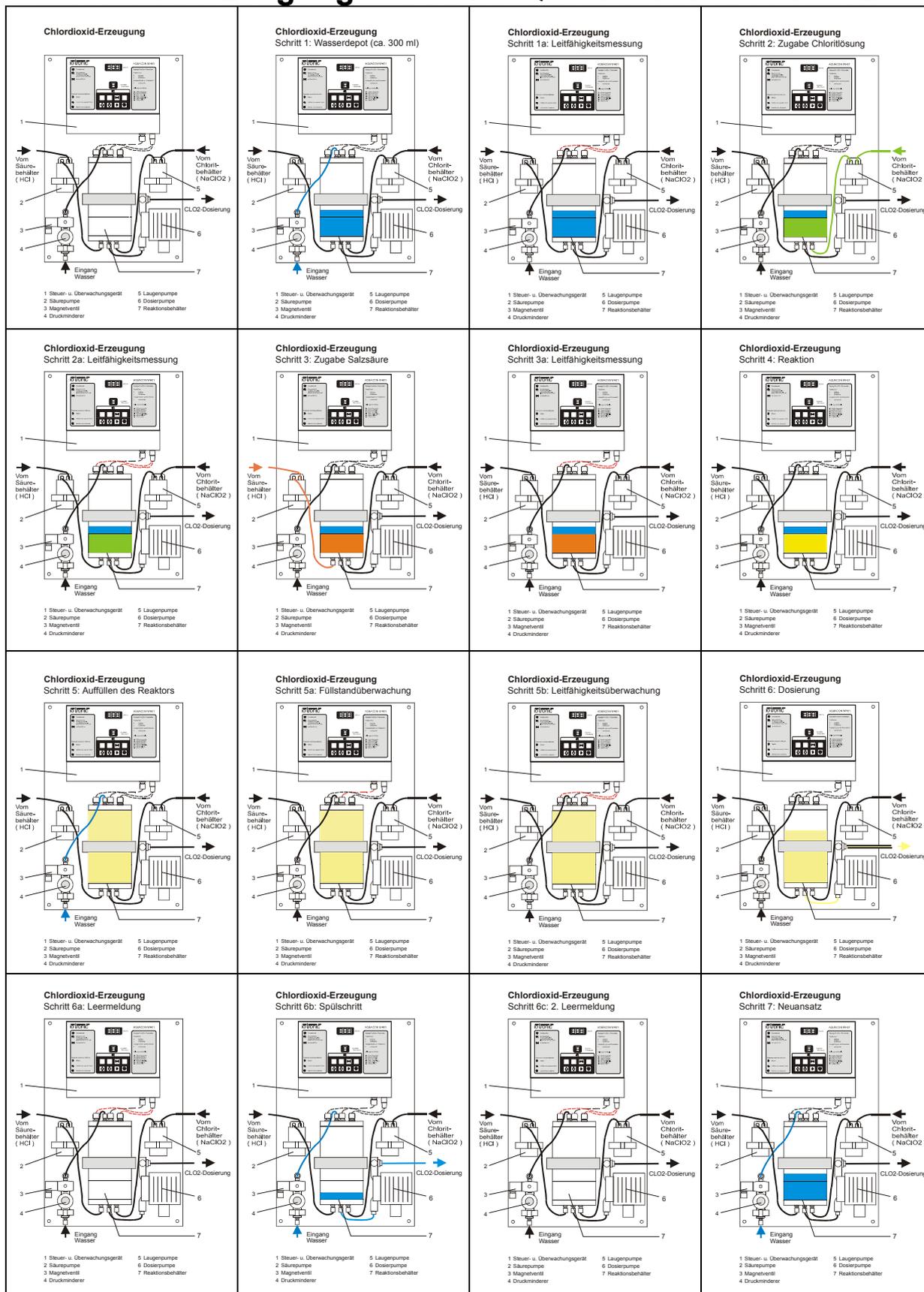
Technische Daten

Reagenzien:		Externe Abschaltung:	potentialgetrennt ca. 18 V DC, ca. 4 mA
Anzahl:	2	Temperatureinsatzbereich:	5° - 30°C
Bezeichnung:	ClO ₂ -Lösung 1 ClO ₂ -Lösung 2	Hilfsenergie:	230 V / 50-60 Hz
Lagertemperatur:	5° - 30°C	Leistungsaufnahme:	max. 16 VA
Menge:	jeweils 14 ml pro Ansatz (bei 2 g/l ClO ₂ -Konzentration)	Abmessungen (HxBxT):	570x350x175 mm
Anzeigen:	3-stellige LED für Messwert 1-stellige LED für Funktion	Gewicht:	ca. 6,8 kg
Relaisausgänge:	1 Alarm (potentialfrei 230 V / 50-60 Hz, 3A)		Technische Änderungen sowie spezifische Anpassungen an die Messaufgabe bleiben vorbehalten.

Patent angemeldet

AQUACON WH01/WH02

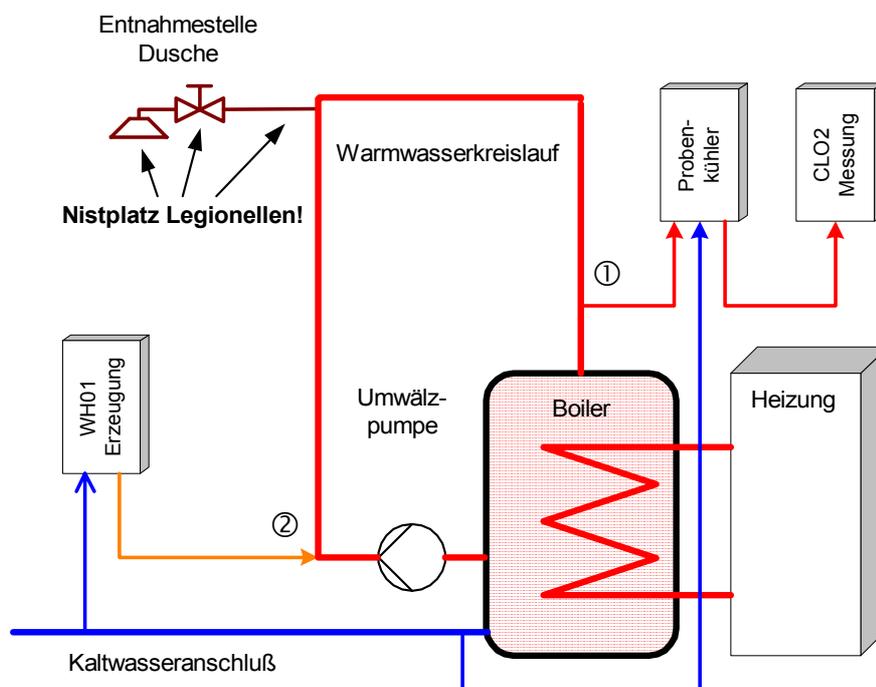
Chlordioxid-erzeugung mit dem AQUACON WH01 / WH02



Anwendungen Chlordioxid

Entkeimung von Warmwasser

Im Warmwasserleitungssystem und den dazugehörigen Armaturen ist die Gefahr einer Verkeimung und unkontrollierten Vermehrung von Bakterien (z.B. Legionellen) und anderen Keimen besonders groß. Im Rohrleitungssystem bildet sich verstärkt ein Film aus Kalk- und Biomasseablagerungen („Biofilm“), der zum Nährboden für pathogene Keime und insbesondere Legionellen wird. Dieser Biofilm und die in ihm enthaltenen Bakterien können selbst durch Aufheizen auf $>70\text{ }^{\circ}\text{C}$ („Thermische Desinfektion“) nicht vollständig eliminiert werden und stellen deshalb einen ständigen Gefahrenherd für das Wasser dar. Eine kontinuierliche Zugabe von Chlordioxid nach den Vorgaben der TrinkwV entfernt die Biofilme aus den Rohrleitungen und tötet die Keime und Legionellen.



Chlordioxid wird direkt vor Ort in der Chlordioxidherstellung Aquacon WH01 hergestellt. Über das **Dosierventil (2)** wird es mit einer Konzentration von $0,2\text{ mg/l}$ in den Warmwasserkreislauf dosiert. An der **Probenahmestelle (1)** wird die Chlordioxidkonzentration mit dem Chlordioxidmessgerät Aquacon CLO2 gemessen. Bei Erreichen eines Grenzwertes wird die Chlordioxiddosierung WH01 über ein Steuerkabel abgeschaltet. Durch den messtechnischen Nachweis eines Chlordioxidüberschusses von $>0,05\text{ mg/l}$ kann auf eine wirksame Entkeimung geschlossen werden.

Anwendungen Chlordioxid

Ihr Einsparpotential bei Verzicht auf eine Erhöhung der Vorlauftemperatur

Die zur Zeit gebräuchlichste Methode zur Bekämpfung der Verkeimung (speziell Legionellen) in Warmwassersystemen ist eine Erhöhung der Vorlauftemperatur auf über 70 °C, obwohl hier eine Temperatur von 50 –55 °C für die Bereitstellung von Warmwasser völlig ausreichen würde. Diese Methode ist eine Verschwendung von Energie und außerdem ineffektiv, da die entsprechenden hohen Temperaturen nicht bis zu jeder Wasserentnahmestelle (Wasserhahn, Dusche etc.) aufrecht erhalten werden können. Eine hohe Warmwasservorlauftemperatur garantiert keine Keimfreiheit. Die Gefahr einer möglichen Infektion mit Legionellen ist also nicht gebannt, d.h. trotz eines hohen Kapitaleinsatzes ist eine gesundheitliche Gefährdung nicht ausgeschlossen.

An dem folgenden Beispiel zeigen wir Ihnen, wie viel Geld Sie verschwenden und damit Ihr mögliches Einsparpotential:

Angenommen Sie haben einen täglichen Wasserverbrauch von 50 m³ und müssen Ihre Kesseltemperatur um 15 °C von 55 °C auf 70 °C erhöhen. In diesem Fall ergibt sich bei Gaskosten von 0,40 Euro/m³ Gas die folgende Kalkulation:

- ⇒ 40 % des Gesamtwasserverbrauchs ist Warmwasser (hier 20 m³ /Tag).
- ⇒ Um die Temperatur von 1 m³ Wasser um 15 °C zu erhöhen benötigen Sie ca. 17,5 kW Energie bzw. 1,9 m³ Gas (umgerechnet über Heizwert des Gases).
- ⇒ Um 20 m³ Warmwasser aufzuheizen benötigen Sie täglich 38 m³ Gas.
- ⇒ Dies entspricht erheblichen Heizkosten, die Sie einsparen können:

15,20 Euro pro Tag !

5.548,- Euro pro Jahr !

Diese Heizkosten stellen eine untere Kostengrenze dar, die in der Praxis aufgrund schlechter Wirkungsgrade des Kessels und Temperaturerhöhungen von über 20 °C oft deutlich übertroffen werden.

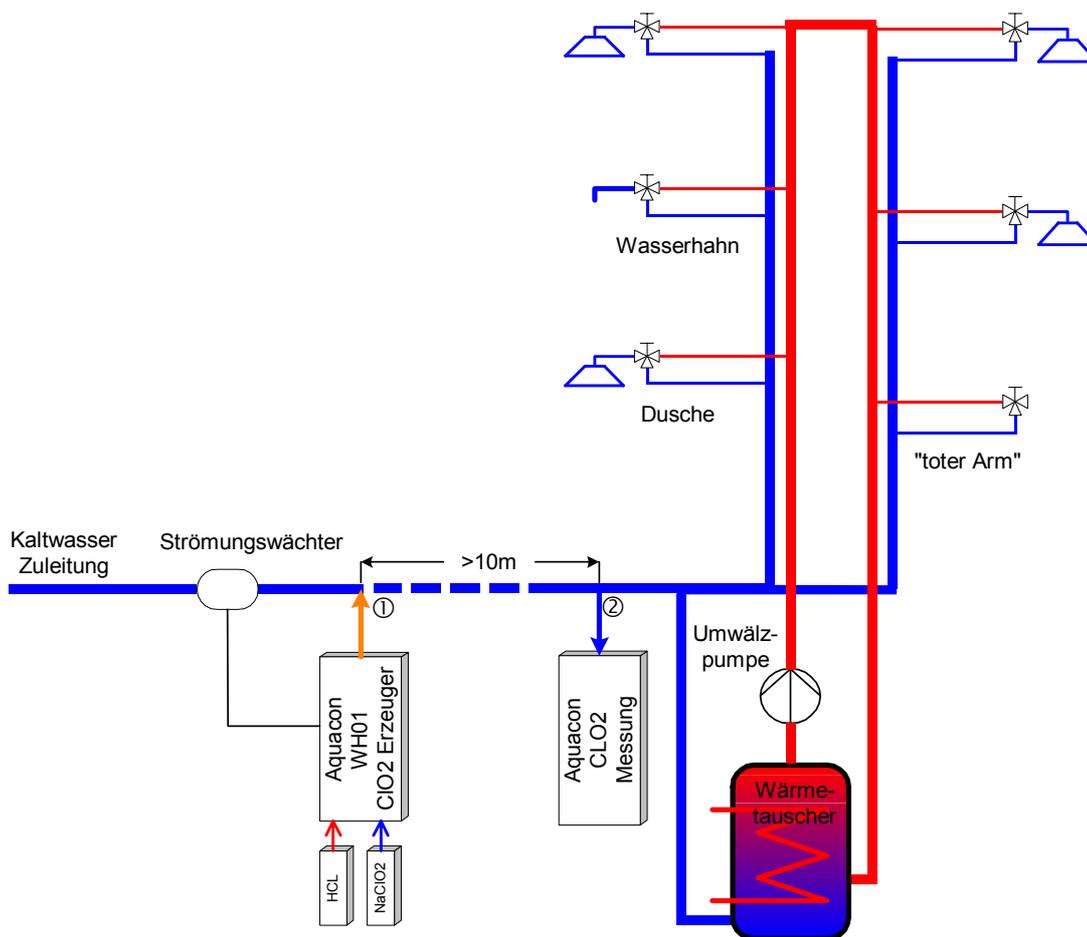
Die folgende Tabelle verdeutlicht Ihnen Ihr Einsparpotential:

Wasserverbrauch pro Tag (m ³)	Warmwasserverbrauch pro Tag (m ³)	Jährliche Kostenersparnis bei Absenkung der Vorlauftemperatur um		
		15 °C	20 °C	25 °C
10	4	1.110,- Euro	1.480,- Euro	1.850,- Euro
20	8	2.219,- Euro	2.959,- Euro	3.698,- Euro
50	20	5.548,- Euro	7.397,- Euro	9.247,- Euro
100	40	11.096,- Euro	14.795,- Euro	18.493,- Euro
200	80	22.192,- Euro	29.589,- Euro	36.987,- Euro

Anwendungen Chlordioxid

Entkeimung von Trinkwasser

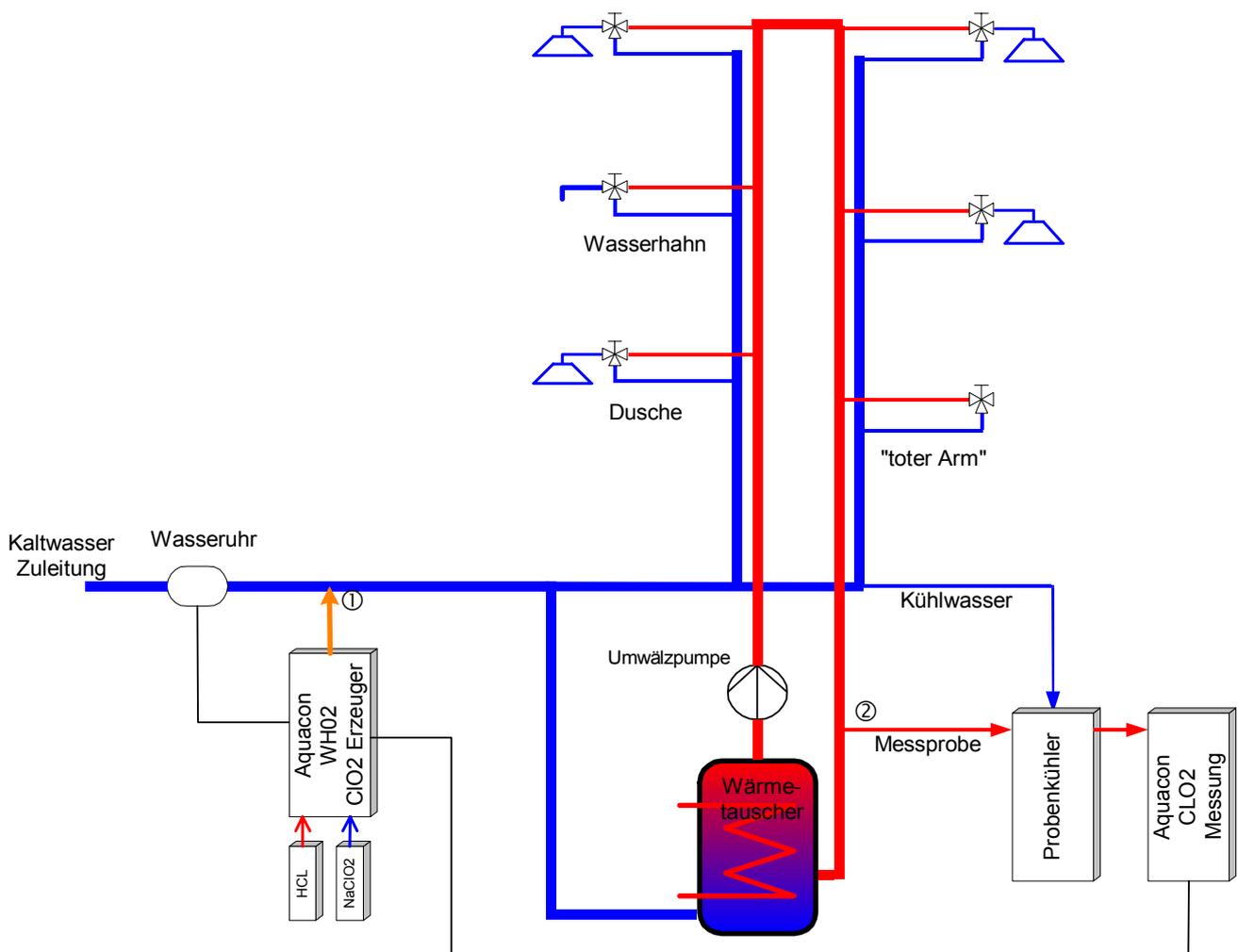
Chlordioxid darf nach §11 der TrinkwV 2001 sowie nach DIN EN 12671 (Produkte zur Aufbereitung von Wasser für den menschlichen Gebrauch – Chlordioxid) als Mittel zur Desinfektion von Trinkwasser eingesetzt werden. Dabei ist ein Einsatz nur zulässig, wenn die entsprechenden Richtwerte der TrinkwV 2001 sicher eingehalten werden können. Bisherige Messverfahren wie DPD-Handtest, amperometrische Messung oder Redoxpotentialmessung waren dazu jedoch nicht geeignet. Mit der IOTRONIC-Messmethode ist es erstmals möglich, Chlordioxid mit einem Analyseautomaten selektiv zu messen. Dies stellt einen Durchbruch für den Einsatz von Chlordioxid bei der Trinkwasserentkeimung dar.



Wasserentkeimung im Trinkwasserbereich mit Aquacon WH01 und Aquacon CLO2

Anwendungen Chlordioxid

Im Trinkwasserbereich wird Chlordioxid vor Ort in der Chlordioxidherstellungsanlage Aquacon WH01 (oder Aquacon WH02) hergestellt und mengenproportional (bei Aquacon WH02 nach den Vorgaben eines Wasserzählers) ins Kaltwasser dosiert. Der Chlordioxidüberschuss im System nach den Vorgaben der TrinkwV 2001 (min. 0,05 mg/l, max 0,2 mg/l) wird durch das stationäre Messgerät Aquacon CLO2 und/oder mit dem tragbaren Messkoffer Aquacon-P CLO2 nachgewiesen.

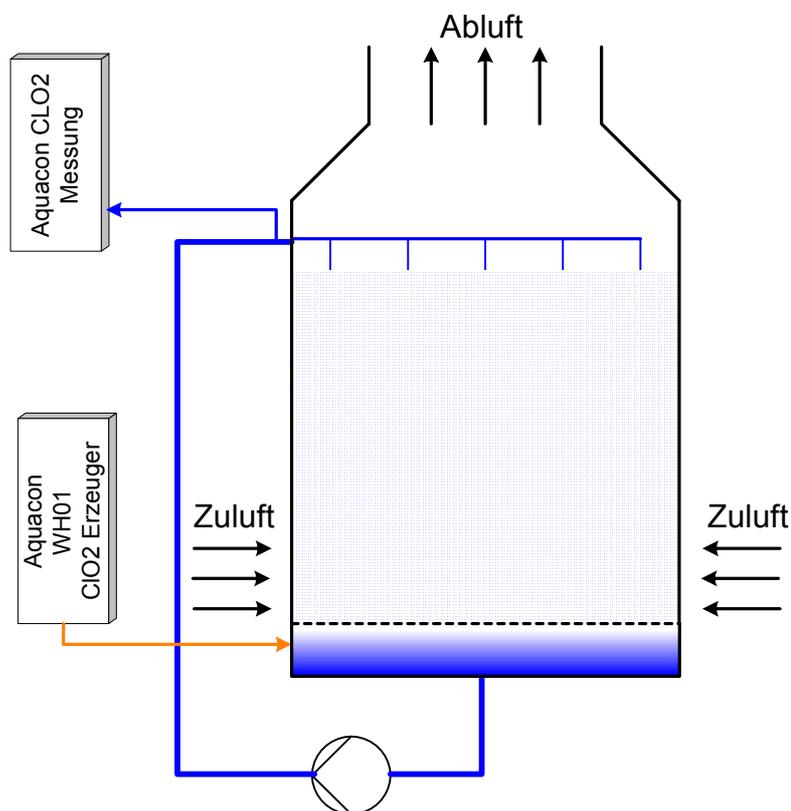


Wasserentkeimung im Trinkwasserbereich mit Aquacon WH02 und Aquacon CLO2

Anwendungen Chlordioxid

Entkeimung von Luftwäschersystemen

In vielen Klimaanlageanlagen wird die klimatisierte Luft mit Hilfe eines Luftwäschers befeuchtet und gereinigt. Dabei reichern sich Keime und Bakterien aus der Luft im Luftwäscher an. Es bildet sich ein Biofilm aus, der zum idealen Nährboden für Bakterien (z.B. Legionellen) wird, die durch das Luftsystem verbreitet werden. Chlordioxid verhindert die Biofilmbildung, tötet die Keime im Luftwäscher sicher ab und schützt vor gefährlichen Krankheitserregern. Es ist so wirksam, dass es sogar erfolgreich zur Bekämpfung von Anthrax-Sporen eingesetzt wurde.

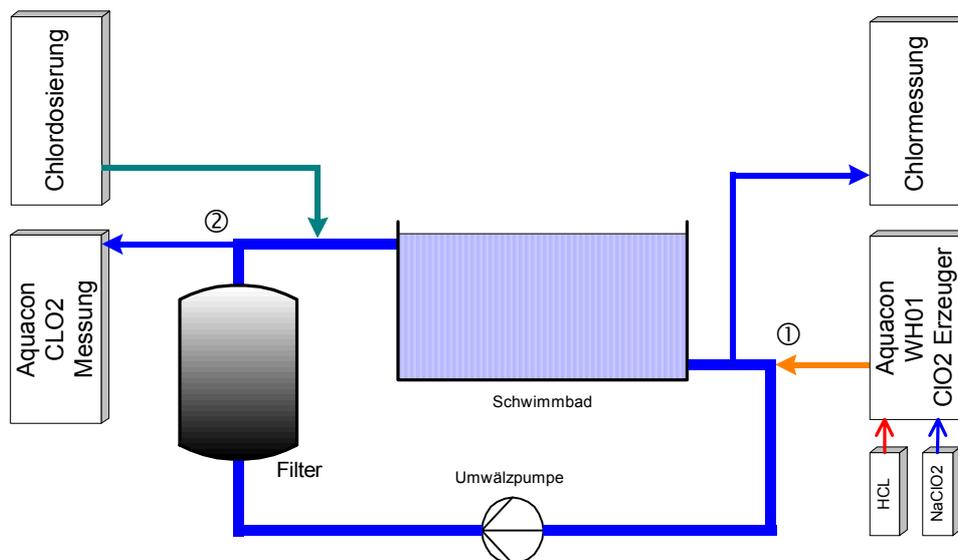


Wasserentkeimung in Luftwäschern mit Aquacon WH01 und Aquacon CLO2

Anwendungen Chlordioxid

Entkeimung im Schwimmbadbereich

In Schwimmbädern kommt einer Desinfektion des Schwimmbadwassers eine große Bedeutung zu. Dabei ist die nach DIN 19643 zugelassene Konzentration an freiem Chlor von 0,3 – 0,6 mg/l nicht ausreichend, um einer Vermehrung von Legionellen vorzubeugen. Hier stellt Chlordioxid eine wirksame Alternative bzw. Ergänzung zur Chlorierung dar.



Wasserentkeimung im Schwimmbadbereich mit Aquacon WH01 und Aquacon CLO2

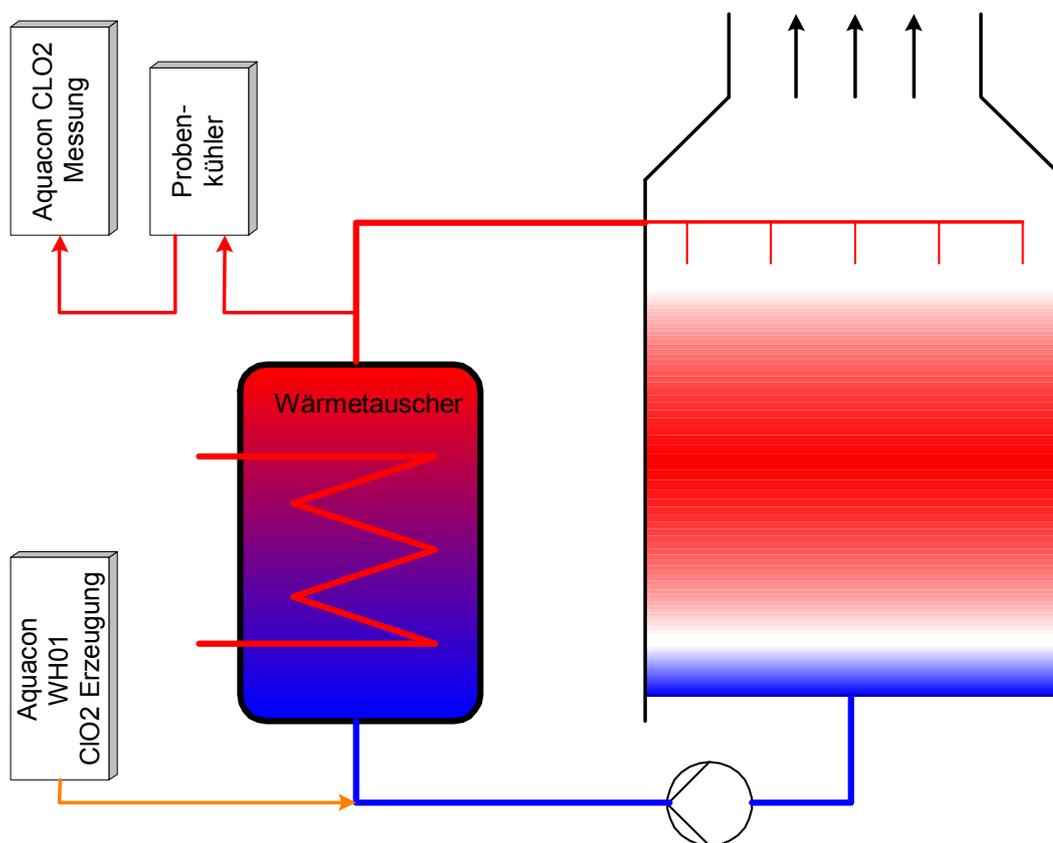
Durch den kontrollierten Einsatz von Chlordioxid kann die Menge an Chlorbleichlaugung, die zur Wasserdesinfektion benötigt wird, deutlich reduziert werden. Gleichzeitig werden damit auch unerwünschte und gesundheitsschädliche Nebenprodukte wie THM (Trihalomethane) und Chloramine deutlich verringert. Die bakterizide Wirkung von Chlordioxid ist im Gegensatz zum Chlor nahezu unabhängig vom pH-Wert. Weitere Vorteile von Chlordioxid sind die große Wirksamkeit schon bei geringen Konzentrationen sowie die Geruchsneutralität (kein typischer Hallenbadgeruch).

Anwendungen Chlordioxid

Entkeimung von Kühltürmen

In Kühlkreisläufen bieten Biofilme, die in Rohrleitungen und dem Kühlturm entstehen, die Brutstätte für Mikroorganismen. Eine Vielzahl pathogener Keime werden über den Kühlturm an die Umgebungsluft abgegeben und stellen damit ein erhebliches Gefahrenpotential dar.

Der Biofilm / Biofouling im Wärmetauscher senkt erheblich den Wirkungsgrad der Anlage. Chlordioxid beseitigt die Biofilme und damit die Verkeimungsprobleme. Außerdem wird der Wirkungsgrad der Anlage nicht mehr durch Biofilme vermindert.



Wasserentkeimung in Kühltürmen mit Aquacon WH01 und Aquacon CLO2

PROF. DR. MED. M. EXNER

Direktor des Institutes für Hygiene und Öffentliche Gesundheit
der Universität Bonn



Iotronik Elektrogerätebau GmbH
Fillerkampsweg 1-5
D-31832 Springe

Sigmund-Freud-Str. 25
53105 BONN
Deutschland / Germany

Telefon: ++49 228 287 4022 (Durchwahl)
 ++49 228 287 5520 (Direktion)
Telefax: ++49 228 287 9522
e-mail: juergen.gebel@ukb.uni-bonn.de
Abteilungsleiter: Dr. rer. nat. J. Gebel
31.03.2004

Gutachterliche Stellungnahme zur Wirkung einer kontrollierten Chlordioxidosierung von 0,2 mg ClO₂/l auf Biofilme durch die Entkeimungsanlage Aquacon WH01 und Aquacon CLO2

Durch Biofilme kann es in wasserführenden Systemen zur Abgabe von hohen Konzentrationen von Mikroorganismen in das durchströmende Wasser kommen. Im Rahmen einer hygienisch-mikrobiologischen Untersuchung sollte die Wirksamkeit von Chlordioxid gegenüber Biofilmen getestet werden. Als Testmodell diente das am Institut für Hygiene in Bonn entwickelte Silikonschlauchmodell.

Für die Versuche wurden Silikonschläuche mit 4 mm Innendurchmesser permanent mit behandeltem und unbehandeltem Trinkwasser durchströmt und das Biofilmbildungspotential mittels mikrobiologischer Nachweisverfahren beobachtet. Neben Schläuchen mit vorhandenen Biofilmen wurden auch frische, sterile Schläuche eingesetzt. Zum Vergleich wurde parallel ein Vergleichssystem ohne Chlordioxidzugabe betrieben.

Die Zugabe von Chlordioxid erfolgte in den nach der Trinkwasserverordnung zulässigen Konzentrationen (0,2 mg/L ClO₂). Über einen Versuchszeitraum von 70 Tagen wurden wöchentlich die koloniebildenden Einheiten (KBE)/cm² Schlauchmaterial und der Washout (KBE/cm²/sec und KBE/mL) aus allen Schläuchen bestimmt. Außerdem wurden jeweils rasterelektronenmikroskopische Untersuchungen durchgeführt.

Die Behandlung mit Chlordioxid führte bereits nach 2 Tagen zu einem negativen Nachweis der KBE im Washout. Dagegen waren im unbehandelten System über den gesamten Versuchszeitraum bis zu 1450 KBE/mL nachweisbar.

Die Untersuchungen des Biofilms unter Chlordioxidzugabe belegten über den Versuchszeitraum eine kontinuierliche Reduktion der Bakterien. Nach 70 Tagen waren in den anfangs stark bewachsenen alten Schläuchen (ca. 10.000.000 KBE/cm²) keine KBE mehr nachweisbar. Die KBE-Konzentration im alten, nicht mit Chlordioxid behandelten Schlauch blieb über den gesamten Versuchszeitraum mit bis zu 10.000.000 KBE/cm² konstant. Im System mit den neuen Schläuchen wurde eine Biofilmbildung vollständig unterdrückt. Ohne Chlordioxidzugabe entwickelte sich im anfangs sterilen Schlauch ein Biofilm mit bis zu 388.000 KBE/cm². Anhand der rasterelektronenmikroskopischen Untersuchungen konnten diese Ergebnisse bestätigt werden.

In der Abbildung 1 kann der zeitliche Verlauf der KBE-Entwicklung (KBE/cm²) in alten Schläuchen mit stark ausgeprägten Biofilmen abgelesen werden. Abbildung 2 zeigt den zeitlichen Verlauf der KBE-Entwicklung (KBE/cm²) in neuen sterilen Schläuchen.

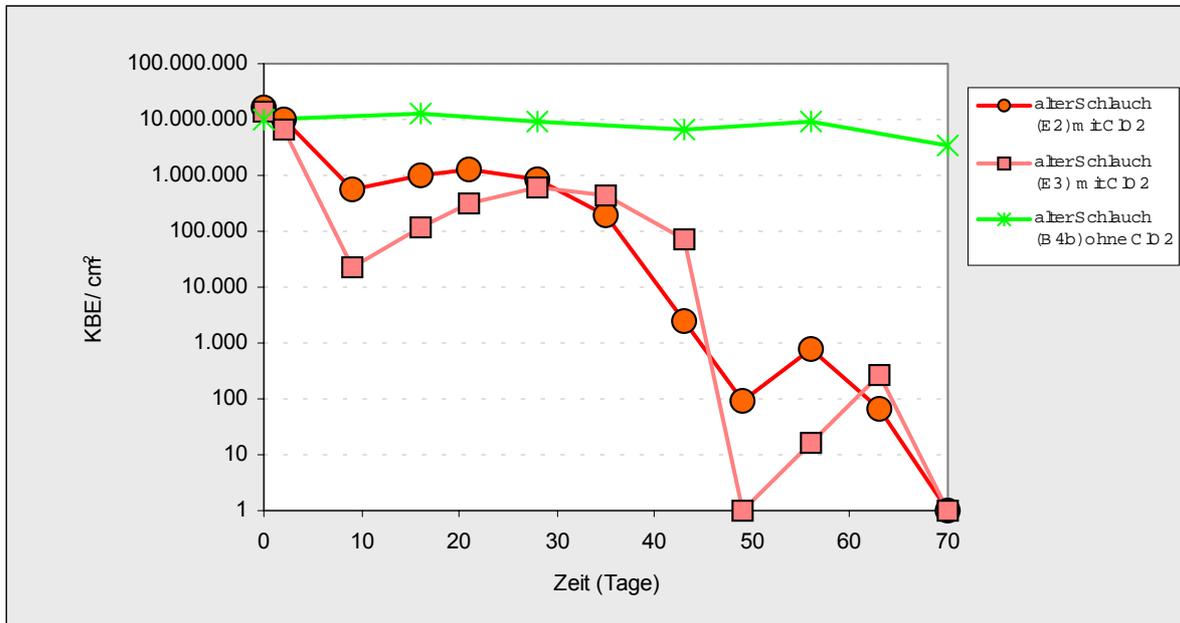


Abb.1: Vergleich der KBE-Entwicklung im Biofilm (KBE/cm²) von alten Schläuchen mit und ohne ClO₂

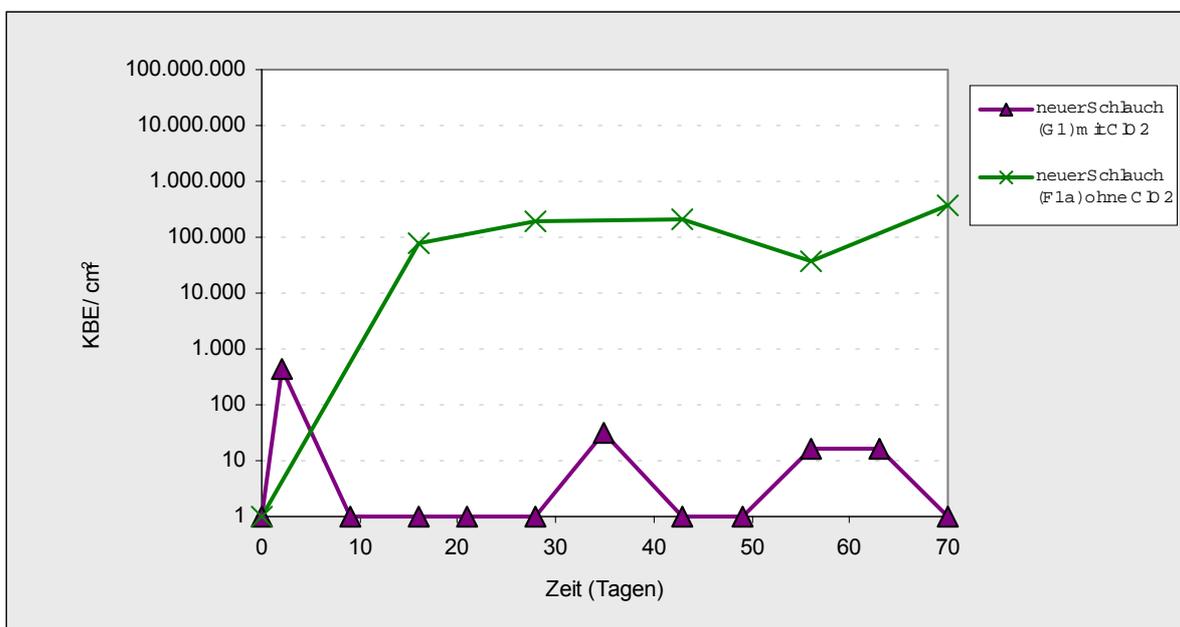


Abb.2: Vergleich der KBE-Entwicklung im Biofilm (KBE/cm²) von neuen Schläuchen mit und ohne ClO₂

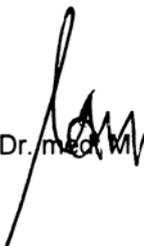
In ergänzend durchgeführten Suspensionsversuchen mit Bakterienkolonien (*Legionella pneumophila*, *P. aeruginosa*, *E. coli*, *Enterobacter cloacae*) und 0,2 mg/L Chlordioxid konnten bereits nach 5 Minuten keine Bakterien mehr nachgewiesen werden.

Chlordioxid ist ein seit Jahren bewährtes und sehr wirksames Desinfektionsmittel. Es konnte jedoch bisher im Bereich der Trink- und Warmwasserhygiene und zur Legionellenbekämpfung nicht wirksam eingesetzt werden, da geeignete Methoden zur genauen Überwachung der Chlordioxidkonzentration nach den Vorgaben der Trinkwasserverordnung ($>0,05-0,2$ mg/l Chlordioxidüberschuss) nicht zur Verfügung standen.

Mit dem Aquacon CLO2 steht erstmals ein Prozessanalysegerät zur Verfügung, das die Chlordioxidkonzentration im Wasser nach einem zum Patent angemeldeten Verfahren ("Iotronic-Verfahren") selektiv messen kann. Untersuchungen des Instituts für Technische Chemie der Universität Hannover bestätigten dem Iotronic-Verfahren die Eignung als automatisiertes Verfahren zur Messung der Chlordioxidkonzentration. Im Vergleich zum allgemein anerkannten Laborverfahren nach DIN EN 12671 wurde den Messwerten des Aquacon CLO2 sogar eine geringere mittlere relative Abweichung für Messungen im trinkwasserrelevanten Bereich von 0,1-0,3 mg/l Chlordioxid attestiert. Erst die Kombination einer betriebssicheren Chlordioxidherstellungsanlage mit redundanter Überwachung aller Verfahrensschritte in Verbindung mit einer genauen Überwachung der Chlordioxidkonzentration nach den Vorgaben der Trinkwasserverordnung machten die Durchführung dieser Untersuchungen zur Wirksamkeit von Chlordioxid als Mittel zur Bekämpfung von Biofilmen und Bakterien im Trinkwasser möglich.

Auf Grundlage der Versuchsergebnisse kann der Entkeimungsanlage der Firma Iotronic Elektrogerätebau GmbH, bestehend aus der Chlordioxidherzeugung Aquacon WHO1 und dem Chlordioxidmessgerät Aquacon CLO2, bei einem kontrollierten Einsatz von Chlordioxid nach den Vorgaben der Trinkwasserverordnung und einer maximalen Chlordioxidkonzentration von 0,2 mg/l unter den gegebenen Bedingungen ein großes Wirkungspotential zur Inaktivierung der Bakterien in vorhandenen Biofilmen und zur Verhinderung der Neubildung von Biofilmen bescheinigt werden.

Bonn, den 31.03.2004


Prof. Dr. med. M. Exner


Dr. rer. nat. J. Gebel